



ORIGINAL

Realidad virtual inmersiva como complemento en la educación odontológica: un proceso de implementación para la docencia



Humberto González Oneto*, Yasna Moreno Yáñez y Matías D'Andrea Pincheira

Escuela de Odontología, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Recibido el 30 de enero de 2024; aceptado el 11 de abril de 2024

PALABRAS CLAVE

Educación odontológica;
Educación digital;
Modelos de yeso para estudio;
Realidad aumentada;
Realidad Virtual

Resumen

Introducción: la realidad virtual se refiere a experiencias digitales que sumergen a los usuarios en entornos simulados, creando una sensación de presencia y participación activa. Es una interesante herramienta para la educación en ciencias de la salud. Dado que es poco incorporada en las unidades educativas, nace la oportunidad de su implementación.

Objetivo: describir un proceso de implementación de realidad virtual dentro de una unidad académica.

Método: la implementación se desarrolló en 4 etapas: a) la revisión estructurada de proyectos educativos con uso de realidad virtual b) la conversión de modelos análogos a digitales c) la selección de la plataforma tecnológica de realidad virtual; d) la integración con el sistema de gestión de aprendizaje. Una revisión estructurada fue efectuada para recopilar evidencia en el tema según la recomendación PRISMA. Paralelamente se seleccionaron modelos de escayola de arcadas dentarias, los cuales fueron digitalizados para ser integrados a un sistema de gestión de aprendizaje.

Resultados: treinta artículos fueron seleccionados, los que entregaron 8 criterios para selección de plataformas de realidad virtual. Veinte modelos fueron digitalizados e incorporados a Sketchfab quedando disponibles para la docencia.

Conclusiones: producto de la implementación se crea un repositorio de modelos digitales con realidad virtual que cumple con los criterios recomendados por las publicaciones. La revisión de la literatura señala que esta tecnología aporta beneficios para la formación del estudiantado.

© 2024 The Author(s). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: hgonzalee@uc.cl (H. González Oneto).

KEYWORDS

Dentistry education;
Digital education;
Study cast model;
Augmented reality;
Virtual reality

Immersive virtual reality as a complement in dental education: An implementation process for teaching

Abstract

Introduction: Immersive reality refers to digital experiences that immerse users in simulated environments, creating a sense of presence and active participation. It is an interesting tool for health sciences education. Since it is little incorporated into educational units, the opportunity for implementation arises.

Objective: Describe the process of implementing immersive reality within the UC Dentistry academic unit.

Method: The implementation was developed in four stages: a) structured review of educational projects with the use of immersive reality b) conversion of analogue models to digital c) selection of immersive reality technological platform; d) integration with learning management system. A structured review was carried out to collect evidence on the topic according to the PRISMA recommendation. At the same time, plaster models of dental arches were selected and digitized to be integrated into a learning management system.

Results: Thirty articles were selected which provided eight criteria for selecting immersive platforms. Twenty models were digitized and incorporated into Sketchfab, making them available for teaching.

Conclusions: As a result of the implementation, a repository of digital models with immersive reality is created that meets the criteria recommended by the publications. The review of the literature indicates that this technology provides benefits for the training of students.

© 2024 The Author(s). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La educación en las ciencias de la salud es un campo dinámico que exige vanguardia en avances tecnológicos y en herramientas educativas. La formación en odontología basada en la práctica clínica debe complementarse, en muchas ocasiones, con la realización de modelos de escayola de arcadas dentarias, lo cual puede generar limitaciones en términos de acceso y oportunidades de aprendizaje. Los modelos de escayola consisten en reproducciones a tamaño real de arcadas dentarias, y su propósito es de registro. Estos elementos son utilizados en la formación odontológica por ser una réplica de las arcadas dentarias del paciente, usándose en áreas como prostodoncia, ortodoncia, cirugía ortognática^{1,2} y en el entrenamiento para la confección de restauraciones, aparatos ortodóncicos, protésicos, etcétera. En la formación odontológica ciertamente los modelos de arcadas dentarias son un elemento fundamental para la enseñanza, pero su disponibilidad física puede representar una limitación significativa para el aprendizaje, ya que requiere la presencia del alumno en el lugar donde se encuentren los modelos. Esto puede ser un inconveniente, especialmente en situaciones donde la movilidad del estudiante se ve restringida o en programas de educación a distancia. La digitalización de estos modelos ofrece una solución innovadora a este desafío al permitir un acceso remoto y flexible a los recursos educativos. De esta manera, los estudiantes pueden interactuar con los modelos de arcadas dentarias desde cualquier lugar y en cualquier momento, lo que potencialmente amplía las oportunidades

de aprendizaje y facilita la integración de la enseñanza en entornos virtuales.

En este milenio la formación en odontología ha sido presionada por la incorporación de tecnologías que permiten la simulación y manipulación de elementos digitalizados que expanden los horizontes de exploración, por lo que la enseñanza ha debido adaptarse. Variadas innovaciones han sido introducidas en la educación odontológica con el fin de mejorar la experiencia de aprendizaje y el desarrollo de habilidades. Es así como con la llegada de nuevas tecnologías al campo de la odontología, tales como la adquisición de imágenes tridimensionales, se dispone de nuevos recursos para utilizar en educación mediante el uso de realidad virtual (RV). Esto ha permitido el surgimiento de nuevos tipos de experiencias de aprendizaje que facilitan a los estudiantes explorar vistas tridimensionales. El resultado es una experiencia que permite aprender al momento de interactuar mejorando el aprendizaje. Recientes avances en el campo de la tecnología tal como el *Deep Learning* y *Artificial Neural Network* han permitido el uso de herramientas digitales tales como la RV y la realidad aumentada (RA). El fin de estas herramientas es proporcionar una plataforma de corroboración entre la inteligencia artificial y el ser humano para mejorar el aprendizaje. La RA permite la superposición de contenido virtual sobre un ambiente real mejorando la percepción sensorial³. La RV se describe como la combinación de múltiples tecnologías que permiten a los usuarios interactuar con entidades virtuales en tiempo real⁴. Las características principales de la RV son la inmersión y la

interacción⁵. La inmersión es la sensación de presencia en un entorno virtual, mientras que la interacción es la capacidad de modificación por parte del usuario⁶. En cierto sentido, la RA puede considerarse como una subcategoría de la RV⁷. Estas tecnologías buscan innovar mediante la creación de objetos tridimensionales exportables en archivos digitales, lo que permite a los estudiantes interactuar con ellos desde cualquier lugar^{8,9}. En el campo de la salud se encuentra presente desde hace tiempo en medicina y últimamente en odontología¹⁰. La RA permite utilizar simuladores para prácticas antes de realizar procedimientos en los pacientes en áreas como la rehabilitación oral, ortodoncia y cirugía ortognática^{10,11}. Estas tecnologías mejoran la práctica clínica al servir como apresto a los estudiantes antes de enfrentarse a pacientes al combinar el mundo real y digital, fomentando el desarrollo de competencias procedimentales^{11,12}. En respuesta a las limitaciones propias de una formación centrada en el profesor, la RV ha surgido como una herramienta exitosa para fomentar la educación centrada en el estudiante¹⁰.

La digitalización de modelos de las arcadas dentarias se ha establecido como una herramienta en odontología, permitiendo su uso virtual y la exploración mediante software¹³. Estos modelos digitales proporcionan una base para la educación, ya que pueden ser utilizados para crear entornos de aprendizaje altamente interactivos y visualmente atractivos. Los estudiantes pueden explorar y manipular modelos virtuales pudiendo trabajar en tiempos no sincrónicos, siendo lo más próximo a un proceso de educación a distancia¹⁴. Por todo ello, nace la oportunidad de implementar estos sistemas en unidades académicas que no lo posean. El propósito de este artículo es la descripción del proceso de implementación de la RA/RV en modelos dentales para la docencia.

Método

La implementación se desarrolló en la Unidad Académica de la Escuela de Odontología de la Pontificia Universidad Católica de Chile por la adjudicación del Fondo para la Mejora e Innovación de la Docencia (FONDEDODC) de la Vicerrectoría Académica. En este marco, el proyecto se presentó con el fin de implementar mejoras en la práctica docente. El proyecto fue aprobado en el año 2022 y ejecutado durante el 2023.

Diseño de la implementación

Esta implementación se basó en una ejecución planificada para lograr el objetivo. La metodología de trabajo se desarrolló en 4 etapas (fig. 1).

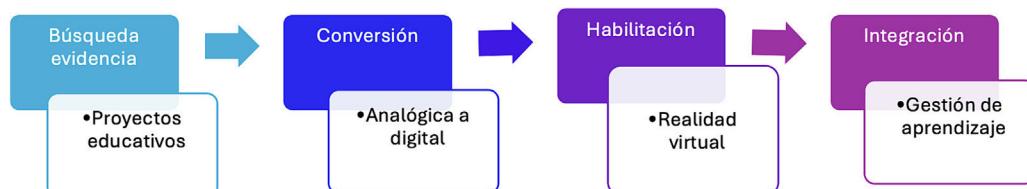


Figura 1 Etapas del proceso de implementación de realidad virtual.

Etapa I: búsqueda de evidencia de realidad virtual/aumentada en odontología

En esta fase, 2 revisores experimentados realizaron de manera independiente una revisión estructurada de artículos científicos desde el año 1999 al 2023 publicados en las bases de datos Pubmed, Scielo, Epistemonikos y Cochrane de acuerdo con la guía PRISMA (fig. 2). Los términos de búsqueda utilizados fueron: «Dentistry», «Virtual reality» y «Augmented reality». Los criterios de inclusión y elegibilidad de los artículos fueron aspectos específicos relacionados con «uso de la realidad virtual como herramienta de enseñanza en odontología», «aprendizaje basado en computadores», «aprendizaje autodirigido», «aprendizaje mejorado por tecnologías», «simulación guiada por tecnología». Los criterios de exclusión fueron publicaciones que no contaran con texto completo, comunicaciones cortas o comentarios al editor. Se consideraron artículos en inglés y español. La selección de los artículos se llevó a cabo mediante la revisión de los resúmenes de los documentos recopilados, se emplearon como criterios de filtro los aspectos mencionados anteriormente y se dispuso la elección de aquellos artículos que tuvieran una mayor afinidad con el tema de investigación propuesto.

Etapa II: conversión de modelos análogos a digitales

Selección de modelos de arcadas dentarias

De una colección de 1.000 modelos de escayola ubicados en la Clínica Odontológica Docente UC se seleccionaron 120 juegos. Se revisó la calidad de dichos modelos y la factibilidad de ser escaneados. Los modelos seleccionados posteriormente fueron revisados con el criterio de incluir una amplia variedad de maloclusiones a fin de tener una muestra representativa de las diferentes épocas de vida, lo que dio como resultado la selección final de 20 modelos.

Digitalización de modelos mediante el uso de un escáner 3D

Los modelos de escayola seleccionados se escanearon utilizando un escáner 3D CEREC (Dentsply Sirona), capturando imágenes de las arcadas dentarias por separado y en oclusión en una sola toma de exposición. Con esto se obtuvo un registro digital crudo en formato «.stl».

Procesamiento de los modelos

Los modelos crudos digitalizados fueron pulidos, zocalados y dimensionados utilizando el servicio de laboratorio OrthoSelect, EE. UU., los cuales realizaron el procesamiento de las imágenes digitales con el fin de obtener modelos pulidos y libres de imperfecciones manteniendo sus dimensiones originales. El formato solicitado a la empresa luego del procesamiento de los modelos fue «.stl».

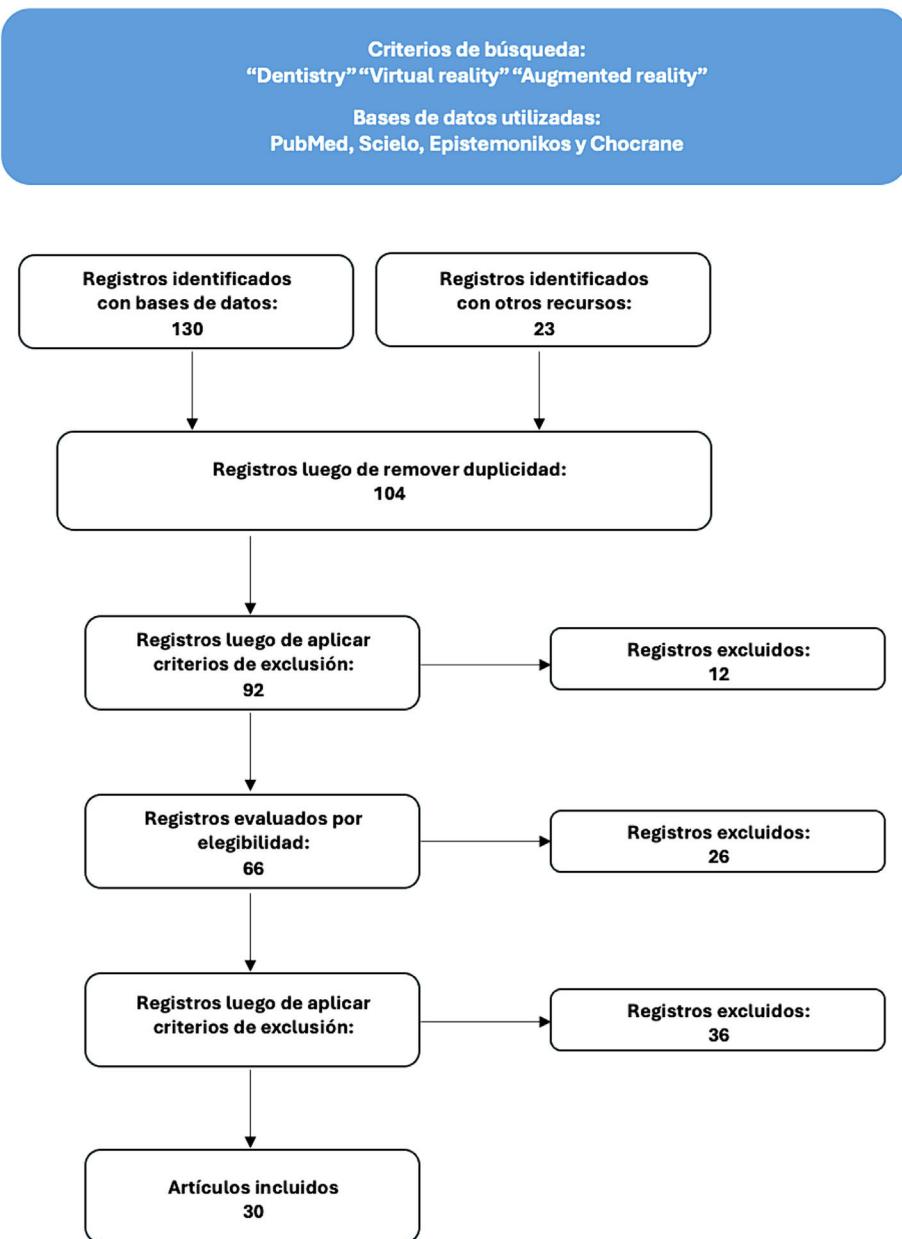


Figura 2 Diagrama de flujo PRISMA.

Incorporación de modelos digitalizados a la plataforma de realidad virtual

Esta fase fue llevada a cabo en colaboración con el servicio de VirtualLab del Centro de Desarrollo Docente UC, los cuales generaron el *setting* de los archivos para su incorporación a la RV. Posteriormente los archivos digitales fueron incorporados a la plataforma Sketchfab. La subida de modelos se realizó con la conversión del formato de las digitalizaciones desde «.stl» a «.gltf/.glb». Todo esto dio garantía de accesibilidad e integridad de los datos. Junto a esto, los modelos fueron renombrados con títulos codificados a fin de guardar la identidad del paciente y de disponer de criterios de búsqueda dentro del repositorio.

Etiquetado de modelos y ajustes para realidad virtual

En la misma plataforma se realizó el etiquetado de los modelos, de forma separada y en oclusión, con el fin de marcar reparos específicos. Por cada modelo se colocaron 3 a 4 etiquetas. En Sketchfab se ajustaron parámetros de edición para RA, ajustando el tamaño del modelo y la ubicación temporoespacial para cuando se utilice algún dispositivo visor.

Etapa III: habilitación de plataforma tecnológica de realidad virtual

De acuerdo con la evidencia se buscaron plataformas de RV más apropiadas para el proyecto. Según las

recomendaciones del equipo técnico de MediaLab UC se seleccionaron las plataformas *SketchFab* y *MergeEdu* ejecutándose la integración entre RV y los modelos digitales de arcadas dentarias quedando disponibles para su exploración virtual.

Etapa IV: integración con sistemas de gestión de aprendizaje

En esta fase se trabajó la integración de los modelos adaptados para exploración virtual con una plataforma de aprendizaje. De esta manera se integró *SketchFab* con la plataforma de gestión de aprendizaje Canvas UC, pudiendo acceder para consulta. Junto a lo anterior se crearon 2 módulos de auto enseñanza en las unidades disciplinarias de diseño de prótesis y comprensión de maloclusiones las cuales fueron exportadas a Commons de Canvas quedando disponibles para consultas.

Resultados

Búsqueda de evidencia

La revisión estructurada en las bases de datos y otros recursos arrojó 153 artículos. Tras eliminar los artículos

duplicados quedaron 104 artículos, los que al aplicar los criterios de exclusión e inclusión se redujeron a 66 artículos, quedando de ellos finalmente por elegibilidad 30 artículos incluidos para el estudio¹⁻³⁰ (tabla 1).

Conversión modelos

Un total de 20 modelos de escayola fueron convertidos a modelos digitales manteniendo sus proporciones originales. El proveedor externo Orthoselect entregó acceso en el *dashboard* quedando a disposición de ser descargados. La malla digital utilizada permitió el traspaso de estructuras con gran calidad de texturas y colores a una resolución de 700 dpi. Los metadatos incorporados permitieron una escalabilidad apta para diferentes contextos de uso.

Selección de la plataforma virtual

De acuerdo con la evidencia encontrada en los artículos seleccionados se pudo establecer que las plataformas utilizadas para RV y RA en educación en odontología dependen de las necesidades de cada proyecto, pero que en general todas ellas se basan en consideraciones específicas que se adaptan a las necesidades de los

Tabla 1 Características de las publicaciones incluidas en esta revisión

Ref	Autor(es)	Año	País	Tema abordado
1	<i>Huang et al.</i>	2018	Taiwán	RA y uso en evaluación
2	<i>Karthigeyan et al.</i>	2014	Pakistán	RA como herramientas educativas para la clínica
3	<i>Hugues et al.</i>	2011	Francia	Tecnología aumentada y entorno de uso en educación
4	<i>McCloy et al.</i>	2001	Reino Unido	Impacto de nuevas tecnologías en simulación
5	<i>Ryan</i>	1999	Estados Unidos	Ánalisis de la RV como fenómeno semiótico
6	<i>Albuha et al.</i>	2016	Irán	Nuevas formas de instrucción y prácticas con RA
7	<i>Riva et al.</i>	2004	Italia	Sistema de simulación tridimensionales
8	<i>Farronato et al.</i>	2019	Italia	Ánalisis del arte en RV y educación
9	<i>Dzyuba</i>	2022	Reino Unido	RA y su impacto en la educación odontológica
10	<i>Kwon et al.</i>	2018	Corea del Sur	Simulación y práctica para estudiantes odontología
11	<i>Fahim et al.</i>	2022	Pakistán	Beneficios de la RV en educación odontológica
12	<i>Bracq et al.</i>	2019	Francia	Uso y aceptación de RV en simulación con RV
13	<i>Yusupova et al.</i>	2021	Rusia	Aparatos para explorar RV y uso simulación
14	<i>Espejo-Trung et al.</i>	2015	Brasil	Aceptación de tecnología virtual en preclínica
15	<i>Meneses et al.</i>	2023	Colombia	Percepción y aceptación de RV en odontología
16	<i>Castro et al.</i>	2023	España	Aplicabilidad de dispositivos de inmersión
17	<i>Joda et al.</i>	2019	Suiza	Estándares tecnológicos para uso de RV
18	<i>Moussa et al.</i>	2022	Arabia Saudita	RV y educación dental
19	<i>Morales et al.</i>	2019	Perú	Plataformas interactivas aplicadas a la clínica
20	<i>Kavanagh et al.</i>	2017	Nueva Zelanda	Limitaciones de RV en educación odontológica
21	<i>Al-Jewair et al.</i>	2009	Canadá	Eficacia de la enseñanza con uso de RV
22	<i>Hughes et al.</i>	2009	Estados Unidos	Estrategias sensoriales y formación clínica
23	<i>Llena et al.</i>	2018	España	Uso de RA en preparaciones cavitarias
24	<i>Ho et al.</i>	2022	China	Educación dental y e-model
25	<i>Gandedkar et al.</i>	2021	Australia	<i>Deep learning</i> y RV
26	<i>Aly et al.</i>	2004	Bélgica	Desarrollo de software para entrenamiento
27	<i>Arquib et al.</i>	2023	Estados Unidos	Eficacia de aprendizaje mediante tecnología
28	<i>Zafar et al.</i>	2020	Australia	Percepción del estudiante por uso de RA
29	<i>Aly et al.</i>	2012	Bélgica	Modelo jerárquico y uso de multimedia
30	<i>Aly et al.</i>	2003	Bélgica	Requisitos para software entrenamiento

RA: realidad aumentada; RV: realidad virtual.

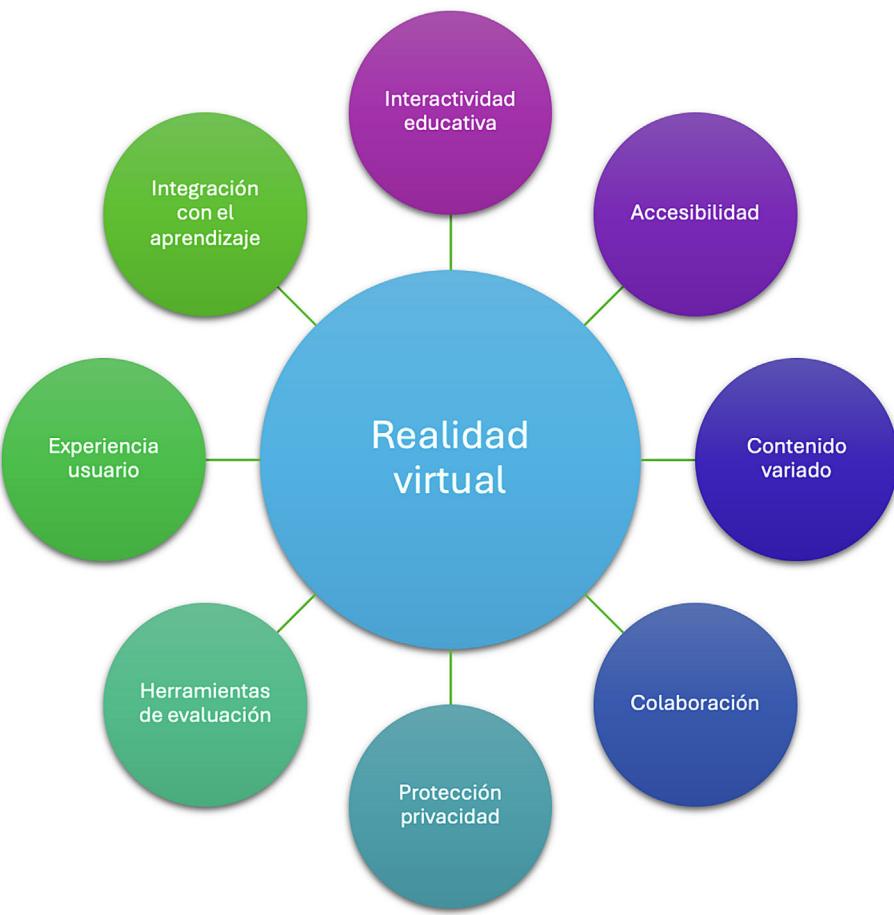


Figura 3 Criterios recomendados para selección de plataformas de realidad virtual.

educadores y estudiantes. El resultado de la revisión estructurada permitió identificar 8 criterios recomendados para selección de plataformas virtual y aumentada (fig. 3). De acuerdo a los criterios recomendados se eligió la plataforma *Sketchfab* para incorporar RV a los modelos digitalizados (fig. 4). El resultado del proceso y su contenido se encuentra disponible como recurso educativo abierto en SIPA UC y cuentan con derecho de autor, Atribución sin derivadas 4.0 Internacional, en el sitio: <https://hemeroteca-odontologiauc.blogspot.com/2024/01/hemeroteca-modelos-odontologia-uc-a1.html>.

Discusión

El uso de RA/RV en la formación de estudiantes de odontología se avizora como una herramienta prometedora, especialmente porque permite un entorno de aprendizaje interactivo y personalizable. Publicaciones han reportado que en ambientes educacionales la simulación permite mejorar la comprensión de situaciones clínicas e incentivar las habilidades de los estudiantes¹⁵. Además de permitir una práctica segura y sin riesgos antes de abordar procedimientos en pacientes reales, aumenta la confianza del estudiante y la calidad de la enseñanza.

La revisión estructurada permitió identificar 8 características recomendables al momento de elegir una

plataforma de RV. Toda plataforma debe fomentar la interactividad educativa, esto puede incluir capacidades de exploración 3D, simulaciones y experiencias virtuales y/o aumentadas que complementen el contenido de aprendizaje. Es altamente recomendable que la plataforma permita el acceso desde una amplia variedad de dispositivos tales como smartphones, gafas de RV, computadoras; esto garantiza una mayor participación del estudiantado. También la plataforma debe admitir una amplia variedad de contenido educativo, desde modelos 3D hasta entornos virtuales y simulaciones específicas para la materia que se esté enseñando. Para facilitar el trabajo colaborativo, la plataforma debe permitir crear y compartir el contenido educativo. Herramientas de colaboración en tiempo real y funciones de revisión pueden ser beneficiosas. Dado que se trata de educación, la seguridad y la protección de la privacidad son cruciales. La plataforma debe cumplir con estándares de seguridad y gestionar adecuadamente la información sensible de los estudiantes. Respecto a la evaluación del progreso del estudiante las plataformas deben permitir a los educadores chequear el aprendizaje junto con proporcionar retroalimentación personalizada. La plataforma debe ser intuitiva y fácil de usar tanto para educadores como para estudiantes. La interfaz intuitiva y la experiencia del usuario positiva, son clave para una adopción exitosa. Finalmente se destaca como muy importante que la plataforma sea compatible con un sistema

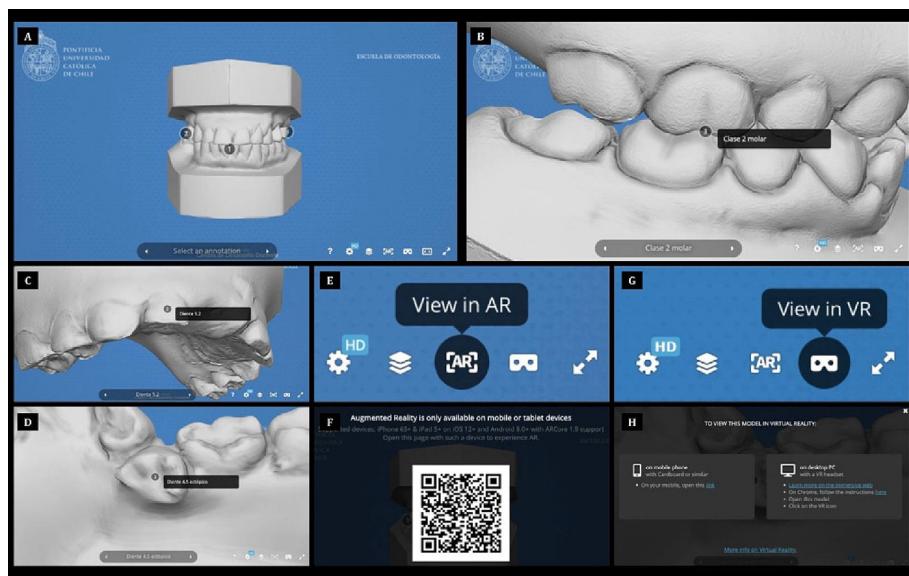


Figura 4 Escritorio Sketchfab con las herramientas de exploración y navegación tridimensional. A, B, C, D) Vista de los modelos desde la ventana Sketchfab. E, F, G, H) Herramientas de realidad aumentada en la plataforma.

de gestión de aprendizaje (por ejemplo, Canvas), esto simplificará la administración del contenido y el seguimiento del progreso del estudiante.

Respecto al proceso de digitalización, se obtuvieron 20 modelos digitales que fueron incorporados a la plataforma Sketchfab de RV, desde donde se pueden exportar para ser incrustados en programas de gestión de aprendizaje.

El desarrollo de este proyecto buscó innovar creando una herramienta educativa que poseyera RV. Su uso permitirá a los estudiantes interactuar con modelos de pacientes reales en un entorno virtual, lo que busca brindar una experiencia de aprendizaje segura. El desarrollo de dicha tecnología ofrecerá la posibilidad de explorar casos clínicos y analizar situaciones propuestas dentro de las actividades a las que se destinan el uso de los modelos. Se espera que esta herramienta ayude a reducir la ansiedad del estudiante al enfrentarse por primera vez a un caso real, al exponer al estudiante primero a RV con el fin de reforzar el entrenamiento y mejorar la confianza y el desempeño. También la RA entrega la posibilidad de observar mejores ángulos de visión facilitando el entrenamiento¹⁶.

Joda et al.¹⁷ en su revisión sistemática señala que esta tecnología ofrece un aprendizaje interactivo con acceso 24/7 para los estudiantes con evaluación objetiva en su desarrollo, además de generar un avance en los desempeños predecibles y seguros frente a procedimientos. Por otro lado, Moussa et al.¹⁸ indican que la simulación y la RV mejora la calidad de resultados en la educación odontológica ofreciendo utilidad en distintas disciplinas para procedimiento clínicos, todo esto mejorando las habilidades manuales, teóricas y de confianza en los estudiantes.

Hay que destacar que existen desafíos frente a la implementación de la RA/RV en la educación médica y odontológica, como son la inversión en *hardware* y *software*¹⁷. Todo esto influye en la capacitación de educadores y estudiantes en el uso de estos sistemas. La RV, si bien tiene sus ventajas, también tiene sus limitaciones. Según Morales et al.¹⁹ la RA no tiene buen

desempeño en situaciones en donde se requiera un aprendizaje actitudinal, además, necesita una importante cantidad de recursos e implica una curva de aprendizaje. Sin embargo, a medida que la tecnología se va incorporando, estos obstáculos serán cada vez menos significativos²⁰.

La implementación de este proyecto dio como resultado la creación de un repositorio digital de modelos, permitiendo hoy a los docentes acceder en cualquier momento a dichos insumos, quedando disponibles para su uso en los distintos cursos de la unidad académica. Así también quedó disponible a través de la plataforma Canvas el acceso de los estudiantes al contenido educativo que servirá como material de estudio y autoenseñanza. El acceso de los estudiantes a los modelos podrá ser alcanzado de 3 formas. La primera a través de Internet de manera convencional, visualizando los modelos mediante el cursor. La segunda, mediante el uso de la tecnología RA a través de un dispositivo móvil, donde se podrá observar los modelos manipulándolos en 3 dimensiones mediante el uso de código QR o de un MergeCube. La tercera, mediante el uso de RV con un dispositivo compatible, lo que permitirá una actividad totalmente inmersiva.

El repositorio actualmente cuenta con 20 modelos y se espera que se vaya incrementado, ahora que ya se dispone de un flujo de trabajo comprobado y efectivo. Respecto a los módulos de autoenseñanza alojados en la plataforma Canvas UC, se implementaron 2 unidades temáticas. Estos módulos compartidos en Commons de Canvas quedaron disponibles para la utilización, ya sea de manera autoenseñanza o incorporados a cursos de la malla curricular. El impacto de esta herramienta sobre el aprendizaje del estudiantado se encuentra en fase de evaluación y sus resultados serán publicados próximamente.

En conclusión, la integración de la RV y RA en la formación de estudiantes de Odontología promete transformar el proceso educativo al ofrecer un entorno interactivo y personalizable. Esta nueva tecnología no solo supera las limitaciones de disponibilidad física, sino que

también abre nuevas posibilidades para la personalización del aprendizaje y la colaboración entre los estudiantes y los educadores. Si bien, hemos destacado la utilidad de esta tecnología aplicada a modelos de escayola para la comprensión de situaciones clínicas y el desarrollo de habilidades, es importante reconocer que la selección de modelos de yeso como base para la digitalización puede presentar limitaciones en algunas áreas de formación específicas. Estas limitaciones podrían afectar la comprensión de ciertos casos clínicos o procedimientos más complejos. No obstante, a medida que se evalúan el impacto de esta herramienta y se incrementa el repositorio digital de modelos, se espera que estas limitaciones sean abordadas y superadas progresivamente. Finalmente, la creación de un flujo de trabajo comprobado y efectivo para la digitalización de modelos junto con la integración con sistemas de gestión de aprendizajes, tal como la plataforma Canvas, marcan un importante avance en la enseñanza de la odontología. A medida que se continúe evaluando el impacto de esta herramienta en el aprendizaje del estudiantado, se espera que su adopción siga creciendo y contribuya significativamente a la educación odontológica.

Responsabilidades éticas

Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales, no aparecen datos de pacientes. Los modelos de estudio utilizados pertenecen al repositorio de la Clínica Odontológica Docente UC (CODUC) y su uso se realizó de manera anónima. Este proyecto contó con la autorización del Comité Ético Científico de Ciencias de la Salud UC bajo el número 230129002 quien aprobó dispensa de consentimiento informado dada la naturaleza de la investigación.

Financiación

El proyecto se financió con Fondos de Desarrollo Docente (FONDEDOC) perteneciente a la Vicerrectoría Académica de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Huang TK, Yang CH, Hsieh YH, Wang JC, Hung CC. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *Kaohsiung J Med Sci*. 2018;34(4):243–8. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.009>.
- Karthigeyan S, Asharaf Ali S, Deivanai M, Nimmi. Diagnostic Cast – a forgotten diagnostic tool. *Pak Oral. Dent J*. 2014;34(1): 184–9 [citado 14 de enero de 2024]. Disponible en: https://applications.emro.who.int/imemrf/Pak_Oral_Dent_J/Pak_Oral_Dent_J_2014_34_1_184_189.pdf.
- Hugues O, Fuchs P, Nannipieri O. Chapter 2, New augmented reality taxonomy: Technologies and features of augmented environment. *Handbook of Augmented Reality* [Internet]. Springer; 2011. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_2.
- McCloy R, Stone R. Science, medicine, and the future. Virtual reality in surgery. *BNJ*. 200; 323: 912–915. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7318.912>
- Ryan ML. Immersion vs. interactivity: virtual reality and literary theory. *SubStance*. 1999;28(2):110–37. <https://doi.org/10.1353/sub.1999.0015>.
- Albuha Al-Mussawi M., Farid F. and Farid F., Computer-based technologies in dentistry: types and applications, *J Dent (Tehran)*, 13(3), 2016, 215–222. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5376549/>
- Riva G, Mantovani F, Gaggioli A. Presence and rehabilitation: toward second-generation virtual reality applications in neuropsychology. *J Neuroeng Rehabil*. 2004;1(1):9. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-1-9>.
- Farronato M., Maspero C., Lanteri V., Fama A., Ferrati F., Pettenuzzo A., et al., Current state of the art in the use of augmented reality in dentistry: a systematic review of the literature, *BMC Oral Health*, 19 (1), 2019, 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0808-3>.
- Dzyuba N, Jandu J, Yates J, Kushnerev E. Virtual and augmented reality in dental education: the good, the bad and the better. *Eur J Dent Educ*. 2022;00:1–19. <https://doi.org/10.1111/eje.12871>.
- Kwon HB, Park YS, Han JS. Augmented reality in dentistry: a current perspective. *Acta Odontol Scand*. 2018;76(7):497–503. <https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1441437>.
- Fahim S, Maqsood A, Das G, Ahmed N, Saquib S, Lal A, et al. Augmented reality and virtual reality in dentistry: highlights from the current research. *Appl Sci*. 2022;12(8):3719. <https://doi.org/10.3390/app12083719>.
- Bracq MS, Michinov E, Jannin P. Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review. *Simul Healthc*. 2019;14(3):188–94. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000347>.
- Yusupova MI, Mantikova KA, Kodzokova MA, Mishvelov AE, Paschenko AI, Ashurova ZAK, et al. Study of the possibilities of using augmented reality in dentistry. *Ann Dent Spec*. 2021;9(2): 17–21. <https://doi.org/10.51847/BG1ZAzqXRc>.
- Espejo-Trung LC, Elian SN, Luz MAADC. Development and application of a new learning object for teaching operative dentistry using augmented reality. *J Dent Educ*. 2015;79(11): 1356–62. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2015.79.11.tb06033.x>.
- Meneses C.Y., Jimenez I. and Penagos P.T., Simulación clínica mediada por tecnología: un escenario didáctico a partir de recursos para la formación de los profesionales en rehabilitación, *Educ Méd*, 24 (4), 2023, 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100810>.
- Castro PL, Ginés R, Ramírez JA, Mompeó B, Domínguez L, Rodríguez A, et al. Study on the acceptance of virtual reality as a complement to the study of human anatomy. *Educ Méd*. 2023;24(4). <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100820>.
- Joda T, Gallucci GO, Wismeijer D, Zitzmann NU. Augmented and virtual reality in dental medicine: a systematic review. *Comput Biol Med*. 2019;108:93–100. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2019.03.012>.
- Mousa R, Althagafi A, Althagafi N, Eshky R, Borzangy S. Effectiveness of virtual reality and interactive simulators on dental education outcomes: systematic review. *Eur J Dent*. 2022;16(1):14–31. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731837>.
- Morales R, Guevara JO, Flores VC, Robello JM, Bazán RH, Cava CE. Use of virtual reality as a learning environment in dentistry. *Gen Dent*. 2019;67(4):21–7 [citado 14 Ene 2024] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31355760/>.
- Kavanagh S, Luxton-Reilly A, Wuensche B, Plimmer B. A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science & Technology. Education*. 2017;10(2):85–119. [citado 14 Ene 2024]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1165633>.

21. Al-Jewair TS, Azarpazhooh A, Suri S, Shah PS. Computer-assisted learning in orthodontic education: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Educ.* 2009;73(6):730–9. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2009.73.6.tb04752.x>.
22. Hughes JM, Fallis DW, Peel JL, Murchison DF. Learning styles of orthodontic residents. *J Dent Educ.* 2009;73(3):319–27. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2009.73.3.tb04704.x>.
23. Llena C, Folguera S, Forner L, Rodríguez-Lozano FJ. Implementation of augmented reality in operative dentistry learning. *Eur J Dent Educ.* 2018;22(1):e22–30. <https://doi.org/10.1111/eje.12269>.
24. Ho ACH, Liao C, Lu J, Shan Z, Gu M, Bridges SM, et al. 3-Dimensional simulations and student learning in orthodontic education. *Eur J Dent Educ.* 2022;26(3):435–45. <https://doi.org/10.1111/eje.12718>.
25. Gandedkar NH, Wong MT, Darendeliler MA. Role of virtual reality (VR), augmented reality (AR) and artificial intelligence (AI) in tertiary education and research of orthodontics: an insight. *Semin Orthod.* 2021;27(2):69–77. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2021.05.003>.
26. Aly M, Elen J, Willems G. Instructional multimedia program versus standard lecture: a comparison of two methods for teaching the undergraduate orthodontic curriculum. *Eur J Dent Educ.* 2004;8(1):43–6. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0579.2004.00315.x>.
27. Arquib SA, Waleed M, Al-Abedalla K, Iverson MG, Uribe F. Insight on the influence of technology-enhanced learning in orthodontics' education: a systematic review. *Eur J Dent Educ.* 2023;27(3):729–45. <https://doi.org/10.1111/eje.12861>.
28. Zafar S, Zachar JJ. Evaluation of HoloHuman augmented reality application as a novel educational tool in dentistry. *Eur J Dent Educ.* 2020;24(2):259–65. <https://doi.org/10.1111/eje.12492>.
29. Aly M, Willems G, Van Den Noortgate W, Elen J. Effect of multimedia information sequencing on educational outcome in orthodontic training. *Eur J Orthod.* 2012;34(4):458–65. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjr036>.
30. Aly M, Willems G, Carels C, Elen J. Instructional multimedia programs for self-directed learning in undergraduate and postgraduate training in orthodontics. *Eur J Dent Educ.* 2003;7(1):20–6. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0579.2003.00263.x>.