

Simuladores en odontología y la formación de habilidades clínicas: un diálogo permanente

Simulators in dentistry and clinical skill training: a permanent dialogue

Kelly Estefany Grandez Gomez ^{1,a}

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Lima, Perú.

^a Cirujano Dentista.

Correspondencia:

Kelly Estefany Grandez Gomez: kelly.grandez@unmsm.edu.pe

Coop. La Floresta Mz. J Lte 19. Chaclacayo, Lima, Perú.
ORCID: 0000-0001-9329-4439

Editora:

Rosse Mary Falcón-Antenucci
Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Perú.

Conflictos de interés: la autora declara no tener conflictos de interés.

Fuente de financiamiento: autofinanciado.

Recibido: 24/03/21

Aceptado: 15/04/21

Publicado: 01/07/21

Resumen

El avance tecnológico evidencia el gran desarrollo de los simuladores en la educación odontológica. Con el transcurrir de los años, el uso de simuladores como herramienta educativa para el logro de competencias en estudiantes de preclínica ha tenido una creciente incorporación en los planes de estudio. Por ello, el presente artículo tiene como objetivo revisar la historia de los simuladores en la educación odontológica e identificar las habilidades desarrolladas con el uso de simuladores en estudiantes universitarios de pregrado a nivel mundial. Al respecto, se realizó una búsqueda de artículos científicos indexados en bases de datos como Medline, Scopus, LILACS, SciELO, Google académico y Redalyc; se desarrolló la búsqueda bibliográfica hasta enero 2021 y se consideró las siguientes palabras clave: simulación, educación en odontología, estudiantes de odontología, educación basada en competencias. En los resultados se identificó cuatro etapas relevantes como una manera interactiva para explicar la historia de la simulación en odontología, cada una de estas etapas estuvo determinada por el impacto tecnológico de cada época, la necesidad de entrenamiento de los estudiantes y la integración en los planes de estudio. Con esta revisión, se concluyó que existe evidencia que el uso de simuladores durante la formación preclínica universitaria desarrolla habilidades en el estudiante de odontología, y que estas habilidades clínicas están relacionadas con el tipo de simulador usado durante su formación de pregrado.

Palabras clave: Simulación; Educación en odontología; Estudiantes de odontología; Educación basada en competencias (fuente: DeCS BIREME).

Abstract

Technological advance shows the great development of simulators in dental education. The use of simulators as an educational tool to achieve competencies in preclinical students has been increasingly incorporated into the study plans. Therefore, this article aims to review the history of simulators in dental education and identify the skills developed with the use of simulators in undergraduate university students worldwide. In this regard, a search was carried out for scientific articles indexed in databases such as Medline, Scopus, LILACS, SciELO, Academic Google and Redalyc; the bibliographic search was carried out until January 2021 and the following keywords were considered: simulation,

dental education, dentistry students, competency-based education. In the results, four relevant stages were identified as an interactive way to explain the history of simulation in dentistry, each of these stages was determined due to the technological impact of each era, the need for training of the students and the integration into the study plans. It was concluded that there is evidence that the use of simulators during preclinical university training develops skills in dental students, these are related to the type of simulator used during their undergraduate training.

Keywords: Simulation technique; Dental education; Dental student; Competency-based education (source: MeSH NLM).

Introducción

Los estudiantes de odontología deben de alcanzar un nivel aceptable de competencias antes de la atención clínica del paciente. En este contexto educativo, surge la simulación como una herramienta de aprendizaje que permite a los estudiantes repetir cada procedimiento hasta que demuestren destrezas clínicas en cada tratamiento odontológico. Además, estas experiencias de formación odontológica preclínica les ayudará a familiarizarse con intervenciones clínicas, adquirir conocimientos de las estructuras anatómicas de la cavidad oral y competencias como las destrezas sensitivo motoras ¹.

La primera escuela de cirugía dental se fundó en 1840 en Baltimore, Estados Unidos, la cual sirvió como modelo para la formación de otras escuelas de odontología en el mundo ². En 1894, Oswald Fergus creó el primer simulador tipo fantoma, el cual estaba conformado por una varilla de metal y dos mandíbulas de bronce ³. En los últimos años, la educación en simulación dental ha mostrado un constante desarrollo, la implementación de simulación en los planes de estudio de odontología se evidencia a nivel mundial y ha alcanzado diversos niveles según recursos y demandas locales ⁴.

La educación dental basada en simulación es un componente emergente en educación odontológica de pregrado, las metodologías de simulación son importantes para desarrollar las habilidades psicomotoras necesarias para la futura aplicación clínica en pacientes ⁵. La implementación de la simulación de realidad virtual y realidad háptica como herramienta de aprendizaje durante la formación universitaria es cada vez más evidente, entre sus ventajas se encuentra una mejora en la retroalimentación sensorial, simulación en tiempo real, grabación del procedimiento y ergonomía ⁶. La simulación por computadora y la realidad virtual ofrecen ventajas adicionales en el proceso de formación odontológica en comparación con los métodos de simulación convencionales, esto implica el uso de un dispositivo para proporcionar retroalimentación háptica o evaluar el proceso de aprendizaje del estudiante. Por otro lado, los simuladores de realidad virtual generan un entorno digital durante su ejercicio, lo cual estimula la interacción del estudiante y le permite desarrollar competencias clínicas ⁵. La simulación de realidad virtual mejorada con háptica se propone como una metodología alternativa para proporcionar el entrenamiento sensoriomotor necesario como parte del plan de estudios en odontología.

El presente artículo tiene como objetivo revisar la historia de los simuladores en la educación odontológica e identificar las habilidades desarrolladas con el uso de simuladores en estudiantes universitarios de pregrado a nivel mundial. Por tanto, esta revisión aporta un análisis del uso de simuladores como herramienta educativa a lo largo de la historia, de manera que el maestro universitario y los miembros evaluadores del plan de estudios de pregrado en odontología podrán determinar el tipo de simulador acorde a las habilidades que se pretende desarrollar, propuestas en el plan de estudio de cada curso.

Metodología de la revisión

Se realizó una búsqueda de artículos científicos indexados en bases de datos como Medline, Scopus, LILACS, SciELO, Google académico y Redalyc; se desarrolló la búsqueda bibliográfica hasta enero 2021 y se consideró las siguientes palabras clave: simulación, educación en odontología, estudiantes de odontología, educación basada en competencias.

Esta revisión tiene la siguiente estructura: primero se revisará la historia de los simuladores en educación dental; segundo, se analizará los simuladores tipo fantoma; tercero, se revisará los simuladores hápticos y de realidad virtual; cuarto, se analizará los simuladores y la robótica; y por último se presentará una tabla con el resumen de la evidencia de las perspectivas actuales, la cual incluye estudios realizados en los últimos años referente a simuladores y las habilidades que contribuyen a desarrollar en los estudiantes durante su formación preclínica en odontología.

Historia de los simuladores en educación dental

La primera escuela de cirugía dental se fundó en 1840 en Baltimore, Estados Unidos, la cual sirvió como modelo para la formación de otras escuelas de odontología a nivel mundial ². Un problema importante en el siglo XIX era la poca disponibilidad de dientes de seres humanos, los cuales eran usados en las prácticas de los estudiantes. Esta escasez se debía a que tenían una alta demanda para la elaboración de prótesis dental, las cuales eran fabricadas con dientes provenientes de las víctimas de guerra, como la de Waterloo, por ello lo llamaron prótesis de Waterloo ⁶.

En 1894 Oswald Fergus creó el primer simulador tipo fantoma, el cual estaba conformado por una varilla de

Tabla. Evidencia entre el vínculo de habilidades y simuladores

Autor y año	Objetivo	Simulador	Habilidades desarrolladas	Aportes
Zafar <i>et al.</i> ²⁴ 2020	Comparar la percepción de los estudiantes de odontopediatría preclínica en la capacitación y entrenamiento guiada mediante Simodont y simulación convencional tipo fantoma.	Simodont y simulación convencional tipo fantoma.	El simulador Simodont y el simulador convencional tipo fantoma permite la formación de habilidades manuales en procedimientos de restauración.	El simulador Simodont podría ser un complemento en la formación de habilidades de los estudiantes en odontopediatría preclínica.
Zafar <i>et al.</i> ²⁹ 2020	Determinar si la aplicación de HoloHuman es útil como herramienta para la enseñanza de anatomía en el estudiante de odontología. También se compara las habilidades desarrolladas a través de HoloHuman respecto a la enseñanza de anatomía convencional con cadáveres.	HoloHuman y anatomía convencional con cadáveres.	Las estructuras anatómicas 3D ayudaron a mejorar la comprensión y el aprendizaje en anatomía de cabeza y cuello, ya que eran muy realistas.	La aplicación de HoloHuman es una alternativa o herramienta complementaria en la formación de anatomía de cabeza y cuello, sin embargo, no se recomienda reemplazar la enseñanza tradicional de anatomía con cadáveres.
Johnson <i>et al.</i> ³⁰ 2020	Usar simulación de decisión dental para capacitar a los odontólogos en la toma de decisiones consistentes durante planificación del tratamiento basado en evidencia actual.	Simulación de decisión dental es un software basado en simulación web de un registro dental electrónico.	La simulación de decisión dental permitió identificar cambios de comportamientos, crear visitas virtuales y realizar el plan de tratamiento de pacientes.	La simulación de decisión dental ofrece la ventaja de proporcionar una plataforma para desarrollar habilidades de planificación del tratamiento en un entorno de bajo riesgo.
Pani <i>et al.</i> ³¹ 2020	Evaluar la experiencia de aprendizaje mixto como medio para mejorar los estudios preclínicos y clínicos en odontopediatría con la integración de sistemas de gestión de aprendizaje en línea y una plataforma educativa.	La integración de un sistema de gestión de aprendizaje en línea y una plataforma educativa.	La integración del sistema de gestión de aprendizaje y una plataforma educativa fue efectiva en el aprendizaje y retroalimentación de los estudiantes. Mientras que el ejercicio de simulación se utilizó como un componente práctico.	El sistema de gestión de aprendizaje en línea puede proporcionar una solución útil en ejercicios clínicos y preclínicos en tiempos de pandemia de la COVID-19.
Osnes <i>et al.</i> ⁽²⁵⁾ 2020	Investigar la validez de constructo de un ejercicio de simulación del tratamiento de caries dental mediante realidad virtual y háptica como herramienta de aprendizaje en estudiantes de odontología preclínica.	Simodont de realidad virtual y háptica.	La simulación puede ser una herramienta útil para identificar que los estudiantes requieren apoyo adicional para comprender la correcta eliminación de caries durante su formación preclínica.	Este estudio ha validado la capacidad del ejercicio de eliminación de caries simulado para distinguir entre principiantes y clínicos experimentados.
de Boer <i>et al.</i> ²⁶ 2019	Investigar la transferencia de habilidades entre varios niveles de retroalimentación de fuerza usando el entrenador dental Simodont.	Simodont	El simulador Simodont fue desarrollado para proporcionar a los estudiantes una práctica segura, con el propósito de desarrollar sus competencias clínicas y mejorar sus habilidades motoras.	Si los estudiantes practican un tiempo suficiente en un nivel de retroalimentación de fuerza, una habilidad es transferible de un nivel de retroalimentación de fuerza a otro.

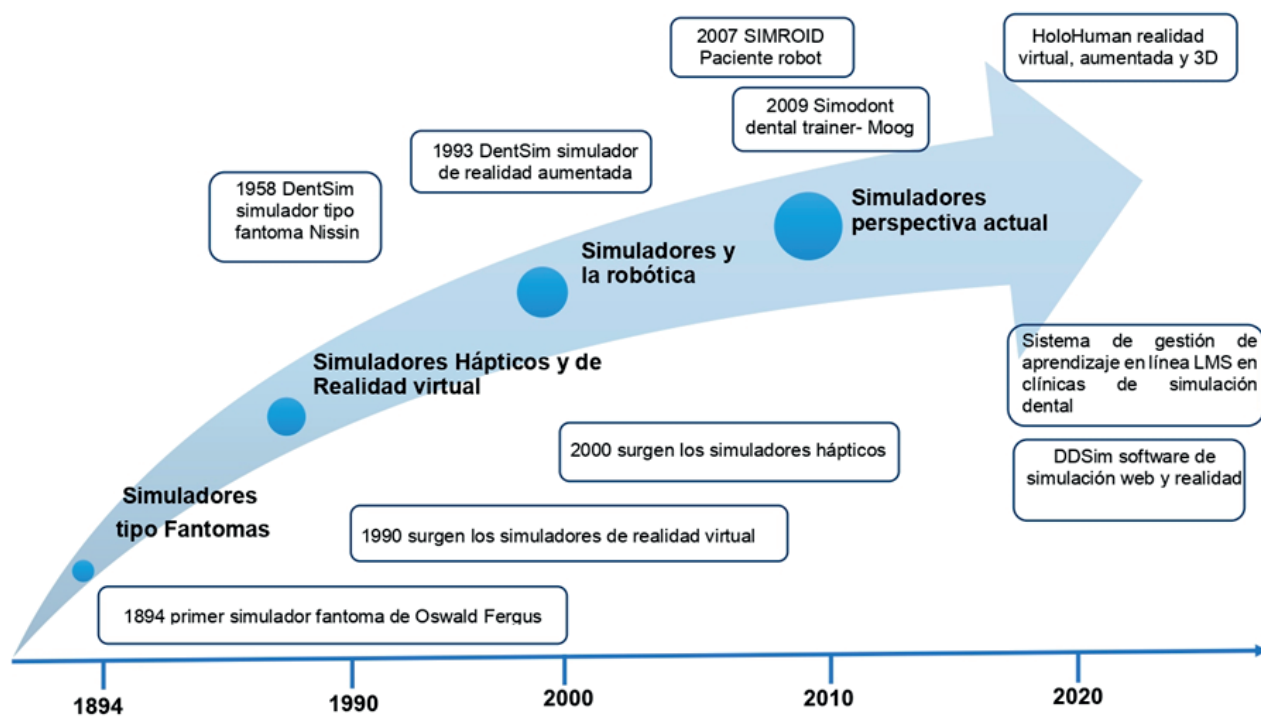
metal y dos mandíbulas de bronce³. El entrenamiento con el simulador tipo fantoma se realizó desde principios de 1990, el cual es utilizado como herramienta educativa para la adquisición de habilidades clínicas. Entre las ventajas del simulador tipo fantoma, se pueden mencionar: la ergonomía, el manejo adecuado de la pieza de mano y espejo, el aprendizaje de motricidad fina y un mejor control de infecciones y contaminación^{7,8}.

En este contexto histórico con la finalidad de explicar la evolución de los simuladores a lo largo de los años, se dividió en cuatro etapas: la primera, encontramos a los

simuladores tipo fantomas que surgieron en el año 1984; la segunda, refiere a los simuladores de realidad virtual en 1990 y los simuladores hápticos en el 2000; la tercera, menciona a los simuladores y la robótica en el 2007 y la cuarta, es referente a los simuladores actuales considerados desde el año 2015, este desarrollo histórico de los simuladores dentales se puede observar en la figura.

Simuladores tipo fantoma

El primer simulador dental tipo fantoma se utilizó en 1894, fue creado por Oswald Fergus, este fantoma dental estaba



* Figura elaborada por la autora

Figura. Desarrollo histórico de los simuladores dentales

constituido por una varilla de metal ensamblada con dos maxilares de bronce ⁶. A partir del año 1900 se realiza el entrenamiento con el simulador tipo fantoma para la adquisición de habilidades quirúrgicas dentales ⁹. Entre los simuladores tipo fantoma actuales se puede mencionar al simulador CLINSIM y Nissin. Los simuladores CLINSIM, presentan la mitad superior del cuerpo en un sillón dental, lo que permite que el estudiante pueda realizar las prácticas con mucha similitud a la atención en una unidad dental. También tiene un articulador para reproducir los movimientos de la mandíbula. Esta unidad dental está equipada con una lámpara, una pieza de mano de alta y baja velocidad, un suctor y una jeringa triple ¹⁰.

Los simuladores Nissin pertenecen a una compañía japonesa que realiza producción desde 1958. Estos simuladores permiten que el estudiante desarrolle una experiencia real con técnicas de enseñanzas y aprendizaje, crea disciplina de bioseguridad y mejora las destrezas del estudiante en el ámbito clínico ¹¹. El simulador Nissin tipo II tiene varias funciones de movimiento oclusal y maxilar, ofrece movimientos de mayor similitud a la articulación temporomandibular (ATM) comparado con el tipo I ¹².

Simuladores hápticos y de realidad virtual

A finales de 1990 se desarrollaron los simuladores de realidad virtual para el uso odontológico ⁹. Los prototipos de simuladores hápticos dentales comenzaron a construirse a principios del 2000. Esta tecnología ha impactado en la educación odontológica universitaria,

debido a que entre sus aplicaciones se encuentra replicar de manera más realista la situación clínica e identificar los errores durante el aprendizaje ^{6,13}.

En el año 2009, *Simodont Dental Trainer* fue desarrollado por Moog en colaboración con el Centro Académico de Amsterdam perteneciente a los Países Bajos. Simodont es un simulador dental háptico y de realidad virtual que se ha convertido en una herramienta prometedora para la formación preclínica de los estudiantes de odontología ¹⁴. Entre sus características se encuentran que permite la formación de destrezas manuales en procedimientos clínicos como: el reflejo de espejo, la eliminación de caries dental, restauración de cavidades, preparaciones de coronas y tallados para prótesis fija ^{15,16}. Además, el sistema utiliza un sensor de fuerza para una sensación de alta fidelidad, también permite a los usuarios seleccionar perfiles de pacientes virtuales, realizar el diagnóstico, planificación del tratamiento y proporcionar una evaluación automática ¹.

DentSim es un simulador dental de realidad aumentada que tiene un sistema computarizado desarrollado por empresas de Israel y Estados Unidos, la primera producción se realizó en el año 1993 ¹⁷. Este simulador le permite al estudiante hacer una preparación cavitaria y simultáneamente realizar un seguimiento óptico en tiempo real. Además, se puede evaluar el proceso de preparación y el producto final, proporciona instantáneas retroalimentación visual y digital en la pantalla con realidad aumentada ¹⁸.

Simuladores y la robótica

Una problemática en la educación dental es la práctica de procedimientos clínicos en pacientes, por otro lado, los simuladores tradicionales tipo fantomas son muy diferentes a un paciente real. Para solucionar esta problemática, surge la simulación y la robótica, con la finalidad de reproducir situaciones clínicas similares a la real, así como la anatomía maxilofacial, reproducir el movimiento a través de la robótica y permitir la conversación entre el estudiante y el paciente^{19,20}.

En el año 2007, en Japón se desarrolló un sistema de simulación paciente robot llamado SIMROID, el cual consiste en un paciente robot humanoide con una apariencia realista en reacciones, expresión, movimiento, habla e incluso es sensible al dolor físico¹⁰. El sistema incluye un sillón dental con paciente de cuerpo completo, una unidad dental con panel táctil y un *software*²¹.

DENTAROID, es un paciente robot diseñado en Japón por Nissin Dental Products. Este simulador permite un entrenamiento clínico más realista y desarrolla en el estudiante una competencia comunicativa, debido a que el robot conoce más de 20 patrones de diálogos, lo que permite una comunicación más semejante a un paciente real. Además, tiene diversas funciones de movimiento corporal realista como: parpadeos, movimientos de reacción al dolor, reflejo de tos, reflejo de vómito y pulso irregular. Este robot es controlado por un cirujano que está sentado en una caja de control lejos del paciente^{22,23}.

Perspectivas actuales de simuladores

A medida que la tecnología continúa avanzando, han surgido nuevos tipos de experiencias de aprendizaje que permiten al estudiante interactuar con vistas tridimensionales del cuerpo humano, incluyendo el desarrollo de la realidad virtual, realidad aumentada y hologramas 3D digitales. A continuación, se presentará las investigaciones de los últimos años referente a simuladores, las habilidades y aportes que brindan en los estudiantes de odontología, la cual se puede observar en la tabla.

En un estudio realizado en Australia en el 2020 por Zafar *et al.*²⁴ se compara la percepción de los estudiantes que recibieron entrenamiento con Simodont y un simulador tipo fantoma. Para ello, se aplicó un cuestionario a 100 estudiantes que habían culminado tratamientos de pulpotomía y coronas de acero en ambos simuladores. El cuestionario contenía tres secciones: demografía, experiencia del estudiante en los tratamientos utilizando Simodont y simulador tipo fantoma. El 51% estuvo de acuerdo con el uso del Simodont como herramienta educativa en odontopediatría preclínica, el 27% de los estudiantes estuvo de acuerdo con la dureza, textura y sensaciones táctiles del Simodont, el 50% sintió más seguridad de su destreza manual, el 75% se sintió más cómodo después de las prácticas con el simulador tipo fantoma y el 88% no estuvo de acuerdo que el Simodont debería reemplazar a la simulación convencional.

En otro estudio realizado en Reino Unido en el 2020 por Osnes *et al.*²⁵ se compara el desempeño de 112 estudiantes de odontología de primer año con 17 odontólogos. Con el propósito de determinar la validez del constructo de simulación del tratamiento de caries dental mediante realidad virtual y háptica, para ello se realizó un ejercicio que consistía en la eliminación de caries, ubicada a lo largo de la unión amelodentinaria en un tiempo de 15 minutos. Se trabajaron con dos bloques de caries, el primer bloque de entrenamiento contenía caries de color verde, mientras que el segundo bloque de prueba contenía caries de color natural en el esmalte. La puntuación de precisión en el ejercicio se calculó teniendo en cuenta que el operador solo elimine el tejido cariioso. El autor concluyó que los odontólogos fueron más precisos que los estudiantes en la eliminación de caries. Esto se debe a que los odontólogos tuvieron una retroalimentación háptica, introducción verbal preliminar y experiencia previa de casos clínicos.

En un estudio desarrollado en los países bajos en el 2019 por de Boer *et al.*²⁶, respecto a la transferencia de habilidades entre varios niveles de retroalimentación de fuerza usando el simulador Simodont. Esta retroalimentación de fuerza depende de tres componentes: la dureza del material virtual, la ganancia de velocidad de corte y la fuerza de empuje. La muestra estuvo constituida por 126 estudiantes de primer año de odontología, sin experiencia previa, distribuidos en cuatro grupos. Después de 3 meses de práctica entre varios niveles de retroalimentación de fuerza, se sometieron a una prueba de destreza manual, que consistió en perforar con un nivel de retroalimentación de fuerza estándar y un nivel alterado, con el propósito de evaluar el efecto sobre el rendimiento. El 74% de los estudiantes aprobaron la prueba, completando los tres intentos exitosamente y en los diversos niveles de retroalimentación de fuerza.

Las restricciones debido a la pandemia de la COVID-19 ha tenido impacto en la educación preclínica odontológica, donde la simulación ha sido utilizada como herramienta educativa^{27,28}. En una investigación desarrollada en Australia en el 2020 por Zafar *et al.*²⁹ con el propósito de determinar si la aplicación de realidad aumentada *HoloHuman* es una herramienta útil para la enseñanza de anatomía en estudiantes de odontología. *HoloHuman* es un simulador que utiliza realidad virtual, aumentada, hologramas 3D digitales y sonido espacial de 360 grados. Este simulador es usado con *Microsoft HoloLens*, el cual es un auricular portátil que proyecta una imagen visible para el usuario. En este estudio, se aplicó un cuestionario antes y después del uso del *HoloHuman* a 88 estudiantes de segundo año de odontología del curso de anatomía, donde el 43,5% de los participantes estuvo de acuerdo que las estructuras anatómicas 3D mejoraron su comprensión en anatomía, el 36,5% manifestó que se sentían más seguros de sus habilidades en el curso de anatomía y el 34,1% estuvo de acuerdo que no solo se dependiera de métodos tradicionales para la enseñanza de anatomía. Por tanto, este estudio concluyó que la realidad aumentada es una

herramienta complementaria para el aprendizaje de anatomía de cabeza y cuello.

Un estudio realizado en Estados Unidos en el 2020 por Johnson *et al.*³⁰ que evaluó la simulación de decisión dental en un entorno de entrenamiento virtual. Con el propósito de capacitar a los odontólogos en la planificación de tratamientos. La simulación de decisión dental es un *software* de simulación web de un registro dental electrónico, que proporciona información y aprendizaje basado en casos. Este modelo de simulación tuvo los siguientes componentes: identificar cambios de comportamiento, crear visitas virtuales y el plan de tratamiento de pacientes. La muestra de este estudio usó como referencia un registro dental electrónico de pacientes antes y después de la intervención; luego se evaluó la semejanza entre el plan de tratamiento del odontólogo y las directrices. Por ello, los autores mencionan que la simulación de decisión dental ofrece la ventaja de proporcionar una plataforma para desarrollar habilidades de planificación de tratamiento.

Una investigación realizada en Canadá en el 2020 por Pani *et al.*³¹ con el propósito de evaluar una experiencia de aprendizaje mixto para mejorar los estudios preclínicos y clínicos en odontopediatría, con la integración del sistema de gestión de aprendizaje en línea y la plataforma educativa. Esta integración sirvió para el aprendizaje de los estudiantes, mientras que el ejercicio de simulación se utilizó como un componente práctico. La mayoría de los sistemas de gestión de aprendizaje en línea ofrecen la opción de integrar videos, material de lectura y tareas clínicas en una sola página. El programa piloto duró tres semanas, el cual consistió en un video introductorio, objetivos del aprendizaje, artículo para lectura como pretest, escenario del caso y ejercicio en el laboratorio de simulación en base al caso estudiado. La muestra estuvo conformada por 76 estudiantes de pregrado y dos odontopediatras. El modelo permitió la gestión de aprendizaje de los estudiantes de una manera más efectiva y con retroalimentación. Por consiguiente, los autores concluyeron que el sistema de gestión de aprendizaje en línea proporciona una solución útil en ejercicios preclínicos en tiempo de pandemia de la COVID-19.

En síntesis, existe evidencia actual que el uso de simuladores es una herramienta de aprendizaje, la cual permite que el estudiante de preclínica desarrolle competencias clínicas y mejore sus habilidades. Además, es un medio de aprendizaje útil en medio de la coyuntura de la pandemia COVID-19, de manera que permite que el estudiante continúe con su formación universitaria.

Conclusiones

Se identificó cuatro etapas relevantes para explicar de una manera interactiva la historia de simuladores en la educación odontológica. Cada una de estas etapas estuvo determinada por el impacto tecnológico de cada época, la necesidad de entrenamiento de los estudiantes para el desarrollo de las competencias clínicas y la integración de estos simuladores en los planes de estudio.

Además, se evidenció que el uso de simuladores durante la formación preclínica de los estudiantes de odontología mejora sus habilidades clínicas y que estas habilidades están relacionadas con el tipo de simulador usado durante la formación preclínica universitaria.

Referencias bibliográficas

1. Wang D, Li T, Zhang Y, Hou J. Survey on multisensory feedback virtual reality dental training systems. *Eur J Dent Educ.* 2016;20(4):248-60. DOI: 10.1111/eje.12173.
2. Engelmeier R. The history and development of posterior denture teeth--introduction, part I. *J Prosthodont.* 2003;12(3):219-26. DOI: 10.1016/S1059-941X(03)00099-8.
3. Murtomaa H. Dental Education in Europe. *Eur J Dent [Internet].* 2009 [citado el 6 de enero de 2021]; 3(1):1-2. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2647952/>.
4. Zitzmann N, Matthisson L, Ohla H, Joda T. Digital Undergraduate Education in Dentistry: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(9):1-23. DOI: 10.3390/ijerph17093269.
5. Nassar H, Tekian A. Computer simulation and virtual reality in undergraduate operative and restorative dental education: A critical review. *J Dent Educ.* 2020;84(7):812-29. DOI: 10.1002/jdd.12138.
6. Perry S, Bridges S, Burrow M. A review of the use of simulation in dental education. *Simul Healthc.* 2015;10(1):31-7. DOI: 10.1097/SIH.0000000000000059.
7. Green T, Klausner L. Clinic simulation and preclinical performance. *J Dent Educ [Internet].* 1984 [citado el 6 de enero de 2021]; 48(12):665-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6594382/>.
8. Clancy J, Lindquist T, Palik J, Johnson L. A comparison of student performance in a simulation clinic and a traditional laboratory environment: three-year results. *J Dent Educ [Internet].* 2002 [citado el 8 de enero de 2021]; 66(12):1331-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12521059/>.
9. Fugill M. Defining the purpose of phantom head. *Eur J Dent Educ.* 2013;17(1):1-4. DOI: 10.1111/eje.12008.
10. Abe S, Noguchi N, Matsuka Y, Shinohara C, Kimura T, Oka K, et al. Educational effects using a robot patient simulation system for development of clinical attitude. *Eur J Dent Educ.* 2018;22(3):327-36. DOI: 10.1111/eje.12298.
11. García C. Encuentro internacional de capacitación en simulación dental. *Acta Odontol Colomb [Internet].* 2016 [citado el 8 de enero de 2021]; 6(1):197-205. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actaodontocol/article/view/58859>.
12. Merino J, Madrazo R, Komabayashi T, Cerda B. Impact of Two Distinct Dental Anesthesia Simulation Models on the Perception of Learning by Students. *Odovtos - Int J of Dent Sci.* 2020;22(1):103-12. DOI: 10.15517/IJDS.2019.38481.
13. Escobar D, Noguez J, Neri L, Magana A, Benes B. A Review of Simulators with Haptic Devices for Medical

- Training. *J Med Syst.* 2016;40(4):1-22. DOI: 10.1007/s10916-016-0459-8.
14. Murbay S, Neelakantan P, Chang J, Yeung S. Evaluation of the introduction of a dental virtual simulator on the performance of undergraduate dental students in the pre-clinical operative dentistry course. *Eur J Dent Educ.* 2020;24(1):5-16. DOI: 10.1111/eje.12453.
 15. Al-Saud L, Mushtaq F, Allsop M, Culmer P, Mirghani I, Yates E, et al. Feedback and motor skill acquisition using a haptic dental simulator. *Eur J Dent Educ.* 2017;21(4):240-7. DOI: 10.1111/eje.12214.
 16. Roy E, Bakr M, George R. The need for virtual reality simulators in dental education: A review. *Saudi Dent J.* 2017;29(2):41-7. DOI: 10.1016/j.sdentj.2017.02.001.
 17. Zheng J, Cao X, Lin Y, Zhang J, Feng X. [An introduction of DentSim in pre-clinical dental training and practice]. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue [Internet].* 2014 [citado el 8 de enero de 2021]; 23(6):749-54. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25636296/>
 18. Plessas A. Computerized Virtual Reality Simulation in Preclinical Dentistry: Can a Computerized Simulator Replace the Conventional Phantom Heads and Human Instruction? *Simul Healthc.* 2017;12(5):332-8. DOI: 10.1097/SIH.0000000000000250.
 19. Tanzawa T, Futaki K, Tani C, Hasegawa T, Yamamoto M, Miyazaki T, et al. Introduction of a robot patient into dental education. *Eur J Dent Educ.* 2012;16(1):195-9. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2011.00697.x.
 20. Kishimoto N, Mukai N, Honda Y, Hirata Y, Tanaka M, Momota Y. Simulation training for medical emergencies in the dental setting using an inexpensive software application. *Eur J Dent Educ.* 2018;22(3):350-7. DOI: 10.1111/eje.12301.
 21. Hamura A, Uzuka S, Miyashita W, Akiyama H, Hara S. Development of patient simulation systems for dental education, SIMROID. *JJDEA [Internet].* 2011 [citado el 15 de enero de 2021]; 29(1):11-20. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266815574_Development_of_patient_simulation_systems_for_dental_education_SIMROID.
 22. Tavkar A, Pawar A. Simulation in Dentistry. *EC Dental Science [Internet].* 2017 [citado el 15 de enero de 2021]; 12(3):115-21. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318570841_Simulation_in_Dentistry.
 23. Dalai D, Bhaskar D, Chandan A, Singh N, Gupta D. Review Article Futuristic Application of Nano-Robots in Dentistry. *IJAHS [Internet].* 2014 [citado el 15 de enero de 2021]; 1(3):1-5. Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.682.3235&rep=rep1&type=pdf>
 24. Zafar S, Lai Y, Sexton C, Siddiqi A. Virtual Reality as a novel educational tool in pre-clinical paediatric dentistry training: Students' perceptions. *Int J Paediatr Dent.* 2020;30(6):791-7. DOI: 10.1111/ipd.12648.
 25. Osnes C, Duke A, Wu J, Franklin P, Mushtaq F, Keeling A. Investigating the construct validity of a haptic virtual caries simulation for dental education. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn.* 2020;1(2):1-20. DOI: 10.1136/bmjstel-2019-000549.
 26. de Boer I, Lagerweij M, Wesselink P, Vervoorn J. The Effect of Variations in Force Feedback in a Virtual Reality Environment on the Performance and Satisfaction of Dental Students. *Simul Healthc.* 2019;14(3):169-74. DOI: 10.1097/SIH.0000000000000370.
 27. Desai S, Shah P, Jajoo S, Smita P. Assessment of parental attitude toward different behavior management techniques used in pediatric dentistry. *J Indian Soc Pedodontics Prev Dent.* 2019;37(4):350-9. DOI: 10.4103/JISPPD.JISPPD_138_18.
 28. Iyer P, Aziz K, Ojcius D. Impact of COVID-19 on dental education in the United States. *J Dent Educ.* 2020;84(6):718-22. DOI: 10.1002/jdd.12163.
 29. Zafar S, Zachar J. Evaluation of HoloHuman augmented reality application as a novel educational tool in dentistry. *Eur J Dent Educ.* 2020;24(2):259-65. DOI: 10.1111/eje.12492.
 30. Johnson K, Schmidt A, Bader J, Spallek H, Rindal D, Enstad C, et al. Dental Decision Simulation (DDSim): Development of a virtual training environment. *J Dent Educ.* 2020;84(11):1284-93. DOI: 10.1002/jdd.12303.
 31. Pani S, Vieira L. Integrating online learning management systems to dental simulation clinics—An example of blended learning in pediatric dentistry. *J Dent Educ.* 2020;1-5. DOI: 2020;1-5. 10.1002/jdd.12381