

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

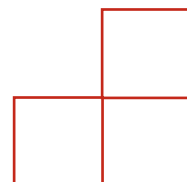
Curso 2024-25

IMPACTO DEL SIMULADOR HÁPTICO SIMODONT® EN EL DESEMPEÑO CLÍNICO Y EN LA CONFIANZA DE LOS ESTUDIANTES DE ODONTOLOGÍA EN ENDODONCIA: UN ESTUDIO COMPARATIVO.

Presentado por: **Fernando José Alfaro Ochoa**

Tutor: **Germán Sánchez Herrera**

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia
universidadeuropea.com



En primer lugar, mi más sincero reconocimiento va dirigido a mi tutor, el profesor Germán Sánchez Herrera, cuya guía experta, paciencia y constante ánimo han sido determinantes en cada etapa de este proyecto. Su rigor académico y sus valiosas correcciones no solo han mejorado la calidad de este trabajo, sino que también han enriquecido mi formación como investigador.

A mi hermana M.^a Lourdes Alfaro Ochoa, quiero reconocer de manera muy especial todo el esfuerzo y sacrificio que ha hecho a lo largo de estos años. Tu capacidad emprendedora, siempre dispuesta a asumir nuevos retos, me inspira a buscar caminos innovadores. Como investigadora, has demostrado un rigor y una curiosidad incansables que admiro profundamente; y como profesora, tu vocación y tu habilidad para motivar y transmitir conocimiento han marcado la diferencia en quienes te rodean. Más allá de estos roles, agradezco tu apoyo incondicional como hermana, tu capacidad para escucharme y animarme en los momentos difíciles, y ahora, viendo cómo te desenvuelves con tanta ternura y dedicación como madre, siento un orgullo inmenso. Gracias por enseñarme con tu ejemplo que la pasión, la disciplina y el cariño pueden convivir y dar frutos maravillosos.

Mis padres Natividad Ochoa Sangros y Fernando Alfaro Lecumberri merecen también un espacio especial en estos agradecimientos. Gracias, mamá y papá, por enseñarme la importancia del esfuerzo y la constancia, y por brindarme un hogar lleno de cariño y comprensión. Sin vuestro amor, confianza y sacrificio, no habría podido llegar hasta aquí.

A mi novia, Francesca Rizzo, te agradezco tu amor, tu paciencia y tu comprensión en las largas jornadas de estudio y redacción. Tu apoyo emocional ha sido un pilar fundamental: gracias por compartir mis sueños y por estar siempre dispuesta a celebrar cada pequeño logro.

Por último, gracias a mis amigos Victoria y Jose Carlos, quienes, con sus bromas, conversaciones y encuentros, me han permitido desconectar y recargar energías. Vuestra amistad ha sido el complemento perfecto para mantener un equilibrio entre la vida académica y la personal.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT.....	2
3. PALABRAS CLAVE	3
4. INTRODUCCIÓN	4
4.1 ENDODONCIA:.....	4
4.1.1 Concepto / definición de endodoncia.....	4
4.1.2 Historia de la endodoncia	4
4.1.3 Objetivos de la endodoncia	5
4.1.4 Desafíos en los procedimientos endodónticos	5
4.1.5 Limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza.....	6
4.2 SIMULACIÓN HÁPTICA:.....	7
4.2.1 Concepto / definición de simulación háptica.....	7
4.2.2 Historia de la simulación háptica	8
4.2.3 Aplicaciones y beneficios de la simulación háptica en odontología	9
4.2.4 Limitación y desafíos de la simulación háptica en odontología	12
4.3 SIMODONT®:.....	14
4.3.1 Concepto / definición de simodont®	14
4.3.2. Características y ventajas principales del simodont®	14
4.3.3 Desafíos y perspectivas futuras	16
4.3.4 Impacto del simodont® en la formación de dentistas	17
5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS	18
6. OBJETIVOS.....	20
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
7.1 MATERIALES	21
7.1.1 Diseño del estudio:	21
7.1.2 Selección de la muestra:	21
7.1.3 Tamaño muestral y aleatorización:.....	22
7.1.4 Materiales empleados:	22
7.2 MÉTODOS.....	26
7.2.1 Intervenciones:	26
7.2.2 Preparación de los estudiantes:.....	27
7.2.3 Consentimiento informado:.....	27
7.2.4 Presentación de datos y análisis estadístico:	29
8. RESULTADOS	30
8.1 IMPACTO DEL ENTRENAMIENTO CON SIMODONT® EN ENDODONCIA:.....	30
8.2 INFLUENCIA DE SIMODONT® SOBRE LA ANSIEDAD:	31
8.3 ANÁLISIS DE LA SATISFACCIÓN TRAS EL USO DE SIMODONT®	32
8.4 TIEMPO DE USO DE SIMULADOR PARA CAVIDAD DE ACCESO:.....	36
9. DISCUSIÓN.....	38
9.1 MEJORA DE LA COMPETENCIA TÉCNICA.....	38
9.2 REDUCCIÓN DE LA ANSIEDAD Y AUMENTO DE LA CONFIANZA.	39
9.3 PERCEPCIÓN Y SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES.....	39

9.4 EFICIENCIA TEMPORAL EN LA REALIZACIÓN DE LA CAVIDAD DE ACCESO.....	40
9.5 PERSPECTIVAS FUTURAS.	41
9.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO.	41
9.7 IMPLICACIONES EDUCATIVAS Y CLÍNICAS:.....	42
9.8 BENEFICIOS PARA LA SEGURIDAD DEL PACIENTE:	43
9.9 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS:	43
10. CONCLUSIÓN	44
11. BIBLIOGRAFÍA	45
12. ANEXOS	49

1. RESUMEN

Introducción

La endodoncia ha evolucionado de procedimientos rudimentarios a protocolos de alta precisión gracias a las tecnologías de simulación. La realidad virtual háptica ofrece un entorno controlado, repetible y libre de riesgos para que los estudiantes practiquen sin depender de dientes extraídos ni de la supervisión continua del tutor. El simulador Simodont® integra visualización 3D, retroalimentación táctil y métricas objetivas, lo que permite perfeccionar habilidades manuales, disminuir la ansiedad asociada a los primeros procedimientos y reforzar la confianza clínica de los futuros odontólogos.

Material y Métodos:

Se diseñó un estudio comparativo de intervención, en el que 30 alumnos de 5.º curso de Odontología de la Universidad Europea de Valencia se asignaron aleatoriamente a: Grupo Control (n=15): prácticas clínicas de endodoncia en premolares de pacientes y Grupo Experimental (n=15): mismas prácticas, precedidas de entrenamiento en Simodont® centradas en apertura cameral.

Resultados:

Los resultados muestran que el grupo experimental alcanzó una puntuación media global en la rúbrica de endodoncia de 8,7 frente a 7,3 del grupo control ($p < 0,05$), con mejores resultados en apertura cameral (8,0 vs. 6,3) y media de parámetros específicos (8,6 vs. 7,2). Además, la ansiedad medida con el STAI se redujo significativamente de 50,53 puntos antes del entrenamiento a 34,53 tras él ($p < 0,05$). La duración media de cada sesión de simulación fue de 7 min 48 s, con 1 min 20 s de presión de pedal, y el 86,7 % de los participantes prefería un modelo combinado que integrase dientes reales y Simodont®.

Conclusión:

El entrenamiento con Simodont® potencia de forma notable las destrezas endodónticas, disminuye la ansiedad y refuerza la confianza de los estudiantes frente a la metodología tradicional; pese a su alta aceptación, la retroalimentación táctil precisa aún debe perfeccionarse y se aconseja combinar simulación virtual con prácticas en dientes reales, siendo suficientes alrededor de ocho minutos de simulador para lograr una apertura cameral básica.

2. ABSTRACT

Introduction

Endodontics has evolved from rudimentary procedures to high-precision protocols thanks to simulation technologies. Haptic virtual reality offers a controlled, repeatable, and risk-free environment in which students can practice without relying on extracted teeth or continuous tutor supervision. The Simodont® simulator integrates 3D visualization, tactile feedback, and objective metrics, allowing manual skills to be perfected, reducing the anxiety associated with initial procedures, and reinforcing the clinical confidence of future dentists.

Materials and Methods

A comparative interventional study was designed in which 30 fifth-year Dentistry students from the European University of Valencia were randomly assigned to: Control Group (n = 15): endodontic clinical practice on patients' premolars and Experimental Group (n = 15): the same practice, preceded by Simodont® training focused on access cavity preparation.

Results

The results show that the experimental group achieved a global mean score on the endodontics rubric of 8.7 compared to 7.3 in the control group ($p < 0.05$), with better outcomes in access cavity preparation (8.0 vs. 6.3) and a higher mean of specific parameters (8.6 vs. 7.2). Additionally, anxiety measured by the STAI significantly decreased from 50.53 points before training to 34.53 after ($p < 0.05$). The average duration of each simulation session was 7 minutes 48 seconds, with 1 minute 20 seconds of pedal pressure, and 86.7% of participants preferred a combined model integrating real teeth and Simodont®.

Conclusion

Training with Simodont® markedly enhances endodontic skills, reduces anxiety, and boosts student confidence compared to traditional methodology; despite its high acceptance, the precision of tactile feedback still needs improvement, and it is advisable to combine virtual simulation with real-tooth practice, with around eight minutes of simulator time being sufficient to achieve a basic access cavity preparation.

3. PALABRAS CLAVE

- I. Endodoncia.
- II. Simulación.
- III. Simodont®.
- IV. Simulación virtual.
- V. Realidad virtual.
- VI. Simulación háptica.
- VII. Apertura endodoncia.

Abreviaturas:

- 1. GC: Grupo control
- 2. GE: Grupo experimental
- 3. CUO: Clínica Universitaria Odontológica
- 4. RV: Realidad Virtual
- 5. SEM: Error Estándar de la Media
- 6. STAI: State-Trait Anxiety Inventory

4. INTRODUCCIÓN

4.1 ENDODONCIA:

4.1.1 Concepto / definición de endodoncia

“La endodoncia es la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y de los tejidos perirradiculares. Su estudio y práctica abarcan las ciencias básicas y clínicas, incluida la biología de la pulpa normal, la etiología, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de enfermedades y lesiones de la pulpa y las afecciones perirradiculares asociadas. El Consejo de la ADA aprobó esta definición en su reunión de diciembre de 1983.”
(1)

4.1.2 Historia de la endodoncia

En el siglo XVIII, el pionero de la odontología moderna, Pierre Fauchard, documentó una técnica para la extracción de la pulpa dental. No obstante, este procedimiento era sumamente doloroso y frecuentemente desencadenaba complicaciones. Durante el siglo XIX, se implementaron nuevas metodologías para el tratamiento de los conductos radiculares, tales como la perforación del diente para remover la pulpa infectada y el uso de limas para la limpieza de los conductos (2).

Durante la segunda mitad del siglo XIX, se perfeccionaron limas de endodoncia más eficientes y precisas, las cuales facilitaban una limpieza más exhaustiva de los conductos radiculares. Uno de los principales innovadores en este campo fue el odontólogo francés Charles Maïsse, quien diseñó una lima de endodoncia flexible y resistente que permitía limpiar los conductos radiculares sin dañar el diente (2).

En el siglo XX, los investigadores descubrieron que la infección bacteriana era la principal causa de fracaso en los tratamientos de conductos radiculares. A raíz de esto, se comenzó a destacar la relevancia de la desinfección de los conductos radiculares previa a la obturación. Se desarrollaron nuevas metodologías para la desinfección de los conductos, como el uso de irrigantes antibacterianos y la terapia láser (2).

En las últimas décadas, se han desarrollado materiales de obturación más eficientes y resistentes, como las gutaperchas termoplásticas y los selladores de conductos. Estos materiales han permitido una obturación más efectiva y duradera

de los conductos radiculares, lo que ha mejorado significativamente la tasa de éxito de los tratamientos de conductos (2).

En el siglo XXI el campo de la endodoncia continúa evolucionando con nuevas investigaciones y desarrollos tecnológicos que buscan perfeccionar los tratamientos y superar los desafíos anatómicos y biológicos que se presentan en cada caso. Este progreso no solo refleja el compromiso con la excelencia clínica, sino también con la mejora de la calidad de vida de los pacientes. En este contexto, la práctica endodóntica moderna representa una conjunción de ciencia, tecnología y arte, orientada a preservar la salud dental y enfrentar con éxito los retos que plantea cada tratamiento (2).

4.1.3 Objetivos de la endodoncia

La limpieza, conformación y obturación de los conductos radiculares son fundamentales en el tratamiento de conductos. Los objetivos mecánicos son la conformación de los conductos radiculares para permitir una limpieza tridimensional, facilitando el acceso de limas manuales, instrumentos rotatorios y soluciones irrigantes durante el tratamiento. Los objetivos biológicos son eliminar irritantes, sellar el espacio, controlar la infección periapical y lograr un control microbiano adecuado. (2).

4.1.4 Desafíos en los procedimientos endodónticos

En la práctica de la endodoncia, es posible encontrar errores de procedimiento, al igual que en otras áreas de la odontología. Uno de estos errores es la perforación, que puede ocurrir durante la preparación de la cavidad de acceso y la instrumentación de los conductos (3).

Actualmente, la formación odontológica se enfrenta a un problema importante debido a la escasez de dientes extraídos y la preocupación ética que implica la práctica de procedimientos riesgosos en pacientes (4).

La formación preclínica es esencial para la prevención de errores en la práctica clínica. Los estudiantes de odontología restauradora deben adquirir suficiente práctica en un entorno de simulación para evitar errores humanos antes de ingresar al entorno clínico (5).

Es esencial que los odontólogos sean capaces de llevar a cabo los procedimientos de manera efectiva. Para lograr esto, es fundamental que los odontólogos comprendan la patología y morfología dental (5).

El éxito de la terapia endodóntica depende de muchos factores, uno de los cuales es el acceso adecuado a la cavidad pulpar. Por lo tanto, la familiarización con la técnica del fresado dental para la preparación de cavidades es una parte importante de la formación de un odontólogo que puede ayudarle a aprender a conseguir un acceso correcto al sistema de conductos radiculares durante la terapia endodóntica (6).

4.1.5 Limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza

La formación odontológica actual enfrenta desafíos crecientes, como la dificultad para mantener una interacción adecuada entre alumnos y tutores, la escasez de dientes extraídos para la práctica y la falta de evaluación objetiva (7, 4, 5, 8). Entre estas limitaciones encontramos.

Ineficiencia en tiempo y recursos: El modelo tradicional requiere que el profesor proporcione retroalimentación y responda preguntas a muchos estudiantes, lo que puede generar demoras y un uso ineficiente del tiempo y los recursos disponibles (5).

Limitación en la atención individual: La atención que los profesores pueden brindar a cada estudiante es limitada, lo que puede afectar la calidad de la enseñanza y la cantidad de apoyo que reciben los alumnos (5).

Materiales y recursos limitados: La dificultad para obtener materiales adecuados, como dientes humanos, restringe la práctica efectiva de los estudiantes y limita su exposición a situaciones reales (4, 5, 8).

Simulación insuficiente: Los métodos tradicionales de enseñanza, como el uso de cabezas de maniquí, pueden no proporcionar un entorno de práctica realista y efectivo en comparación con la simulación tecnológica avanzada (5).

Falta de evaluación objetiva: La evaluación de la destreza manual en entornos tradicionales puede ser subjetiva y carecer de la precisión y objetividad que ofrecen las herramientas de evaluación tecnológica (5). La formación actual en odontología, sigue suscitando inquietudes sobre la evaluación adecuada de la competencia de un estudiante, ya que los criterios subjetivos siguen desempeñando un papel fundamental en el juicio. Esto evidencia las limitaciones de los métodos de enseñanza tradicionales que, a menudo, carecen de un enfoque objetivo y sistemático, lo que dificulta la certificación efectiva de habilidades prácticas en un entorno de aprendizaje cada vez más exigente (9).

En este contexto, la simulación de realidad virtual (RV) emerge como una herramienta complementaria prometedora. Si bien la eficacia de la simulación de RV como herramienta de enseñanza es evidente, aún se debate si supera a los métodos convencionales en la enseñanza de la endodoncia (3). Sin embargo, los nuevos simuladores son una necesidad en la educación odontológica y han llegado para quedarse (4). Es crucial mejorar su diseño y el uso que se les da, ya que la formación odontológica se enfrenta a la creciente escasez de dientes extraídos y al conflicto ético de practicar procedimientos riesgosos directamente en pacientes (4).

La implementación de tecnologías de RV podría **complementar la formación de los estudiantes de odontología**, permitiéndoles practicar fuera de sus horas preclínicas y sin la presencia constante de profesores. Estudios anteriores han demostrado los beneficios de la RV en términos de tiempo, formación individualizada y optimización de recursos materiales y humanos (7).

La interacción directa con la herramienta de aprendizaje es fundamental para un conocimiento profundo de las tecnologías. Sin embargo, en la actividad docente, la anticipación y la formación son necesarias para aprovechar al máximo el tiempo de práctica. Es importante dar a conocer y perfeccionar las estrategias que han consolidado su uso en los estudios de grado, adaptándose a los requerimientos digitales de los nuevos tiempos, a pesar de la resistencia al cambio que pueda existir (4).

4.2 SIMULACIÓN HÁPTICA:

4.2.1 Concepto / definición de simulación háptica

La simulación háptica, que combina realidad virtual y retroalimentación táctil, se presenta como una herramienta educativa eficaz para alcanzar un alto nivel de práctica en odontología (7, 10, 11, 5, 12). Su realismo, que mejora constantemente, permite a los estudiantes repetir procedimientos ilimitadas veces en un entorno virtual, lo que supone un avance ecológico al limitar los residuos de dientes de plástico (7).

La realidad virtual, un entorno artificial experimentado a través de estímulos sensoriales proporcionados por un ordenador, permite a los alumnos practicar procedimientos por partes, sin riesgo para el paciente (10). La tecnología háptica, que estudia el tacto, añade la sensación táctil a los sistemas de realidad virtual, permitiendo a los alumnos experimentar sensaciones similares a las reales

durante procedimientos invasivos (10). Un simulador háptico reproduce con fidelidad la sensación del tacto que experimenta un operador con objetos reales, sin contacto físico (11). Esta tecnología permite sentir y manipular herramientas y órganos en un entorno virtual de bajo riesgo, realizando tareas como el corte de tejidos con realismo táctil (4).

La enseñanza de la odontología basada en la simulación se ha implantado cada vez más, y se estudia usar simuladores de realidad virtual como complemento. La retroalimentación de fuerza proporciona a los alumnos la experiencia táctil de perforar tejidos. El Simulador dental Simodont® permite perfeccionar habilidades de destreza manual y practicar repetidamente. Los sistemas de simulación dental ofrecen ventajas sobre las cabezas de maniquí en la formación preclínica tradicional. La enseñanza odontológica basada en la simulación es una potente ayuda para la instrucción preclínica (5).

La tecnología háptica, clave en la realidad virtual, añade la sensación de tacto a las interfaces visuales, simulando entrada táctil y retroalimentación visual para el entrenamiento de habilidades psicomotoras (12). La facilidad de uso y características lúdicas de los dispositivos hápticos crean una experiencia de aprendizaje interesante. Las tecnologías de realidad virtual también ofrecen sistemas de navegación para la etapa quirúrgica de implantes dentales (12).

4.2.2 Historia de la simulación háptica

En la educación odontológica, los simuladores de procedimientos tradicionales han sido históricamente la principal herramienta para el desarrollo de habilidades motoras, tanto gruesas como finas, en el manejo de instrumentos rotatorios. La cabeza fantasma, introducida por Oswald Fergus en 1894, ha sido el método de simulación más utilizado y extendido en las academias de odontología hasta la fecha (4).

Sin embargo, el avance tecnológico ha impulsado la necesidad de que la enseñanza de habilidades odontológicas básicas se complemente con recursos y simuladores más modernos respondiendo a las demandas actuales de la profesión (4).

4.2.3 Aplicaciones y beneficios de la simulación háptica en odontología

Los avances tecnológicos actuales, como la realidad virtual, los simuladores hápticos y la inteligencia artificial, están abriendo nuevas vías para el aprendizaje inteligente y la mejora del entorno de enseñanza (13).

La simulación ha emergido como una técnica efectiva en la formación de profesionales de la salud, particularmente en el campo de la odontología (7, 12). Su capacidad para mejorar tanto las habilidades quirúrgicas como las aptitudes psicomotrices de los estudiantes ha impulsado su integración en los programas de estudio odontológicos, donde se utiliza para el desarrollo de diversas habilidades clínicas (10). Ofrece ventajas significativas sobre los métodos tradicionales. Su capacidad para simular entornos y procedimientos realistas está transformando la forma en que los estudiantes adquieren y perfeccionan sus habilidades (7,3).

Desarrollo de Habilidades

Desarrollo de habilidades psicomotoras: Parte de la formación odontológica preclínica se dedica a la enseñanza de habilidades psicomotoras. La simulación háptica proporciona un entorno seguro y controlado para que los estudiantes practiquen y perfeccionen dichas habilidades (10). Gracias a sus características avanzadas, los simuladores de realidad virtual mejoran la coordinación ojo-mano y reducen los errores en los procedimientos (9).

Evaluación y mejora de habilidades: Se están desarrollando sistemas de realidad virtual háptica permiten evaluar el desempeño y la destreza manual de los estudiantes en procedimientos específicos, lo que facilita la identificación de áreas de mejora y el seguimiento del progreso (10, 5).

Formación en procedimientos específicos: Los estudiantes practican procedimientos de endodoncia de forma segura como ejercicios de pulpotomía y fresado para que perfeccionen sus habilidades manuales (5).

Capacitación para el autoaprendizaje: La simulación permite practicar de forma repetida y autónoma el autoaprendizaje y la autoevaluación por parte de los estudiantes (5).

Repetición y mejora continua: Los alumnos pueden repetir los procedimientos de endodoncia cuantas veces sea necesario, lo que facilita la mejora constante. La práctica reiterada en ambientes simulados ayuda a los

estudiantes a optimizar sus habilidades antes de desenvolverse en situaciones clínicas reales (7, 5).

Simulación y Práctica

Simulación de procedimientos específicos: La simulación háptica no se limita a la práctica general, sino que también permite simular procedimientos complejos y específicos, como la endodoncia, lo que amplía las posibilidades de aprendizaje y preparación (10).

Inmersión en la experiencia de aprendizaje: La RV sumerge a los estudiantes en experiencias de aprendizaje prácticas y realistas, mejorando su comprensión y habilidades clínicas (8).

Flexibilidad y accesibilidad: Permite que los estudiantes y profesionales puedan practicar procedimientos repetidamente sin incurrir en costos adicionales, además de que la formación puede llevarse a cabo en cualquier lugar (5). Estos entornos ofrecen prácticas en un ambiente menos estresante. Los estudiantes pueden practicar más y sin presiones, lo que optimiza su experiencia de aprendizaje (8).

Resultados y Beneficios

Desarrollo de competencias: Los simuladores hápticos integrados con RV, que mejoran constantemente su realismo, permiten a los estudiantes practicar repetidamente sin limitaciones, lo que se traduce en un mayor dominio de las herramientas y una reducción significativa del desperdicio de material dental (7, 3).

Minimización de riesgos y conservación de tejido dental: La tecnología háptica permite a los estudiantes experimentar sensaciones táctiles reales al manipular instrumentos y tejidos en un entorno virtual seguro, facilitando la adquisición de habilidades y la corrección de errores (4). Al utilizar simuladores, se minimizan los riesgos de lesión asociados con la práctica en pacientes reales. La habilidad manual de los candidatos se puede evaluar sin temor a lesiones y sin la inversión de tiempo que implica la instalación de estaciones de práctica (5). Diversos estudios han revelado que el uso de simuladores de realidad virtual se vincula con una reducción importante en la cantidad de tejido dental perdido durante los ejercicios de entrenamiento (3).

Aumento de la autoconfianza: La mayoría de los estudiantes coinciden en que el simulador de realidad virtual con retroalimentación háptica mejora sus habilidades clínicas y aumenta su nivel de confianza (8). Los simuladores hápticos ofrecen un entorno seguro para que los estudiantes practiquen y perfeccionen sus técnicas antes de interactuar con pacientes reales, lo que aumenta su confianza y reduce el estrés asociado con la práctica clínica. La exposición temprana a la retroalimentación háptica durante la formación preclínica mejora el desarrollo de habilidades psicomotoras (15).

Tecnología y Herramientas

Feedback interactivo y percepción realista: Los simuladores hápticos brindan retroalimentación táctil realista, lo que permite a los estudiantes experimentar la resistencia de los tejidos dentales y practicar técnicas de corte apropiadas (3).

Visualización y comparación: La simulación también ayuda a visualizar las estructuras dentales y evaluar la preparación. Al preparar una corona, los estudiantes pueden visualizar el contorno del diente original en el diente preparado para facilitar la comparación y la medición (5).

Control de herramientas mejorado: La práctica con simuladores hápticos puede perfeccionar el control de herramientas de los estudiantes, lo que se traduce en una eliminación más precisa del tejido dental y una menor probabilidad de errores durante los procedimientos (3). La tecnología háptica proporciona una experiencia cercana a la práctica real, facilitando la adquisición de habilidades. Los estudiantes pueden sentir claramente la entrada a la cámara pulpar utilizando Simodont® durante un tratamiento de conducto simulado (5).

Eficiencia y Recursos

Ahorro de recursos y tiempo: La realidad virtual permite disminuir el gasto en materiales como dientes de plástico, empleados en métodos tradicionales. Igualmente, acorta el tiempo de instrucción y supervisión necesario (5). sin el riesgo de lesiones

Solución a la escasez de recursos: Ante la creciente escasez de dientes extraídos y las consideraciones éticas relacionadas con la práctica en pacientes, la simulación háptica se presenta como una alternativa viable y valiosa en la formación odontológica (4).

Optimización de la enseñanza: El uso de simuladores como Simodont® ha demostrado mejorar la eficiencia de la formación preclínica en odontología operatoria (5).

Evaluación y Certificación

Retroalimentación Interactiva y evaluación objetiva del desempeño

La RV proporciona retroalimentación interactiva y objetiva, lo que beneficia enormemente el desarrollo de habilidades motoras en entornos preclínicos (15). Los estudiantes reciben información inmediata sobre su desempeño, lo que promueve la autoevaluación y la corrección de errores. La simulación háptica elimina la subjetividad en la evaluación, permitiendo una valoración más objetiva de las habilidades clínicas (15). La simulación háptica ofrece la posibilidad de certificar objetivamente la destreza de los estudiantes en odontología, lo que podría convertirse en un estándar en la formación inicial y continua. Con el tiempo, la realidad virtual incluso podría utilizarse para certificar la calidad clínica de los tratamientos dentales (7).

4.2.4 Limitación y desafíos de la simulación háptica en odontología

A pesar de sus numerosos beneficios, la implementación efectiva de la simulación háptica en la formación odontológica requiere de una adecuada capacitación del cuerpo docente en el uso de estas tecnologías. La formación combinada en aspectos tecnológicos y pedagógicos se presenta como una solución para superar este desafío (11).

Uno de los principales problemas reside en la **fidelidad de la simulación**. La tecnología actual aún no logra replicar con exactitud la experiencia táctil de trabajar con dientes y tejidos reales. Los estudiantes reportan diferencias en la textura de los dientes simulados y la sensación que experimentan al usar las fresas, lo que puede generar una percepción de falta de realismo. Esta limitación puede afectar la preparación de los estudiantes, especialmente en procedimientos delicados como la endodoncia, donde la sensibilidad táctil es crucial (8). Aunque los simuladores hápticos ofrecen un entorno de práctica seguro, su efectividad puede verse limitada por la discrepancia entre la simulación y la experiencia clínica real (16).

En cuanto a las **limitaciones técnicas**, los simuladores actuales se centran en estructuras dentales, dejando de lado la simulación de tejidos blandos

como la lengua y los labios, cuya manipulación es fundamental en la práctica odontológica. Además, existen desafíos relacionados con la potencia de la pieza de mano virtual y la facilidad con la que se desprenden las fresas simuladas, lo que también incide en la percepción de realismo. La incompatibilidad con el uso de lupas, herramientas esenciales en la odontología moderna, es otra limitación importante (5). Estas limitaciones técnicas de los simuladores pueden dificultar la transferencia de habilidades adquiridas en un entorno virtual a situaciones clínicas reales, lo que representa un reto importante en la educación dental (16).

Los **costos y la accesibilidad** también representan un desafío considerable. La tecnología de simulación háptica es costosa tanto en su adquisición como en su mantenimiento, lo que restringe el número de simuladores que las facultades pueden permitirse. Esta situación puede dificultar el acceso de los estudiantes a la formación con esta tecnología y limitar la investigación en este campo (5, 8).

La simulación háptica también se enfrenta a desafíos en cuanto a su **validación y evaluación** (7). Se necesitan estudios más amplios que permitan determinar la efectividad de los simuladores en la evaluación de habilidades y establecer estándares tecnológicos que garanticen la calidad de los datos utilizados. La creación de dispositivos de realidad aumentada y virtual adaptados específicamente a la práctica odontológica es otro aspecto que requiere mayor investigación y desarrollo (13). Aunque estos sistemas están diseñados para registrar automáticamente datos sobre la ejecución de tareas, se ha identificado la necesidad de evaluar específicamente la coordinación bimanual, ya que los procedimientos odontológicos suelen requerir movimientos simultáneos de ambas manos. Además, los estudios anteriores han mostrado limitaciones al centrarse únicamente en diferencias entre expertos y novatos en tareas específicas, sin considerar cómo estas habilidades se transfieren a un entorno clínico real. Por lo tanto, es imperativo realizar investigaciones adicionales que examinen la efectividad de la formación mediante simulación háptica en situaciones más representativas de la práctica clínica (17). La falta de familiaridad de los estudiantes con la tecnología de simulación háptica puede afectar negativamente su rendimiento y la adquisición de habilidades prácticas (16).

4.3 SIMODONT®:

4.3.1 Concepto / definición de simodont®

Simodont® es un simulador de odontología interactivo de última generación (17) que combina modelado tridimensional e interacción háptica para crear un entorno de aprendizaje realista para los estudiantes de odontología. Ha sido desarrollado por Nissin Dental Products Europe BV (5) y se utiliza en instituciones educativas de todo el mundo (5). Su interfaz háptica incorporada consiste en un elemento tecnológico que reproduce, con alto nivel de fidelidad, la sensación del tacto que el operador experimenta con los objetos reales, sin estar en contacto físico con elementos reales (11).

Es un innovador dispositivo que ofrece nuevas posibilidades para la enseñanza de la odontología. Su capacidad para reproducir patologías y proporcionar una mayor magnificación representa un desafío de aprendizaje e integración tanto para profesores como para alumnos. La Universidad Europea de Madrid (UEM) ha desarrollado una metodología específica para incorporar estos simuladores en su plan de estudios (4).

4.3.2. Características y ventajas principales del simodont®

Simulación háptica: Incorpora tecnología háptica que permite a los estudiantes experimentar sensaciones táctiles realistas al realizar procedimientos dentales simulados, como sondaje, diagnóstico y preparación de cavidades (11, 18).

Modelado 3D: Utiliza modelado tridimensional para crear visualizaciones realistas de instrumentos, dientes y estructuras bucales a tamaño real, lo que permite a los estudiantes comprender mejor la anatomía y los procedimientos dentales (11, 5, 8).

Diseño ergonómico: Cuenta con un diseño ergonómico que incluye una columna ajustable para adaptarse a la fisiología del usuario y promover una postura adecuada durante la práctica (11).

Retroalimentación inmediata: Proporciona retroalimentación inmediata sobre el rendimiento del estudiante, lo que permite identificar errores y áreas de mejora en tiempo real (11, 18). Además, el mecanismo de retroalimentación de fuerza de la máquina proporciona a los alumnos la experiencia táctil de perforar diversos tejidos (5).

Evaluación del progreso: Graba y analiza la evolución de las habilidades, generando un historial de progresos de los estudiantes que permite a los instructores evaluar habilidades e identificar áreas donde necesitan más práctica (18,11).

Entorno de aprendizaje seguro: Ofrece un entorno de aprendizaje seguro y controlado donde los estudiantes pueden practicar procedimientos dentales sin riesgo de dañar a pacientes reales, lo que reduce el estrés y fomenta un aprendizaje más efectivo. Permite practicar y perfeccionar sus habilidades en procedimientos como el sondeo dental y la realización de preparaciones cavitarias (11, 5, 8).

Interacción realista: Los estudiantes tienen la oportunidad de practicar con estos dispositivos antes de enfrentarse a situaciones clínicas reales, esto les permite desarrollar sus habilidades de manera progresiva (5).

Ejercicios específicos: Simodont® proporciona ejercicios como pulpotomía y fresado diseñados para que los estudiantes perfeccionen sus destrezas manuales (5).

Desarrollo de habilidades psicomotoras: Simodont® ha demostrado ser eficaz en el desarrollo de habilidades psicomotoras en estudiantes de odontología, ayudándoles a adquirir y retener las destrezas necesarias para realizar intervenciones clínicas (18, 8).

Mejora del realismo en las simulaciones: Simodont® mejora el realismo de las simulaciones dentales, lo que aumenta la inmersión de los estudiantes y mejora su experiencia de aprendizaje (8).

Experiencia de aprendizaje única: Simodont® ofrece una experiencia de aprendizaje única e interesante que puede motivar a los estudiantes a aprender a su propio ritmo (8).

Complemento a la formación tradicional: Simodont® se utiliza cada vez más como complemento a la formación odontológica tradicional, mejorando la calidad de la educación y preparando mejor a los estudiantes para la práctica clínica (5).

Combinación de tecnologías: Integra diversas tecnologías avanzadas para maximizar la efectividad del aprendizaje, como la proyección en 3D y la simulación de escenarios clínicos (11).

Fomenta el trabajo en equipo: Promueve la interacción y el trabajo en equipo entre estudiantes e instructores, enriqueciendo el proceso educativo (11).

4.3.3 Desafíos y perspectivas futuras

A pesar de sus numerosos beneficios, la adopción de simuladores como Simodont® en la educación dental todavía enfrenta algunos desafíos. Estos incluyen el costo de la tecnología, la necesidad de capacitación para los instructores y la integración efectiva de la simulación en el plan de estudios (5).

Sin embargo, a medida que la tecnología continúa avanzando y los costos disminuyen, se espera que los simuladores de realidad virtual como Simodont® jueguen un papel cada vez más importante en la formación de futuros profesionales de la odontología (8). La capacidad de proporcionar retroalimentación inmediata, evaluar el progreso de los estudiantes (18) y crear entornos de aprendizaje realistas y seguros (11) los convierte en una herramienta valiosa para mejorar la calidad de la educación dental y garantizar que los estudiantes estén bien preparados para la práctica clínica.

Desafíos en la educación dental: Cada campo de la odontología tiene un entorno educativo distintivo en función de sus características y su contexto educativo. Como resultado, existe una disparidad en las aplicaciones de las tecnologías de realidad virtual en los distintos campos de la odontología (12).

Relevancia de un aprendizaje adecuado: Las tecnologías de realidad virtual se distribuirán de manera más uniforme en los diferentes campos a medida que pase el tiempo y se resuelvan las limitaciones tecnológicas. Sin embargo, esto no significa que las aplicaciones de realidad virtual se apoderen de todas las áreas; más bien, podrían servir como complemento a los métodos de aprendizaje tradicionales (12).

Mejoras en la capacitación odontológica: La capacidad de proporcionar retroalimentación educativa inmediata y evaluación automática son dos características importantes de las tecnologías de realidad virtual para mejorar la calidad de la educación tradicional (12).

Evidencia empírica: La evidencia de algunos estudios indica que el uso de simuladores de realidad virtual junto con la formación tradicional crea un enfoque favorable para enseñar habilidades dentales a los estudiantes (12).

4.3.4 Impacto del simodont® en la formación de dentistas

El simulador Simodont® integra competencias prácticas y teóricas, ofreciendo una experiencia formativa que se asemeja a la práctica clínica real y mejora significativamente la calidad de la formación dental (11). Gracias a su tecnología avanzada y retroalimentación háptica, facilita la adquisición de habilidades técnicas, la toma de decisiones y el autoaprendizaje, permitiendo la repetición de procedimientos sin riesgo para los pacientes (11, 18).

Además, su incorporación permanente en el currículo –como en la Facultad de Odontología de la UEM– evidencia su eficacia en la integración de recursos tecnológicos en la enseñanza (4). Simodont® también optimiza la formación preclínica al mejorar el rendimiento estudiantil, desarrollar habilidades operativas básicas, reducir el derroche de recursos y proporcionar evaluaciones objetivas (5).

Por otro lado, la realidad virtual con simulación háptica ha demostrado aumentar la confianza y potenciar las habilidades clínicas de los estudiantes, ofreciendo un entorno de aprendizaje sin presión que complementa la enseñanza tradicional (8). Finalmente, se ha identificado la necesidad de capacitar al profesorado en el manejo de esta herramienta mediante enfoques híbridos que combinen formación tecnológica y pedagógica (11).

La evolución de la odontología, desde las técnicas rudimentarias hasta los innovadores métodos actuales, evidencia un compromiso constante con la mejora de la calidad de los tratamientos y la seguridad del paciente, y en este contexto, la integración de tecnologías avanzadas como la simulación háptica y herramientas como Simodont® representa un avance crucial en la formación odontológica, al ofrecer entornos de aprendizaje realistas, seguros y repetibles que potencian el desarrollo de habilidades psicomotoras y técnicas específicas, a la vez que permiten una evaluación objetiva y personalizada del desempeño estudiantil, superando las limitaciones de los métodos tradicionales y respondiendo a la creciente escasez de recursos; pese a los desafíos relacionados con la capacitación docente y la adaptación curricular, esta convergencia entre ciencia, tecnología y pedagogía sienta las bases para un futuro en el que la formación de dentistas se enriquezca con herramientas innovadoras que garanticen intervenciones más precisas, seguras y eficientes.

5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

JUSTIFICACIÓN

La integración de simuladores hápticos en la formación de estudiantes de odontología se presenta como una alternativa innovadora que responde a desafíos tanto éticos como pedagógicos en la enseñanza de procedimientos clínicos delicados como la endodoncia (1, 2). Este campo requiere una precisión extrema y habilidades psicomotoras avanzadas, pues la manipulación de instrumentos y la eliminación de tejido dental deben realizarse sin comprometer la integridad del diente (2). Los simuladores hápticos, al ofrecer una retroalimentación táctil realista (7, 10, 11, 5, 12), permiten a los alumnos practicar de manera repetida en un entorno seguro y controlado, esto favorece la consolidación de técnicas (5).

La escasez de dientes extraídos para la práctica, junto con las complicaciones éticas que ello implica (4), y la atención limitada que los tutores pueden ofrecer (7, 4, 5, 8), hacen que la simulación virtual resulte una solución viable. Este entorno virtual no solo elimina la necesidad de utilizar materiales reales, sino que también posibilita una evaluación objetiva y detallada del desempeño de cada estudiante, facilitando la identificación de áreas de mejora y el seguimiento individualizado del progreso (15).

Otro aspecto fundamental es la reducción del riesgo asociado con la práctica en pacientes reales. Al utilizar un entorno virtual que replica fielmente la experiencia clínica, los estudiantes pueden enfrentar procedimientos complejos sin la presión y el riesgo inherentes a la práctica en situaciones reales (3, 5). Esto no solo aumenta la autoconfianza de los futuros odontólogos, sino que también contribuye a una formación preclínica más robusta y menos dependiente de la presencia constante de un tutor (5).

Realizar un estudio sobre el uso de simuladores hápticos en la formación de estudiantes de odontología es fundamental para evaluar y potenciar la adquisición de habilidades técnicas en un entorno de aprendizaje seguro, eficiente y éticamente responsable (4). La convergencia entre tecnología, ciencia y pedagogía que representa la simulación háptica promete transformar la manera en que se imparten y adquieren conocimientos en el ámbito odontológico, preparando a los futuros profesionales para enfrentar los retos de la práctica clínica moderna (11, 18, 8).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una agenda global establecida por las Naciones Unidas para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Compuestos por 17 objetivos que abordan desafíos económicos, sociales y ambientales, y sirven como guía para construir un futuro más justo, sostenible e inclusivo a nivel mundial.

ODS 3: Salud y Bienestar.

La mejora en la formación de los futuros odontólogos, a través de simuladores hápticos, contribuye a una atención más segura y de calidad para los pacientes. Al perfeccionar las habilidades clínicas y reducir errores en procedimientos como la endodoncia, se fomenta la prevención y el tratamiento efectivo de enfermedades dentales, lo que impacta positivamente en la salud.

ODS 4: Educación de Calidad.

La implementación de tecnologías avanzadas en la formación odontológica (como la realidad virtual y la simulación háptica) representa una innovación en los métodos educativos. Esto permite una enseñanza más personalizada, práctica y objetiva, lo que mejora significativamente la calidad de la educación preclínica y profesional.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura.

La adopción de simuladores hápticos y herramientas tecnológicas como Simodont® impulsa la innovación en el ámbito educativo y clínico. Estas tecnologías modernas fomentan el desarrollo de infraestructura educativa avanzada y promueven la investigación y el uso de herramientas digitales en la práctica odontológica.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables.

El uso de simuladores reduce la dependencia de materiales desechables (por ejemplo, dientes plásticos o extraídos), lo que minimiza el desperdicio y promueve un consumo más responsable de recursos en la formación.

HIPÓTESIS

La hipótesis de nuestro estudio considera que en estudiantes de último año de odontología las prácticas clínicas de endodoncia en CUO complementadas previamente con simuladores de realidad virtual háptica son más efectivas que las prácticas clínicas exclusivamente en CUO para: mejorar las destrezas clínicas de precisión y calidad, reducir la ansiedad, y aumentar la confianza, satisfacción y percepción de los estudiantes.

6. OBJETIVOS

Objetivo principal:

Comparar las habilidades técnicas y la calidad del tratamiento endodóntico entre estudiantes que realizan endodoncias exclusivamente en pacientes y aquellos que también practican previamente con simuladores de realidad virtual háptica, en las prácticas clínicas del Grado en Odontología.

Objetivos específicos:

- 1- Evaluar si aspectos de la endodoncia como la apertura cameral, localización, conformación y obturación de conductos mejoran entre estudiantes que utilizan Simodont® en comparación con aquellos que no los usan.
- 2- Evaluar cómo el uso previo de los simuladores influye en la confianza, seguridad y ansiedad de los estudiantes durante los procedimientos de endodoncia en la práctica clínica.
- 3- Determinar la percepción y satisfacción de los estudiantes con relación al uso de la realidad virtual háptica como complemento formativo en la práctica clínica de endodoncia.
- 4- Determinar el tiempo de aprendizaje necesario para que los estudiantes logren una cavidad de acceso adecuada utilizando el simulador Simodont®.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 MATERIALES

7.1.1 Diseño del estudio:

Estudio comparativo y de intervención que se llevó a cabo en las instalaciones de la UEV. Las prácticas clínicas en pacientes se realizaron en la Clínica Universitaria Odontológica (CUO) situada en la Calle Alfambra; las simulaciones se realizaron en el laboratorio simulado de preclínica, utilizando 4 simuladores (Simodont®, Nissin, Nieuw-Vennep, Países Bajos, <https://www.simodontdentaltrainer.com/>).

Este estudio experimental cuenta con la aprobación de la comisión de investigación de la escuela de doctorado e investigación de la universidad europea, aprobado el día 24-1-25 con código de registro: 2025-128. (Anexo 1)

7.1.2 Selección de la muestra:

Para la selección de los participantes se empleó un muestreo por conveniencia de estudiantes de 5º año de Odontología de la Universidad Europea de Valencia. A un total de 86 alumnos se les envió un correo electrónico invitándolos a participar de manera voluntaria en el estudio, en el cual se proporcionaba una explicación detallada sobre su objetivo y desarrollo. Los primeros 30 participantes fueron seleccionados por orden de inscripción.

Criterios de inclusión:

- Alumnos de 5 año de odontología.
- Alumnos matriculados en la asignatura Prácticum.
- Alumnos que no habían realizado endodoncias en pacientes.

Criterios de exclusión:

- Alumnos que no finalizaban el tratamiento de endodoncia del paciente porque este, no volvía a su cita para terminar.
- Alumnos que no finalizaban el tratamiento de endodoncia porque se producían fracturas de los dientes entre citas.

7.1.3 Tamaño muestral y aleatorización:

Se aplicó a los 30 alumnos voluntarios un cuestionario de calibración (Anexo 2), compuesto por 10 preguntas básicas sobre endodoncia, con una puntuación de 1 a 10. Las respuestas fueron registradas en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, junto con los nombres de los participantes y las calificaciones obtenidas. Posteriormente, los estudiantes fueron ordenados de acuerdo con su puntuación, de mayor a menor. Aquellos cuyo orden en la lista correspondía a una posición par fueron asignados al grupo control (GC), mientras que los que ocupaban posiciones impares fueron asignados al grupo experimental (GE).

- GC (n=15): Prácticas clínicas en CUO, realizando endodoncias de premolares a pacientes.
- GE (n=15): Previamente a las prácticas clínicas en CUO, realizaron sesiones en simuladores de realidad virtual háptica (Simodont®).

7.1.4 Materiales empleados:

Material iconográfico:

- Documento de aprobación del comité de investigación. (Anexo 1)
- Cuestionario de calibración de los participantes. (Anexo 2)
- Rúbrica de evaluación de endodoncias del programa de la UEV Ue Valua. (Anexo 3)
- Cuestionario de satisfacción y percepción del estudiante sobre el Simodont® (Anexo 4) (19).
- Consentimiento informado (Anexo 5)
- State Trait Anxiety inventory (Anexo 6) (20).

Programas informáticos:

- Tratamiento de datos: Programa de excel office.
- Análisis estadístico: Software de análisis estadístico y representación de datos GraphPad Software INC, San Diego, CA, EE. UU.

GRUPO EXPERIMENTAL	
MATERIALES	COMPONENTES
Simulador de realidad virtual háptica Simodont®.	• Pantalla 3D de alta resolución para ver el procedimiento que se está realizando. • Turbina o contraángulo dental de retroalimentación, que simula el corte de diferentes tejidos dentales. • Espejo dental de retroalimentación para practicar la visión indirecta. • Gafas polarizadas pasivas, para poder ver en objetos tridimensionales en la pantalla 3D. • Pedal para activar turbina o contraángulo. • Mando para regular altura y practicar ergonomía. • Pantalla táctil, interfaz para seleccionar casos, crear planes de tratamiento, seleccionar instrumentos, responder preguntas, leer los comentarios de los profesores y más.

Tabla 1. Materiales empleados únicamente por el grupo experimental.

GRUPO EXPERIMENTAL Y CONTROL	
MATERIALES	DESCRIPCIÓN
EPIs	• Guantes, mascarillas, gafas o pantalla protectora y pijama de clínica.
Apertura	• Kit de exploración: espejo N°5 Front-Surface (Hu-Friedy®), Sonda de exploración 17/23 y pinza de boca sin cremallera. • Anestesia tópica (hurricane 200mg/g), jeringa, agujas, carpule de anestesia (Normon, S.A). • Turbina, fresa de apertura troncocónica (Komet® Referencia 807 314 010), fresas de conformación Endo Z, 21mm (Maillefer-Denstply®); Endo Z (Komet® Referencia H269GK 314 012) Incisivos y Premolares. • Sonda de endodoncia con extremo en punta (Maillefer-Denstply® 6-15, Hu- Friedy® A9- EXDG 16). • Cucharillas o Excavador No 17-18 (Maillefer- Denstply®) o No 33L (Hu- Friedy®).
Aislamiento	• Dique de goma, porta diques, perfora diques, porta clamps, arco de Young, clamps. (IVORY-HYGENIC-MASTER) o (HU-FRIEDY). • Barrera gingival (marca), hilo dental.
Preparación conducto	• Localizador de ápices (Maillefer- Denstply®) o (morita root zx mini), • Limas manuales FLEXOFILE o K-FLEXOFILE o Hedstrom • de 21mm y 25 mm (Maillefer- Denstply®) de 08-10-15-20

	• Regla de Endodoncia Minifix (VDW®) • Clean-Stand (Esponja para clavar las Limas) • Espaciador Digital N°20-25 (Zipperer®) • KIT DE LIMAS ROTATORIAS PROTAPER GOLD® de 25 mm y de 31mm: (SX, S1, S2, F1, F2, F3). • Aguja de salida lateral. • Hipoclorito.
Obturación	• Radiografía digital adulto (Durr Dental) • Algodón, loseta de vidrio y espátula de cementos. • Cemento sellador (AH Plus Jet® de DENTSPLY SIRONA), gutapercha F1, F2 o F3. • Mechero de gas, quemador y atacador MORTENSON MARKLEY 2M de (Hu-Friedy®), alcohol, espaciadores, gutaperchas accesorias. • CAVIT (Henry Schein) o IRM (BEST DENT) • ESPÁTULA WOODSON PARA CAVIT (Hu-Friedy® PFIWDS 2) • Papel de articular

Tabla 2. Materiales empleados por ambos grupos.

7.2 MÉTODOS

7.2.1 Intervenciones:

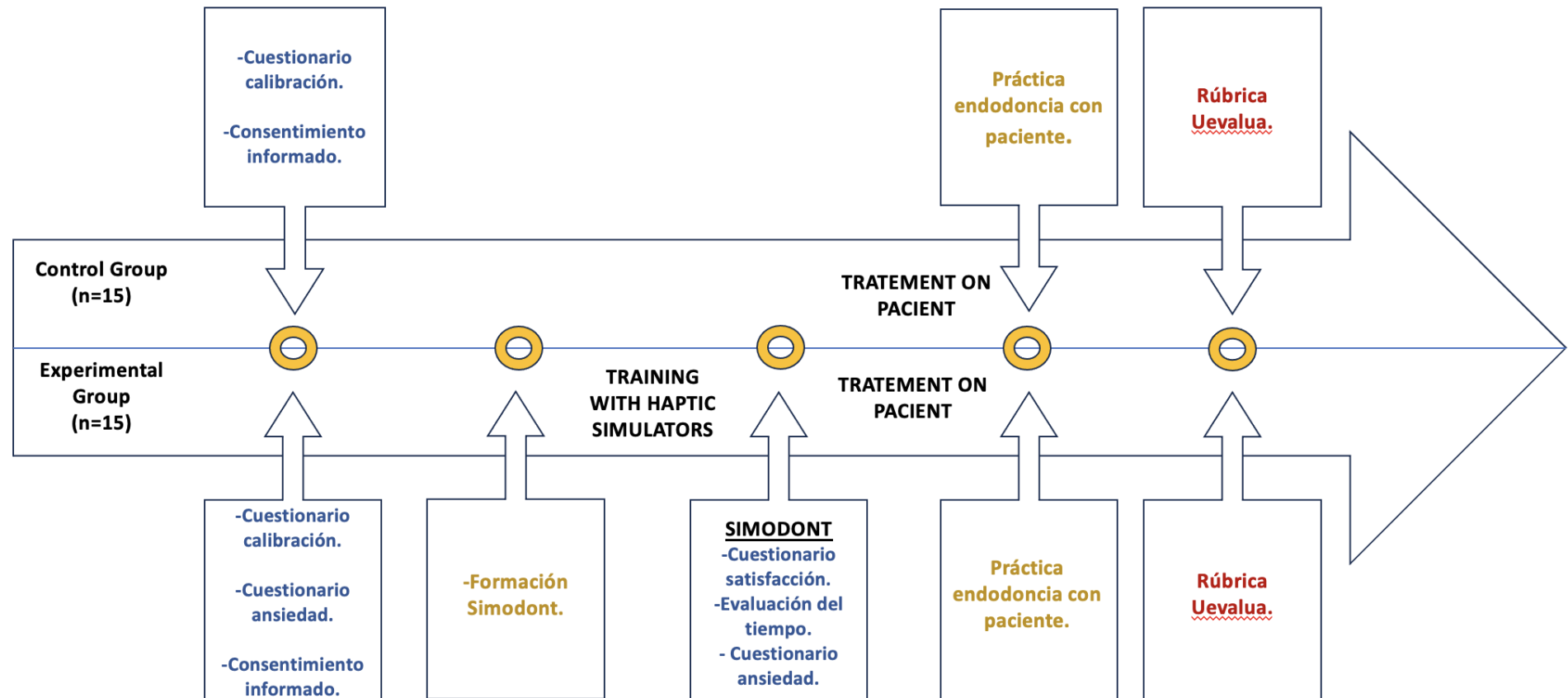


Figura 1. Gráfico en el que se muestra de forma abreviada todos los pasos del protocolo. Diagrama de flujo.

7.2.2 Preparación de los estudiantes:

Los participantes realizaron la endodoncia con pacientes en dos sesiones. En el caso del GE antes de comenzar a practicar con Simodont®, participó en una formación centrada en el uso del simulador, con un enfoque específico en la realización de aperturas utilizando el simulador. El vídeo empleado para la formación fue obtenido de YouTube y está disponible en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=-fk0JTQpLME>.

7.2.3 Consentimiento informado:

Se elaboró un consentimiento informado (Anexo 5) en el que se explicaban los objetivos y el propósito del estudio, garantizando la confidencialidad y el tratamiento anónimo de los datos. Se enfatizó que los datos solo se usarían para esta investigación y se solicitó el consentimiento voluntario del alumno. Este documento fue entregado en papel para ser firmado por todos los participantes antes de comenzar con la investigación.

A todos los participantes de ambos grupos les dimos un consentimiento informado que rellenaron y firmaron (Anexo 5), y el cuestionario de calibración (Anexo 2). Al GE les entregamos el cuestionario inicial de ansiedad (Anexo 6) (20).

Evaluación inicial:

Los participantes realizaron la endodoncia con pacientes en dos sesiones.

Entrenamiento con Simodont®:

El GE participó en un entrenamiento con el simulador Simodont®, centrado en la realización de aperturas de endodoncia y en la localización de los conductos.

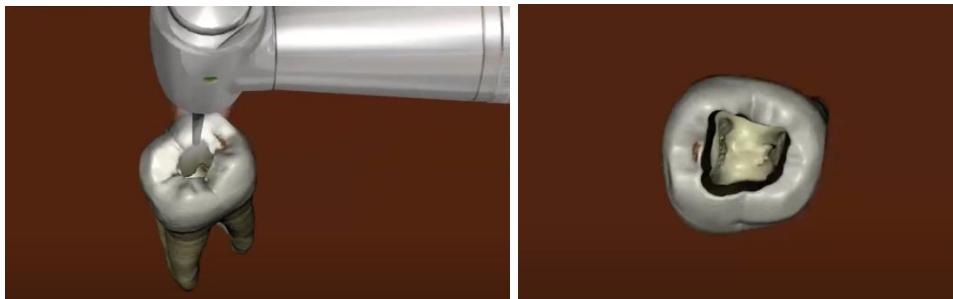


Imagen 1 y 2. Simodont® - Endodontics Procedure Video.

<https://www.simodontdentaltrainer.com>



Imagen 3. Simodont®.

El entrenamiento se llevó a cabo en 4 grupos: tres grupos de 4 participantes y uno de 3 participantes. Cada grupo realizó tres intentos de apertura de endodoncia en premolares.



Imagen 4. Participantes del grupo experimental.

Al finalizar la sesión de entrenamiento, se entregó a cada participante el cuestionario de satisfacción y percepción sobre el uso del Simodont®, el cual se encuentra adjunto en el Anexo 4 (19).

Evaluación final:

Una vez completado el entrenamiento en Simodont®, dos evaluadores (profesor de endodoncia de la clínica universitaria odontológica de la UEV y alumno de 5 curso de odontología de la UEV), medimos el tiempo que tardaron los participantes del grupo experimental en realizar correctamente una apertura de endodoncia en un premolar utilizando el simulador. Esto podíamos realizarlo gracias al software del Simodont®, el cual dejaba reflejado el tiempo que tardaban en cada entrenamiento. Al finalizar las endodoncias, las habilidades en endodoncia de todos los participantes también fueron evaluadas por dos evaluadores, siguiendo los criterios establecidos en la rúbrica de Uevalua (Anexo 3).

Por último, le entregamos al GE un cuestionario final de ansiedad después de terminar las endodoncias con pacientes. (Anexo 6) (20).

7.2.4 Presentación de datos y análisis estadístico:

Los datos se presentan como media +/- desviación estándar (SD) de los resultados obtenidos. El análisis de la distribución normal para cada grupo de datos se realizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de Bonferroni en grupos múltiples, mediante la prueba de t de Student entre dos grupos, o por pruebas no paramétricas apropiadas en su caso en función del procedimiento (GraphPad Software INC, San Diego, CA, EE.UU). Los resultados se tomaron como significativos (*) cuando el valor $p < 0,05$.

8. RESULTADOS

8.1 IMPACTO DEL ENTRENAMIENTO CON SIMODONT® EN ENDODONCIA:

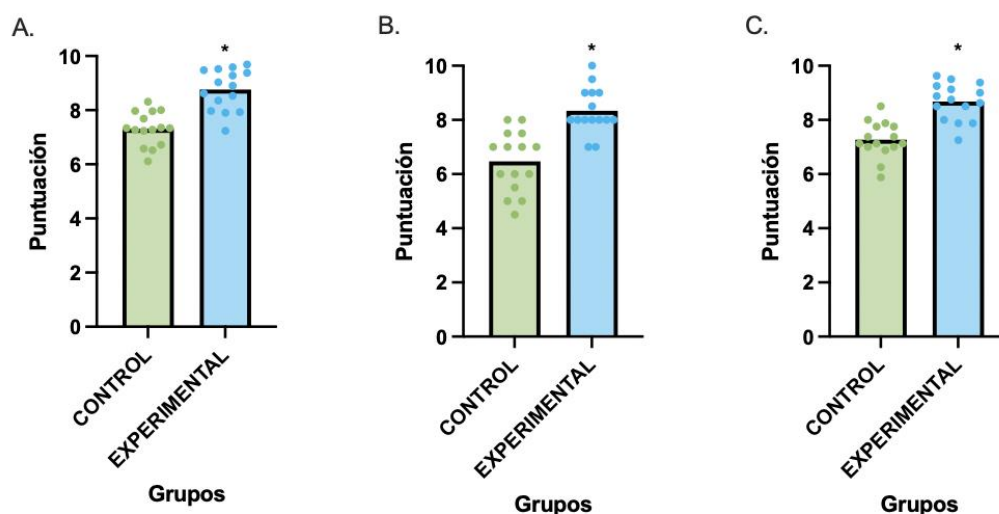


Figura 2. Resultados de la evaluación de la realización de endodoncia mediante rúbrica. A. Puntuación global de la rúbrica. B. Puntuación de la realización de apertura. C. Puntuación media de parámetros específicos de endodoncia (apertura, localización/permeabilización de conductos, conformación de los conductos y obturación con gutapercha).

Cada uno de los puntos sobre las barras corresponde a la puntuación obtenida de cada alumno, lo que posibilita apreciar la distribución de valores sobre cada parámetro. Los resultados muestran la media de cada puntuación y se tomaron como estadísticamente significativos con respecto al grupo control (*) cuando p valor $< 0,05$. Se comparan dos grupos de estudiantes (Control vs. Experimental) en tres gráficas dispuestas en la figura 2 (A, B, y C).

A – Puntuación global de la rúbrica. Representa la puntuación total que cada estudiante obtuvo al evaluar de forma global la técnica endodóntica (suma de todos los apartados). El grupo experimental que entrenó con Simodont® obtuvo una puntuación global media en la rúbrica de endodoncia de 8,7, significativamente superior a la del grupo control (7,3; $p < 0,05$).

B – Apertura cameral. Refleja únicamente la calificación de acceso a la cámara pulpar, aislando ese parámetro. Al analizarlo, los alumnos del grupo experimental alcanzaron una media de 8,0, mientras que el grupo control obtuvo en promedio 6,3 ($p < 0,05$).

C – Media de parámetros específicos. Muestra la puntuación media combinada de los cuatro subapartados técnicos: apertura, localización / permeabilización de conductos, conformación y obturación con gutapercha; obteniendo el grupo experimental un valor medio de 8,6, en contraste con los 7,2 del grupo control ($p < 0,05$).

En todos los casos, las diferencias a favor del grupo Experimental fueron significativas ($p < 0,05$) *

8.2 INFLUENCIA DE SIMODONT® SOBRE LA ANSIEDAD:

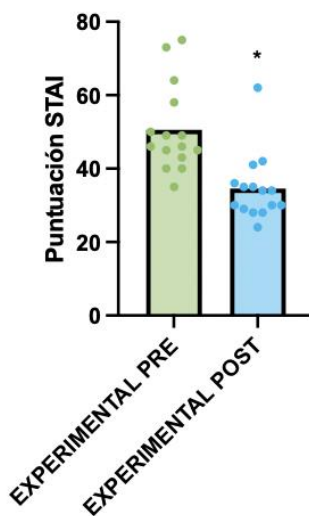


Figura 3. Puntuación obtenida en el test de “State Trait Anxiety inventory” antes del entrenamiento con el simulador háptico y después de la realización de la endodoncia.

Los resultados muestran la media de la puntuación de cada grupo y se tomaron como estadísticamente significativos con respecto al cuestionario previo al entrenamiento (*) cuando p valor $< 0,05$.

La gráfica presenta, en el eje vertical, las puntuaciones obtenidas en el State-Trait Anxiety Inventory (STAI) con una escala que va de 0 a 80, mientras que en el eje horizontal se disponen dos condiciones experimentales: “Experimental PRE”, correspondiente a las mediciones realizadas antes del entrenamiento con el simulador háptico, y “Experimental POST”, que recoge los datos tras la realización de la endodoncia una vez completado dicho entrenamiento. Cada condición está representada por una barra —verde en la fase PRE y azul en la fase POST— cuya altura indica la media de las puntuaciones

obtenidas por los estudiantes en ese grupo. Además, sobre cada columna se sitúan los puntos individuales de cada participante (en verde para PRE y en azul para POST), lo que permite apreciar la dispersión de los valores.

En la fase PRE-entrenamiento, los estudiantes alcanzaron una puntuación media de 50,53 puntos; tras el entrenamiento con el simulador háptico y la realización de la endodoncia (Experimental POST), la media descendió a 34,53 puntos, lo que supone una reducción de 16 puntos. Esta disminución resultó estadísticamente significativa ($p < 0,05$), como indica el asterisco sobre la barra del grupo POST.

8.3 ANÁLISIS DE LA SATISFACCIÓN TRAS EL USO DE SIMODONT®

Las siguientes figuras muestran los resultados de la encuesta de satisfacción tras el uso del simulador háptico simodont®. Los datos expresan el porcentaje de personas que respondieron cada opción de la escala de Likert. A. Simodont® me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa. B. La retroalimentación háptica del Simodont® fue la misma que la de una pieza de mano real. C. Disfruté usando el Simodont®. D. Prefiero el Simodont® al diente artificial. E. Recomendaría el Simodont® a amigos/compañeros. F. Fue fácil adaptarse al uso del Simodont®. G. El uso del Simodont® ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes. H. El nivel de realismo del Simodont® es suficiente para simular escenarios clínicos reales.

Cada diagrama ilustra la proporción de respuestas a una afirmación sobre el Simodont® en una escala de Likert de 1 (“Totalmente en desacuerdo”) a 5 (“Totalmente de acuerdo”). Se segmentan en cinco colores: rojo para las opiniones más negativas “Totalmente en desacuerdo”, naranja para “En desacuerdo”, amarillo para “Indeciso”, cian para “De acuerdo” y verde claro para “Totalmente de acuerdo”. Así, el tamaño angular de cada porción refleja directamente el porcentaje de estudiantes que escogió esa valoración.

Las etiquetas A–H identifican las distintas afirmaciones (por ejemplo, A: “Simodont® me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa”).

En conjunto, estos ocho diagramas circulares permiten comparar de un vistazo, para cada afirmación, qué proporción de estudiantes estuvo en desacuerdo, indeciso o de acuerdo, distinguiendo claramente las opiniones positivas (cian y verde), neutrales (amarillo) y negativas (naranja y rojo).

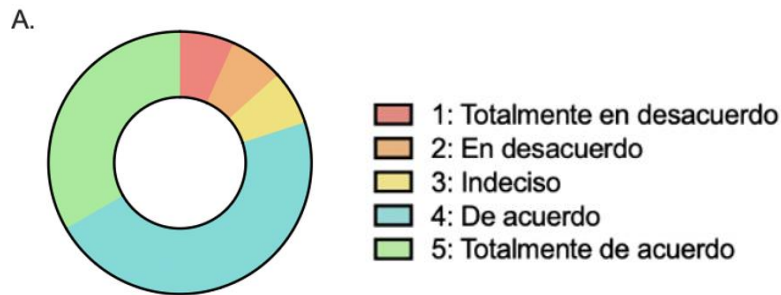


Figura 4A. Simodont® me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa.

Para la afirmación A (“Simodont® me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa”), el 6,7 % de los estudiantes manifestó “Totalmente en desacuerdo”, otro 6,7 % “En desacuerdo”, un 6,7 % se mostró “Indeciso”, mientras que el 46,6 % respondió “De acuerdo” y el 33,3 % “Totalmente de acuerdo”.

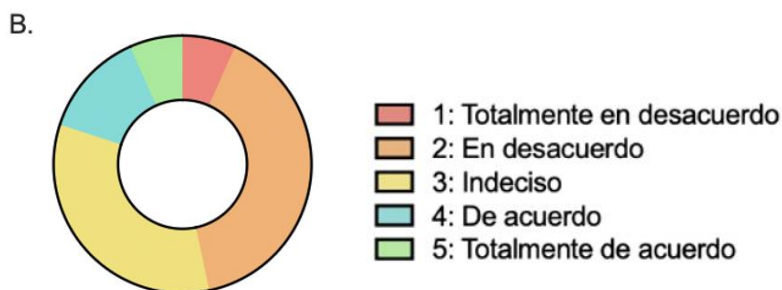


Figura 4B. La retroalimentación háptica del Simodont® fue la misma que la de una pieza de mano real.

En la afirmación B (“La retroalimentación háptica del Simodont® fue la misma que la de una pieza de mano real”), el 6,7 % dijo “Totalmente en desacuerdo”, el 40 % “En desacuerdo”, el 33,3 % “Indeciso”, el 13,3 % “De acuerdo” y el 6,7 % “Totalmente de acuerdo”.

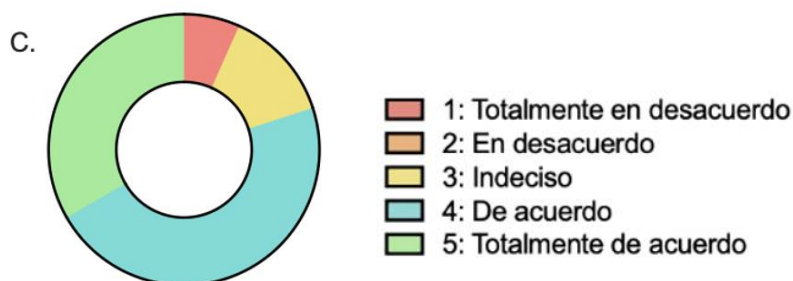


Figura 4C. Disfruté usando Simodont®.

Respecto a la frase C (“Disfruté usando el Simodont®”), el 6,7 % informó “Totalmente en desacuerdo”, ningún participante respondió “En desacuerdo”, el 13,3 % se declaró “Indeciso”, el 46,7 % “De acuerdo” y el 33,3 % “Totalmente de acuerdo”.

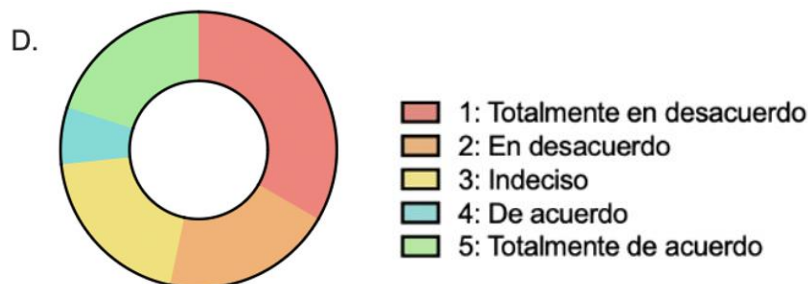


Figura 4D. Prefiero el Simodont® al diente artificial.

Para el enunciado D (“Prefiero el Simodont® al diente artificial”), el 33,3 % eligió “Totalmente en desacuerdo”, el 20 % “En desacuerdo”, otro 20 % “Indeciso”, el 6,7 % “De acuerdo” y el 20 % “Totalmente de acuerdo”.

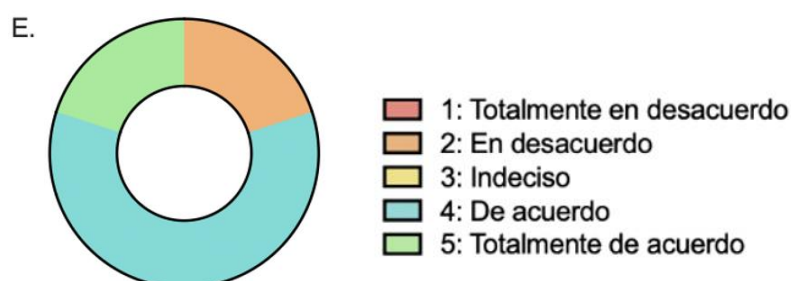


Figura 4E. Recomendaría el Simodont® a amigos/compañeros.

Sobre el apartado E (“Recomendaría el Simodont® a amigos/compañeros”), nadie respondió “Totalmente en desacuerdo” ni “Indeciso”, el 20 % respondió “En desacuerdo”, el 60 % “De acuerdo” y el 20 % “Totalmente de acuerdo”.

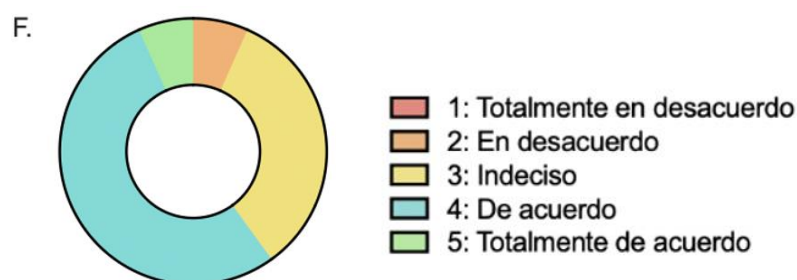


Figura 4F. Fue fácil adaptarse al uso de Simodont®.

En cuanto al apartado F (“Fue fácil adaptarse al uso del Simodont®”), el 0 % manifestó “Totalmente en desacuerdo”, el 6,7 % “En desacuerdo”, el 33,3 % “Indeciso”, el 53,3 % “De acuerdo” y el 6,7 % “Totalmente de acuerdo”.

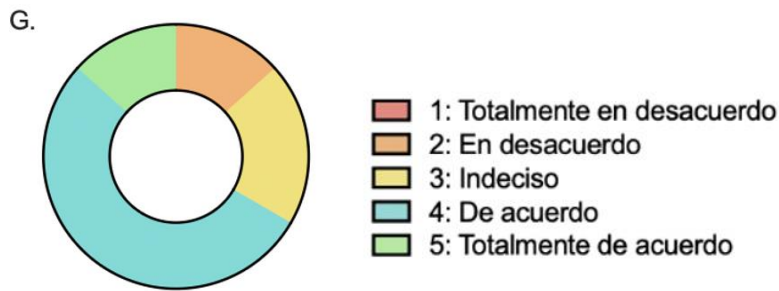


Figura 4G. El uso de Simodont® ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes.

En relación con el enunciado G (“El uso del Simodont® ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes”), el 0 % respondió “Totalmente en desacuerdo”, el 13,3 % “En desacuerdo”, el 20 % “Indeciso”, el 53,4 % “De acuerdo” y el 13,3 % “Totalmente de acuerdo”.

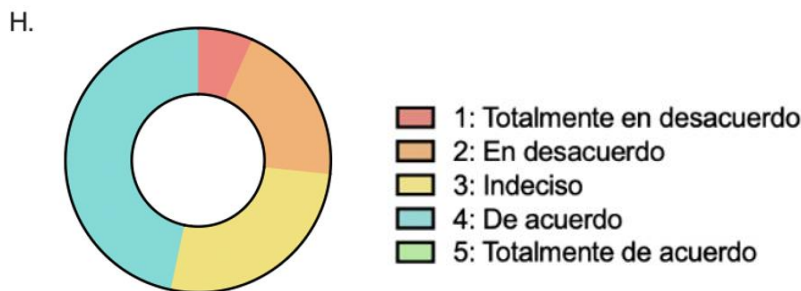


Figura 4H. El nivel de realismo de Simodont® es suficiente para simular escenarios clínicos reales.

Respecto a H (“El nivel de realismo del Simodont® es suficiente para simular escenarios clínicos reales”), el 6,7 % indicó “Totalmente en desacuerdo”, el 20 % “En desacuerdo”, el 26,7 % “Indeciso”, el 46,6 % “De acuerdo” y ningún encuestado respondió “Totalmente de acuerdo”.

La siguiente imagen muestra un diagrama circular que ilustra la distribución porcentual de tres modalidades de entrenamiento preclínico. Cada sector ocupa un ángulo proporcional al porcentaje de respuestas y está coloreado de forma diferenciada: amarillo para “Dientes naturales”, verde claro para “Simodont®” y verde oscuro para “Combinación”. La leyenda, ubicada a la derecha, asocia cada color con su categoría. En conjunto, este gráfico permite comparar de un vistazo las preferencias de los estudiantes, identificando rápidamente la proporción de cada opción.

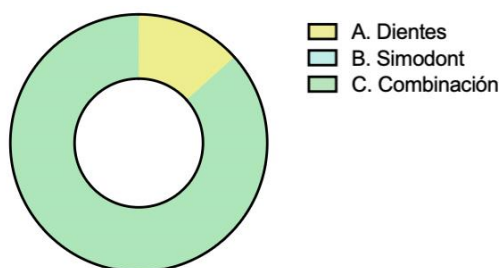


Figura 4I. Resultados de la encuesta de satisfacción tras el uso del simulador háptico Simodont® a la pregunta “¿Qué entrenamiento preclínico prefieres?”. A. Dientes B. Simodont® o C. Combinación entre ambos.

A la pregunta “¿Qué entrenamiento preclínico prefieres?”: el 13,3 % de los estudiantes eligió trabajar únicamente con dientes naturales (opción A), ningún alumno seleccionó el uso exclusivo del simulador háptico Simodont® (opción B) y el 86,7 % manifestó su preferencia por un modelo combinado que incluya tanto dientes naturales como sesiones en Simodont® (opción C).

8.4 TIEMPO DE USO DE SIMULADOR PARA CAVIDAD DE ACCESO:

Se tomaron los tiempos de uso del simulador teniendo en cuenta: tiempo total y el tiempo de presión, en el que se toca el diente y se mantiene apretado el pedal.

	Tiempo total	Tiempo de presión
Media (segundos)	468,1 s	80,2 s
Media (minutos y segundos)	7 min 48 s	1 min 20 s
Error estándar de la media (SEM)	57,74 s	8,882 s

Tabla 3. Tabla de tiempos de uso de Simodont®.

La tabla presenta los tiempos de uso del simulador Simodont® en la realización de la cavidad de acceso, desglosados en dos variables: el tiempo total de uso y el tiempo de presión (pedal apretado).

Ambos parámetros se expresan en segundos, con su equivalente aproximado en minutos entre paréntesis para facilitar la lectura (por ejemplo, 468,1 s $\approx$ 7 min 48 s).

En la columna “Tiempo total” se registra la duración completa de la sesión, desde el inicio hasta la finalización de la práctica de una apertura; en la de “Tiempo

de presión” únicamente el intervalo durante el cual el alumno mantiene apretado el pedal y efectúa el corte sobre el diente virtual de una apertura.

La media aritmética refleja el rendimiento promedio de los estudiantes, mientras que el error estándar de la media (SEM) mide la precisión de esas estimaciones y la variabilidad de la muestra. En conjunto, la tabla ofrece un resumen cuantitativo del tiempo invertido por los alumnos tanto en la ejecución global de la cavidad de acceso como en el momento específico de contacto y corte, junto con la confianza estadística asociada a estos valores.

En cuanto al tiempo total, los estudiantes invirtieron de media 468,1 segundos (aproximadamente 7 min 48 s), con un error estándar de la media de 57,74 segundos (unos 0,96 min).

Por su parte, el tiempo de presión mostró una media de 80,2 segundos (alrededor de 1 min 20 s), acompañada de un SEM de 8,882 segundos (aproximadamente 0,15 min).

9. DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó de manera integral el impacto del entrenamiento con el simulador háptico Simodont® en distintas facetas del aprendizaje y desempeño endodóntico de estudiantes de odontología. Los resultados de este estudio demuestran que el entrenamiento previo con el simulador háptico Simodont® aporta beneficios significativos en múltiples dimensiones del aprendizaje endodóntico, estos resultados abarcan mejoras objetivas en las habilidades técnicas, una reducción notable en la ansiedad y un aumento en la confianza de los estudiantes, así como una percepción generalmente positiva de la herramienta como complemento formativo. A continuación, se analizan detalladamente estos hallazgos y se sitúan en el contexto de la bibliografía existente, se exploran las implicaciones educativas y clínicas, así como las limitaciones del estudio y las líneas futuras de investigación.

9.1 MEJORA DE LA COMPETENCIA TÉCNICA.

Los datos reflejados en la Figura 2 (apartados A–C) muestran que el grupo experimental que utilizó Simodont® obtuvo puntuaciones medias superiores. en la rúbrica global de endodoncia (8,7 vs. 7,3), en el subapartado de apertura cameral (8,0 vs. 6,3) y en la media de los parámetros específicos (8,6 vs. 7,2), con diferencias todas ellas estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Estos resultados indican que la retroalimentación visual tridimensional y háptica del simulador favorece un aprendizaje más preciso de la anatomía pulpar y de los movimientos instrumentales necesarios para la apertura, la localización, la conformación y la obturación de conductos. Estudios previos en educación odontológica ya sugerían que la simulación virtual mejora la adquisición de habilidades psicomotoras antes de la práctica clínica real. Wei y cols. (21) indican que VR-haptics puede ayudar a los estudiantes a abordar de manera efectiva los desafíos durante su formación preclínica y clínica, y nuestros datos refuerzan esta idea al cuantificar la ganancia de destreza en cada subunidad técnica, lo cual puede traducirse en prácticas clínicas más seguras y eficientes. Estos hallazgos respaldan la integración de la simulación háptica como una herramienta valiosa en la formación preclínica de endodoncia. La capacidad de practicar repetidamente los pasos técnicos fundamentales en un entorno virtual puede conducir a una base de habilidades más sólida antes de que los estudiantes se enfrenten a la complejidad de los casos clínicos reales.

9.2 REDUCCIÓN DE LA ANSIEDAD Y AUMENTO DE LA CONFIANZA.

La puntuación en el STAI descendió de una media de 50,53 en la fase PRE a 34,53 en la fase POST, reflejando una disminución de 16 puntos tras el entrenamiento háptico ($p < 0,05$). Esta significativa reducción de la ansiedad sugiere que el simulador no solo enseña técnicas, sino que también familiariza al alumno con el entorno de trabajo, reduciendo el estrés asociado a los procedimientos endodónticos iniciales. Coincide con lo descrito por Usta y cols. (22) quienes observaron que la práctica en entornos simulados atenúa la ansiedad y aumenta la confianza de los alumnos en sí mismos. La capacidad de Simodont® para reducir la ansiedad de los estudiantes tiene implicaciones importantes para su transición a la práctica clínica. Un estudiante menos ansioso estará probablemente más dispuesto a participar activamente en los procedimientos, a hacer preguntas y a aprender de sus experiencias, lo que en última instancia puede conducir a una formación más efectiva y a mejores resultados para los pacientes.

9.3 PERCEPCIÓN Y SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES.

Los resultados del tercer objetivo específico proporcionan información valiosa sobre la percepción y la satisfacción de los estudiantes con el uso de la realidad virtual háptica como complemento formativo.

La encuesta de satisfacción mostró que la mayoría de los participantes valoraron positivamente aspectos como la visualización 3D de la pulpa (80 % “De acuerdo” o “Totalmente de acuerdo”), la facilidad de adaptación (60 %) y el aumento de confianza en procedimientos con pacientes (66,7 %). Estos resultados resaltan la utilidad formativa del simulador, en línea con los hallazgos de Hsu y cols. (23), quienes informaron de que Simodont® fue bien aceptado por los alumnos como herramienta de entrenamiento.

Sin embargo, la retroalimentación háptica recibió calificaciones más moderadas: solo el 20 % afirmó que era equivalente a una pieza de mano real y un 26,7 % consideró insuficiente el realismo. Esto sugiere que, si bien Simodont® es útil, aún existen limitaciones en su capacidad para replicar completamente la complejidad de la práctica clínica real y que la retroalimentación háptica es un área donde se podrían realizar mejoras. Estos hallazgos subrayan la necesidad de refinar la fidelidad háptica y la sensación de corte para aumentar la percepción de realismo, esto coincide con otros estudios donde se demanda un refinamiento

en la fidelidad háptica para reproducir de forma más precisa la sensación de corte y fricción, tal como plantean Caley y cols (24), los autores señalan explícitamente que la satisfacción de los estudiantes con el Simodont® fue “inconclusa, con resultados ambiguos” Es decir, no hubo un respaldo mayoritario claro. Esta ambivalencia en las opiniones sugiere que no todos los alumnos quedaron contentos con la herramienta virtual, posiblemente debido a limitaciones percibidas en su uso.

La preferencia por un modelo combinado (86,7 %) sugiere que, si bien los estudiantes aprecian el simulador, no lo ven aún como sustituto del diente artificial tradicional. Esto respalda un enfoque híbrido, que combina la riqueza sensorial del diente real con la repetibilidad y seguridad de la simulación virtual, favoreciendo una curva de aprendizaje más sólida y diversificada. tal como se menciona en el estudio Zafar y cols. (25) donde indican que el Simodont® es útil como herramienta adjunta en la enseñanza preclínica, pero no puede reemplazar al método convencional. Los estudiantes valoraron la innovación, pero siguieron prefiriendo las prácticas con dientes acrílicos/fantomas tradicionales.

9.4 EFICIENCIA TEMPORAL EN LA REALIZACIÓN DE LA CAVIDAD DE ACCESO.

El tiempo medio total de simulación fue de 468,1 s ($\approx$ 7 min 48 s) y el de presión de pedal de 80,2 s ($\approx$ 1 min 20 s), con errores estándar que indican variabilidad moderada entre alumnos (SEM 57,74 s y 8,88 s, respectivamente). Este dato sugiere que un bloque de 8 min de práctica guiada podría ser suficiente para que la mayoría adquiriera competencia básica en apertura. Comparativamente, trabajos como el de Collet y cols. (26) reportaron tiempos iniciales de simulación de $9,6 \pm 3,6$ minutos por cavidad de acceso en molares inferiores. Los tiempos superiores apoyan la eficiencia del protocolo empleado en nuestro estudio. Aunque estas diferencias pueden deberse a la comparación entre diferentes dientes, el año académico y la experiencia previa recibida. Esta información podría ser útil para diseñar planes de estudio, establecer objetivos de aprendizaje y monitorizar el progreso de los estudiantes. Es importante considerar que este tiempo podría variar a medida que los estudiantes adquieren más experiencia con el simulador y con la endodoncia en general.

9.5 PERSPECTIVAS FUTURAS.

Esta investigación proporciona una evidencia convincente del valor del entrenamiento con el simulador háptico Simodont® como complemento a la formación tradicional en endodoncia. Lo que concuerda con el estudio de Felszeghy y cols. (27), donde los estudiantes que utilizaron el simulador mostraron mejoras significativas en sus habilidades técnicas, experimentaron una reducción en la ansiedad y reportaron una alta satisfacción con la herramienta, especialmente en lo que respecta a la visualización de la anatomía y el aumento de la confianza clínica. Revelado el potencial del simulador para servir como puente entre la teoría y la práctica, anticipando un entrenamiento más seguro antes del contacto con pacientes reales.

Sin embargo, los resultados de también señalan áreas de posible mejora. La percepción del realismo háptico y la preferencia frente al diente artificial fueron más moderadas, lo que sugiere que los futuros desarrollos tecnológicos podrían centrarse en aumentar la fidelidad de la simulación táctil y en fortalecer la transferencia de las habilidades adquiridas en el entorno virtual a la clínica real. Esta necesidad de optimización técnica concuerda con el estudio de Zafar y cols. (28), donde se observa que un feedback táctil más preciso podría reducir aún más la brecha entre simulación y práctica tradicional.

La fuerte preferencia de los estudiantes por un modelo de entrenamiento combinado contrasta con los resultados de otros estudios como Bakr y cols. (29), donde los alumnos muestran una preferencia marcada por los métodos tradicionales. Esto resalta la importancia de integrar la simulación con la experiencia práctica tradicional. La simulación puede servir como una herramienta valiosa para introducir conceptos, practicar habilidades fundamentales y reducir la ansiedad antes de que los estudiantes trabajen con pacientes.

9.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Limitación en el alcance de la muestra: El estudio se llevó a cabo en un único centro y con un número específico de estudiantes. Esta característica es una limitación en cuanto a la generalización directa de los resultados a poblaciones estudiantiles más amplias o a otros contextos institucionales. No obstante, esto precisamente subraya la oportunidad y la necesidad de futuros estudios multicéntricos con muestras más grandes y diversas para validar los hallazgos.

1. **Limitación temporal de la evaluación:** El estudio ha demostrado beneficios tras una sesión inicial. No se midió retención de las habilidades a medio o largo plazo. Esto invita a futuras investigaciones a adoptar diseños longitudinales (por ejemplo, sesiones distribuidas) que podrían optimizar la consolidación del aprendizaje.
2. **Limitación inherente a la subjetividad de algunas mediciones:** El estudio utilizó autoevaluaciones para la encuesta de satisfacción y para la percepción de la fidelidad háptica. Las percepciones de los estudiantes son muy valiosas, aunque la naturaleza subjetiva de estas mediciones es una limitación. Reconociendo esto, se abre la puerta a que futuras investigaciones complementen estas valiosas percepciones con **métricas más objetivas** (por ejemplo, análisis cinemáticos o el uso de sensores de fuerza), lo que permitiría una comprensión más profunda de la interacción estudiante-simulador.
3. **Profundización en los factores psicológicos del aprendizaje:** La reducción de la ansiedad situacional es un hallazgo significativo. Sería interesante que futuros estudios exploren con mayor detalle otros factores psicosociales que interactúan con la ansiedad y el aprendizaje en este contexto, permitiendo así personalizar y optimizar aún más las estrategias de formación.

9.7 IMPLICACIONES EDUCATIVAS Y CLÍNICAS:

Integración curricular híbrida. Los resultados respaldan la incorporación de Simodont® como complemento, pero no sustituto, del diente artificial, potenciando el aprendizaje técnico y reduciendo la ansiedad previa al contacto clínico.

- **Diseño de programas de formación.** Se recomienda un modelo híbrido que combine sesiones de realidad virtual háptica con práctica sobre dientes naturales, optimizando la curva de aprendizaje y reforzando la confianza del alumno.
- **Transferencia a la práctica clínica.** Si bien se midieron competencias y percepciones en entorno simulado, futuros trabajos deben evaluar el impacto directo en el rendimiento con pacientes y la calidad real del tratamiento endodóntico.

9.8 BENEFICIOS PARA LA SEGURIDAD DEL PACIENTE:

Según Suebnukarn y cols. (30) la realidad virtual háptica permite a los alumnos adquirir habilidades endodónticas de manera eficaz al reducir la ansiedad y mejorar la precisión técnica en entornos simulados. Por lo que se espera una disminución de incidentes y errores en las primeras intervenciones clínicas beneficiando así al paciente.

9.9 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS:

1. **Impacto a largo plazo.** Explorar cómo el entrenamiento con Simodont® influye en la calidad del tratamiento endodóntico real realizado por los estudiantes durante prácticas clínicas prolongadas.
2. **Correlación aprendizaje–rendimiento.** Analizar la relación entre el tiempo de uso del simulador y los indicadores objetivos de rendimiento clínico posterior.
3. **Protocolos de entrenamiento.** Evaluar distintos diseños de programas (duración, frecuencia y tipo de ejercicios) para determinar cuál maximiza la eficacia formativa.
4. **Comparativas tecnológicas.** Confrontar Simodont® con otros métodos de simulación o tecnologías de realidad virtual en endodoncia para identificar ventajas y limitaciones relativas.
5. **Factores individuales.** Investigar cómo variables como la experiencia previa, el estilo de aprendizaje y la habilidad manual influyen en los beneficios del entrenamiento háptico.
6. **Coste-efectividad.** Evaluar la viabilidad económica de implantar simuladores en la formación odontológica frente a los métodos convencionales.

Esta investigación contribuye significativamente a la comprensión del papel de la simulación háptica en la educación en endodoncia. Simodont® tiene el potencial de mejorar la formación de los futuros profesionales de la odontología, preparándolos mejor para los desafíos de la práctica clínica y, en última instancia, beneficiando a los pacientes.

10. CONCLUSIÓN

- El entrenamiento previo con simulador háptico mejoró las habilidades técnicas y la calidad del tratamiento endodóntico en los estudiantes que practican con él antes de intervenir en pacientes.

- La práctica inicial con Simodont® mejoró significativamente la competencia endodóntica de los estudiantes, favoreciendo un aprendizaje más preciso y efectivo frente al método tradicional.

- La formación preliminar con simuladores hápticos aumenta la confianza de los estudiantes y reduce significativamente su ansiedad durante procedimientos endodónticos clínicos.

- Los estudiantes mostraron alta satisfacción con el Simodont® en aspectos clave. Sin embargo, la percepción de realismo háptico y la preferencia frente al diente artificial fueron más moderadas, indicando margen de mejora en fidelidad y transferencia clínica.

- Se precisaron en promedio 7 min 48 s de simulación (1 min 20 s de presión de pedal) para lograr una cavidad de acceso adecuada con Simodont®.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Gutmann JL, Witherspoon DE. Endodontics. In: Dean JA, Avery JK, McDonald RE, editors. McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. 10th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2016. p. 471–514.
2. Fasah E. Evolución de la endodoncia: innovaciones en instrumentación, irrigación y obturación. Actas de la SCT sobre Perspectivas e Innovaciones Interdisciplinarias. 2025;3:417.
3. Suebnukarn S, Hataidechadusadee R, et al. Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models. Int Endod J. 2011;44(11):983–989.
4. Coro-Montanet G, Pardo Monedero MJ, Sánchez Ituarte J, de la Hoz Calvo A. Training strategies for haptic and 3D simulators to improve the learning process in dentistry students. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(7):4081.
5. Leung AL-S, Yeung C, Chu S, Wong AW-Y, Yu OY, Chu C-H. Use of computer simulation in dental training with special reference to Simodont. Dent J (Basel). 2021;9(11):125.
6. Marras I, Nikolaidis N, Mikrogeorgis G, Lyroudia K, Pitas I. A virtual system for endodontic cavity preparation. J Dent Educ. 2009 Jan;73(1):101–109.
7. Vincent M, Joseph D, Amory C, Paoli N, Ambrosini P, Mortier E, et al. Contribution of haptic simulation to the analogical training environment in restorative dentistry. J Dent Educ. 2020 Jun;84(6):674–681.
8. Hamama H, Harrison KY, Murbay S. Advantages of using virtual reality in cariology education. BMC Med Educ. 2024;24(1):1051.
9. Sanadi RM, Ramteke KR. Haptics: simulation technology in dental education. Int J Recent Sci Res. 2017 Dec;8(12):22726–22729.

10. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Jittimanee P, Viratket P. Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition. *J Dent Educ*. 2011 Nov;75(11):1534–1542.
11. Coro-Montanet G, Suárez García A, Gómez Sánchez M, Gómez Polo F. Didactics for the Introduction and Use of Haptic Simulators with 3D Environments in Dental Education.
12. Koolivand H, Shooreshi MM, Safari Faramani R, Borji M, Siyah Mansoori M, Moradpoor H, et al. Comparison of the effectiveness of virtual reality-based education and conventional teaching methods in dental education: a systematic review. *BMC Med Educ*. 2024;24(1):8.
13. Kanwal L, Gulzar M, Idrees W, Ikram F, Sukhia RH, Fida M. The application of virtual reality and augmented reality in dentistry: a literature review. *J Pak Med Assoc*. 2023;73(Suppl 9):S81–S87.
14. Suebnukarn S, Chaisombat M, Kongpunwijit T, Rhienmora P. Construct validity and expert comparative assessment of a haptic virtual reality dental simulator. *J Dent Educ*. 2014 Aug;78(8):1167–1175.
15. Moussa R, Alghazaly A, Althagafi N, Eshky R, Borzangy S. Efficacy of virtual reality and interactive simulators in dental education outcomes: a systematic review. *Eur J Dent*. 2022;16(1):14–31.
16. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Jittimanee P, Viratket P. Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition. *J Dent Educ*. 2011 Nov;75(11):1534–1542.
17. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Gajananan K. Haptic virtual reality for skill acquisition in endodontics. *J Endod*. 2010 Jun;36(6):994–999.
18. Patil S, Bhandi S, Awan KH, Licari FW, Di Blasio M, Ronsivalle V, et al. Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students—a systematic review. *BMC Oral Health*. 2023 Oct 10;23:739.

19. Slaczka DM, Shah R, Liu C, Zou F, Karunanayake GA. Endodontic access cavity training using artificial teeth and Simodont® dental trainer: a comparison of student performance and acceptance. *Int Endod J*. 2024;00:1–9.
20. Spielberger CD. *Manual for the State–Trait Anxiety Inventory (STAI)*. Palo Alto (CA): Consulting Psychologists Press; 1983.
21. Wei Y, Peng Z. Application of Simodont virtual simulation system for preclinical teaching of access and coronal cavity preparation. *PLoS ONE*. 2024 Dec 13;19(12):e0315732.
22. Usta SN, Silva EJNL, Keskin C, Tekkanat H, Liukkonen M, Felszeghy S. A comparison of traditional and virtual reality haptic simulator approaches in preclinical endodontic training: impacts on skill acquisition, confidence and stress. *Int Endod J*. 2025 Apr 10.
23. Hsu MH, Chang YC. Dental students' perceptions of two immersive reality haptic dental simulators: A pilot study. *J Dent Sci*. 2025 Jan 3;20(2):1353-1354.
24. Caleyá AM, Martín-Vacas A, Mourelle-Martínez MR, de Nova-García MJ, Gallardo-López NE. Implementation of Virtual Reality in Preclinical Pediatric Dentistry Learning: A Comparison Between Simodont® and Conventional Methods. *Dent J*. 2025;13(2):51.
25. 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 Nov;30(6):791–797. Epub 2020 May 4.
26. Collet P, Tra R, Reitmann A, Valette S, Hoyek N, Maurin JC, Ducret M, Villat C, Santamaria J, Richert R. Spatial Abilities and Endodontic Access Cavity Preparation: Implications for Dental Education. *Eur J Dent Educ*. 2025 Feb;29(1):1–8.
27. Felszeghy S, Mutluay M, Liukkonen M, Flacco N, Bakr MM, Rampf S, et al. Benefits and challenges of the integration of haptics-enhanced virtual reality

training within dental curricula. J Dent Educ. 2024 Dec 17. Epub ahead of print.

28. 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 Nov;30(6):791–797. Epub 2020 May 4.
29. Bakr MM, Massey W, Alexander H. Students' evaluation of a 3DVR haptic device (Simodont®): does early exposure to haptic feedback during preclinical dental education enhance the development of psychomotor skills? Int J Dent Clin. 2014;6(2):1.
30. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Kugamoorthy G. Haptic virtual reality for skill acquisition in endodontics. J Endod. 2010 Jan;36(1):53-5.

12. ANEXOS

Documento de aprobación del comité de investigación (Anexo 1)



Comisión de Investigación

Villaviciosa de Odón, 24 de enero de
2025

Estimado/a investigador/a,

La Comisión de Investigación de la Escuela de Doctorado e Investigación, una vez revisada la documentación e información, remitida por el investigador responsable con fecha , relativa al proyecto abajo indicado, autoriza su desarrollo en la Universidad Europea.

Título del proyecto:	Impacto de los simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño y en la confianza de los estudiantes de Odontología en endodoncia.
Tipo de proyecto:	Proyecto-SIN financiación
Investigador/a responsable:	FLACCO- NICLA

Código CI:	2025-128
Código OTRI:	Sin especificar
Código Departamento:	Sin especificar
Dictamen:	APROBADO

Atentamente,



Fdo. Óscar García López

Director de la Escuela de Doctorado e Investigación

ci@universidadeuropea.es

Cuestionario de calibración de los participantes (Anexo 2)

Nombre:

Apellidos:

1- ¿Cuál es el efecto principal del hipoclorito de sodio de la irrigación en endodoncia?

- a) Lubricar el conducto
- b) Desinfectar y disolver tejido orgánico
- c) Sellar el conducto
- d) Expandir el conducto

2- ¿Cuál es el objetivo principal de la apertura cameral en endodoncia?

- a) Crear un acceso directo a la cámara pulpar y los conductos radiculares.
- b) Eliminar la caries dental.
- c) Eliminar la pulpa.
- d) Reducir la sensibilidad dental.

3- ¿Cuál es la principal complicación al realizar la apertura de un molar inferior?

- a) Perforación de la furca.
- b) Fractura de la corona.
- c) Desgaste excesivo de la cúspide.
- d) Pérdida de la vitalidad pulpar.

4- ¿Cuál es la técnica de instrumentación manual que implica el uso de limas de diferentes tamaños en una secuencia ascendente?

- a) Técnica de Step-back.
- b) Técnica de Crown-down.
- c) Técnica de Back-step.
- d) Técnica de Down-crown.

5- ¿Cuál es el propósito principal de la instrumentación manual en endodoncia?

- a) Sellar el conducto radicular.
- b) Eliminar tejido pulpar y dar forma al conducto.
- c) Obturar el conducto radicular.
- d) Ninguna de las anteriores.

6- ¿Cuántos conductos suele tener un primer molar superior?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

7- ¿Cómo es la apertura de un premolar superior?

- a) Redonda
- b) Elíptica
- c) Cuadrada
- d) Triangular

8- ¿Cuál sería el diagnóstico de un paciente que experimenta sensibilidad al frío y al calor, dolor durante la noche y dolor a la masticación?

- a) Pulpitis reversible.
- b) Pulpitis irreversible.
- c) Necrosis pulpar.
- d) Ninguna es correcta.

9- ¿En qué diente suele ser típico encontrar el segundo conducto mesio-vestibular?

- a) Primer molar superior.
- b) Segundo molar superior.
- c) Primer molar inferior.
- d) Segundo molar inferior.

10- ¿En presencia de qué fluido puede alterar los resultados el localizador de ápices?

- a) Sangre
- b) Saliva
- c) Hipoclorito
- d) Todas son correctas

Rúbrica de evaluación de endodoncias del programa de la UEV Ue Evalua (Anexo 3)

Nombre:

Apellidos:

Grupo control.

Grupo experimental.

		NOTA DEL 1-10
10%	Actitud	
	Interés/Esfuerzo	
90%	Diagnóstico clínico/rx	
	Conocimiento de la secuencia clínica, anatomía y materiales a utilizar.	
	Elección y organización del instrumental clínico.	
	Anestesia.	
	Apertura cameral.	
	Aislamiento.	
	Localización/permeabilización de los conductos.	
	Conformación de conductos.	
	Irrigación final/secado de conductos.	
	Obturación con gutapercha/cemento sellador/obturación provisional.	
	Rx final.	
	Anotación en la historia clínica de los procedimientos.	
	Entrega y explicación de las recomendaciones postendodoncia.	
NOTA FINAL SOBRE 10		

Cuestionario de satisfacción y percepción del estudiante sobre el Simodont® (Anexo 4)

Encuesta percepción/ satisfacción:

A continuación, encontrará una serie de afirmaciones. Por favor, marque con una X la opción que mejor refleje su opinión, donde **1** significa "Totalmente en desacuerdo" y **5** significa "Totalmente de acuerdo".

		1	2	3	4	5
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	El Simodont me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa / The Simodont trainer helped me visualize 3D anatomy of the pulp.					
2	La retroalimentación háptica del Simodont fue la misma que la de una pieza de mano real / The Simodont trainer haptic feedback was the same as a real life handpiece.					
3	Disfruté usando el Simodont / I enjoyed using the Simodont trainer.					
4	Prefiero el Simodont al diente artificial / I prefer the Simodont trainer over the artificial tooth.					
5	Recomendaría el Simodont a amigos/compañeros. / I would recommend Simodont trainer to my friends/ colleagues.					
6	Fue fácil adaptarse al uso del Simodont / It was easy to adapt to using the Simodont.					
7	El uso del Simodont ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes/ Using the Simodont has improved my confidence in dental procedures with patients.					
8	El nivel de realismo del Simodont es suficiente para simular escenarios clínicos reales / The level of realism of the Simodont is sufficient to simulate real clinical scenarios.					
9	¿Cuál de estas opciones de entrenamiento preclínico prefieres? / Which of these preclinical training options do you prefer? a. Solo fantoma / Phantom only b. Solo Simodont / Simodont only c. Una combinación de fantoma y Simodont / A combination of Phantom and Simodont.					
10	Por favor, deja un comentario sobre lo que te ha gustado, no te ha gustado o te gustaría mejorar del Simodont. Gracias / Please leave a comment about what you liked, didn't like, or would like to improve about the Simodont. Thank you.					

Slaczka DM, Shah R, Liu C, Zou F, Karunanayake GA. Endodontic access cavity training using artificial teeth and Simodont® dental trainer: A comparison of student performance and acceptance. Int Endod J. 2024;00:1–9. doi:10.1111/iej.14171.

Consentimiento informado (Anexo 5)

HOJA DE INFORMACIÓN

Título del estudio: Impacto de los simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño y en la confianza de los estudiantes de Odontología en endodoncia.

Promotor: No aplica

Investigadores: GERMÁN SÁNCHEZ HERRERA, NICLA FLACCO

Centro: UEV

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación que se va a realizar dentro del grado de odontología la Universidad Europea de Valencia, en el cual se le invita a participar. Este documento tiene por objeto que usted reciba la información correcta y necesaria para evaluar si quiere o no participar en el estudio. A continuación, le explicaremos de forma detallada todos los objetivos, beneficios y posibles riesgos del estudio. Si usted tiene alguna duda tras leer las siguientes aclaraciones, nosotros estaremos a su disposición para aclararle las posibles dudas. Finalmente, usted puede consultar su participación con las personas que considere oportuno.

¿Cuál es el objetivo de este estudio?

El estudio pretende evaluar si el uso de simuladores de realidad virtual háptica mejora las habilidades y seguridad de los estudiantes en endodoncia.

Resumen del estudio:

Este estudio investiga el efecto del uso de simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño clínico y la confianza de los estudiantes de Odontología en tratamientos de endodoncia. Compara a los estudiantes que realizan su entrenamiento práctico convencional con aquellos que incorporan simuladores en su formación. Se evalúan factores como habilidades técnicas, seguridad, confianza, niveles de ansiedad y ergonomía, poniendo especial énfasis en cómo el entrenamiento previo con el simulador influye en la adquisición de habilidades y en la percepción de los estudiantes sobre su aprendizaje.

Este texto tiene por objeto que usted reciba la información correcta y necesaria para evaluar si quiere o no participar en el estudio. A continuación, le explicaremos de forma detallada todos los objetivos, beneficios y posibles riesgos del estudio. Si usted tiene alguna duda tras leer las siguientes aclaraciones, nosotros estaremos a su disposición para aclararle las posibles dudas. Finalmente, usted puede consultar su participación con las personas que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA Y RETIRADA DEL ESTUDIO: La participación en este estudio es voluntaria, por lo que puede decidir no participar. En caso de que decida participar, puede retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento. En caso de que usted decidiera abandonar el estudio, puede hacerlo permitiendo el uso de los datos obtenidos hasta ese momento para la finalidad del estudio, o si fuera su voluntad, todos los registros y datos serán borrados de los ficheros informáticos.

¿Quién puede participar?

¿Cuáles son los posibles beneficios y riesgos derivados de mi participación? Es posible que usted no obtenga ningún beneficio directo por participar en el estudio. No obstante, se prevé que la información que se obtenga pueda beneficiar en un futuro alumno y pueda contribuir a realizar un cambio de pensamiento en el docente a la hora de preparar y dar sus clases. Al finalizar la investigación podrá ser informado, si lo desea, sobre los principales resultados y conclusiones generales del estudio. El estudio no supone ningún riesgo para su salud ya que para la toma adicional de los registros necesarios no se incurre en ninguna acción nociva ni perniciosa.

¿Quién tiene acceso a mis datos personales y como se protegen? El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. De acuerdo con lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse al investigador del estudio.

¿Recibiré algún tipo de compensación económica? No se prevé ningún tipo de compensación económica durante el estudio. Si bien, su participación en el estudio no le supondrá ningún gasto.

OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE: Si usted decide retirar el consentimiento para participar en este estudio, ningún dato nuevo será añadido a la base de datos y puede exigir la destrucción de sus datos y/o de todos los registros identificables, previamente retenidos, para evitar la realización de otros análisis. También debe saber que puede ser excluido del estudio si los investigadores del estudio lo consideran oportuno, ya sea por motivos de seguridad, por cualquier acontecimiento adverso que se produzca o porque consideren que no está cumpliendo con los procedimientos establecidos. En cualquiera de los casos, usted recibirá una explicación adecuada del motivo que ha ocasionado su retirada del estudio.

CALIDAD CIENTÍFICA Y REQUERIMIENTOS ÉTICOS DEL ESTUDIO: Este estudio ha sido sometido al registro de la Comisión de la Investigación de la Universidad Europea de Madrid, Valencia y Canarias, que vela por la calidad científica de los proyectos de investigación que se llevan a cabo en el centro. Cuando la investigación se hace con personas, esta Comisión vela por el cumplimiento de lo establecido en la Declaración de Helsinki y la normativa legal vigente sobre investigación biomédica (Ley 14/2007, de junio de investigación biomédica) y ensayos clínicos (R.D. 1090/2015 de 4 de diciembre, por el

que se regulan los ensayos clínicos con medicamentos).

PREGUNTAS: Llegando este momento le damos la oportunidad de que, si no lo ha hecho antes, haga las preguntas que considere oportunas. El equipo investigador le responderá lo mejor que sea posible.

INVESTIGADOR DEL ESTUDIO: Si tiene alguna duda sobre algún aspecto del estudio o le gustaría comentar algún aspecto de esta información, por favor no deje de preguntar al investigador: Germán Sánchez Herrera (german.sanchez@universidadeuropea.es). En caso de que una vez leída esta información y aclaradas las dudas decida participar en el estudio, deberá firmar su consentimiento informado. Este estudio ha sido registrado por la Comisión de la Investigación de la Universidad Europea de Madrid, Valencia y Canarias.

CONSENTIMIENTO INFORMADO:

D./D^a. _____, de _____ años,
con DNI _____ y domicilio en _____,
hago constar que he recibido una explicación satisfactoria sobre el procedimiento del
estudio, su finalidad, riesgos y beneficios.

He quedado satisfecho/a con la información recibida, la he comprendido, se me han
respondido todas mis dudas y comprendo que mi participación es voluntaria.

Presto mi consentimiento para el procedimiento propuesto y conozco mi derecho a
retirarlo cuando lo desee, con la única obligación de informar sobre mi decisión al
investigador responsable del estudio.

En Valencia, a día _____ de _____ de _____.

Firma y Nº de expediente del investigador

Firma y Nº de DNI del participante

*En casos de menores entre 12 y 18 años, debe hacerse una hoja por duplicado: una
para el menor (con el texto informativo adaptado a la comprensión y el trato
correspondientes a un adolescente) y otra para el representante legal de ese menor.
En caso de menores de 12 años, solo firma el consentimiento el representante legal. El
modelo para ambos casos varía en la primera línea y en la firma, del siguiente modo:

D./D^a. _____, de _____ años, con DNI _____,
representante legal de D./D^a. _____, de _____ años, con DNI _____,
(...)

Firma y Nº de DNI del representante legal del
paciente

State Trait Anxiety inventory (Anexo 6)

Nombre:

Apellidos:

- ☐ Grupo control.
☐ Grupo experimental.

ESTE CUESTIONARIO TIENE COMO OBJETIVO EVALUAR TU NIVEL DE ANSIEDAD ANTES DE REALIZAR UNA ENDODONCIA.

Lee cada afirmación y selecciona la respuesta adecuada para indicar cómo te sientes en este momento, es decir, en este preciso instante. No hay respuestas correctas ni incorrectas. No dediques demasiado tiempo a ninguna afirmación, sino que responde de acuerdo con lo que mejor describa tus sentimientos actuales.

	Nada en absoluto: 1 punto.	Un poco: 2 puntos.	Algo: 3 puntos.	Mucho: 4 puntos.	Puntos
1-Me siento tranquilo.					
2-Me siento seguro.					
3-Me siento tenso.					
4-Me siento agobiado					
5-Me siento a gusto.					
6-Me siento molesto.					
7-Actualmente me preocupo por posibles infortunios.					
8-Me siento satisfecho					
9-Me siento asustado					
10-Me siento incómodo.					
11-Me siento seguro de mí mismo.					
12-Me siento nervioso.					
13-Me siento inquieto					
14-Me siento indeciso					
15-Estoy relajado.					
16-Me siento contento					
17-Estoy preocupado					
18-Me siento confundido					
19-Me siento firme.					
20- Me siento bien.					
TOTAL:					

Spielberger CD. Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (STAI). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press; 1983.

CONSORT CHECKLIST (Anexo 7)

Título y resumen

- **1a. Identificación como “aleatorizado” en el título:** Portada (sin numerar).
- **1b. Resumen estructurado:** Resumen en pág. 1; Abstract en pág. 3.

Introducción

- **2a. Antecedentes y justificación:** pág. 7.
- **2b. Objetivos/hipótesis:** Justificación e hipótesis en pág. 21.

Métodos

- **3a. Diseño del estudio:** “Diseño del estudio” en pág. 24.
- **3b. Cambios en métodos tras inicio:** no se reportan cambios (sección Métodos en pág. 24).
- **4a. Centros y criterios de elegibilidad:** “Selección de la muestra” en pág. 24.
- **4b. Ubicación y momentos de recolección de datos:** descrito en “Diseño del estudio” y “Preparación de los estudiantes” (págs. 24 y 29).
- **5. Detalle de las intervenciones:** “Intervenciones” en pág. 30.
- **6a. Definición de variables de resultado:** “Presentación de datos y análisis estadístico” en pág. 32.
- **6b. Modificaciones de desenlaces:** no se realizaron (véase Métodos, págs. 24–32).
- **7a. Cálculo del tamaño muestral:** “Tamaño muestral y aleatorización” en pág. 24.
- **7b. Análisis interino o ajuste de tamaño:** no aplicable (no informado en Métodos, pág. 24).
- **8a. Generación de la secuencia aleatoria:** “Tamaño muestral y aleatorización” en pág. 24.
- **8b. Tipo y restricciones de aleatorización:** idem anterior, pág. 24.
- **9. Ocultación de la asignación:** no descrita explícitamente (Métodos, pág. 24).
- **10. Implementación (quién hizo qué):** “Tamaño muestral y aleatorización” en pág. 24.
- **11a. Enmascaramiento (blinding):** no se realizó (Métodos, pág. 24).
- **11b. Similitudes entre intervenciones:** se infiere en “Intervenciones” (pág. 30).
- **12a. Métodos estadísticos principales:** “Presentación de datos y análisis estadístico” en pág. 32.
- **12b. Métodos para análisis adicionales:** idem anterior, pág. 32.

Resultados

- **13a. Diagrama de flujo de participantes:** no figura específica; protocolo abreviado en pág. 30.

- **13b. Deserciones/exclusiones tras aleatorización:** no se detallan (Resultados, pág. 33).
- **14a. Períodos de reclutamiento y seguimiento:** descrito en Diseño/Métodos (págs. 24 y 29).
- **14b. Causas de finalización anticipada:** criterios de exclusión en pág. 24.
- **15. Características basales de los grupos:** cifras de n=15 por grupo y calibración en pág. 24.
- **16. N.º analizados en cada comparación:** n=15 en GC y GE (Métodos, pág. 24).
- **17a. Resultados para cada variable principal:** “Resultados” en pág. 33.
- **17b. Desenlaces binarios:** no aplica (Resultados, pág. 33).
- **18. Resultados de análisis secundarios/subgrupos:** ansiedad y satisfacción en págs. 34–35.
- **19. Efectos adversos:** no reportados.

Discusión

- **20. Limitaciones del estudio:** Discusión, págs. 40–44.
- **21. Generalización de los hallazgos:** implicaciones en pág. 45.
- **22. Interpretación equilibrada:** Conclusión en pág. 47.

Otros

- **23. Registro del ensayo:** aprobación comité (Anexo 1) en pág. 51.
- **24. Acceso al protocolo completo:** no disponible explícitamente; se refiere a Anexo 1 (pág. 51).
- **25. Fuentes de financiación y rol de patrocinadores:** no se menciona una financiación específica.

Declaración detallada del uso de IA (Anexo 8)

Con el fin de garantizar la calidad lingüística y cumplir con las directrices de transparencia académica de la Universidad, se ha empleado inteligencia artificial exclusivamente como apoyo en aspectos formales del texto.

Herramienta:

ChatGPT o4-mini-high, OpenAI.

Funciones:

- Mejora de redacción y estilo en frases puntuales.
- Búsqueda de sinónimos para enriquecer el léxico.
- Revisión y corrección de ortografía, gramática y fluidez.
- Traducción de fragmentos seleccionados del español al inglés para el artículo científico.

Exclusión:

- No se utilizó IA para la generación de ideas, hipótesis, datos experimentales ni conclusiones.

Prompts:

1. “Mejora la redacción de esta frase” – para pulir estilo y estructura.
2. “Sugiere sinónimos de [término]” – para diversificar el vocabulario.
3. “Traduce el siguiente texto al inglés” – para adaptar secciones al artículo científico.
4. “Revisa gramática y fluidez” – para optimizar coherencia y claridad.

Enlace:

<https://chatgpt.com>

IMPACTO DEL SIMULADOR HÁPTICO SIMODONT® EN EL DESEMPEÑO CLÍNICO Y EN LA CONFIANZA DE LOS ESTUDIANTES DE ODONTOLOGÍA EN ENDODONCIA: UN ESTUDIO COMPARATIVO.

Autores:

Fernando José Alfaro-Ochoa¹, Germán Sánchez-Herrera²

1. Estudiante de 5º curso del grado de Odontología en la Universidad Europea de Valencia, Valencia, España.
2. Profesor del Departamento de Odontología Clínica. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Europea de Valencia

CORRESPONDENCIA:

Germán Sánchez-Herrera

Paseo Alameda 7, Valencia 46010, Valencia

GERMAN.SANCHEZ@universidadeuropea.es

Introducción: La endodoncia ha evolucionado de procedimientos rudimentarios a protocolos de alta precisión gracias a las tecnologías de simulación. La realidad virtual háptica ofrece un entorno controlado, repetible y libre de riesgos para que los estudiantes practiquen sin depender de dientes extraídos ni de la supervisión continua del tutor. El simulador Simodont® integra visualización 3D, retroalimentación táctil y métricas objetivas, lo que permite perfeccionar habilidades manuales, disminuir la ansiedad asociada a los primeros procedimientos y reforzar la confianza clínica de los futuros odontólogos.

Material y Métodos: Se diseñó un estudio comparativo de intervención, en el que 30 alumnos de 5.º curso de Odontología de la Universidad Europea de Valencia se asignaron aleatoriamente a: Grupo Control (n=15): prácticas clínicas de endodoncia en premolares de pacientes y Grupo Experimental (n=15): mismas prácticas, precedidas de entrenamiento en Simodont® centradas en apertura cameral.

Resultados: Los resultados muestran que el grupo experimental alcanzó una puntuación media global en la rúbrica de endodoncia de 8,7 frente a 7,3 del grupo control ($p < 0,05$), con mejores resultados en apertura cameral (8,0 vs. 6,3) y media de parámetros específicos (8,6 vs. 7,2). Además, la ansiedad medida con el STAI se redujo significativamente de 50,53 puntos antes del entrenamiento a 34,53 tras él ($p < 0,05$). La duración media de cada sesión de simulación fue de 7 min 48 s, con 1 min 20 s de presión de pedal, y el 86,7 % de los participantes prefería un modelo combinado que integrase dientes reales y Simodont®.

Conclusión: El entrenamiento con Simodont® potencia de forma notable las destrezas endodónticas, disminuye la ansiedad y refuerza la confianza de los estudiantes frente a la metodología tradicional; pese a su alta aceptación, la retroalimentación táctil precisa aún debe perfeccionarse y se aconseja combinar simulación virtual con prácticas en dientes reales, siendo suficientes alrededor de ocho minutos de simulador para lograr una apertura cameral básica.

Palabras clave: Endodoncia, simulación, Simodont®, simulación virtual, realidad virtual, simulación háptica, apertura endodoncia.

Introducción

La endodoncia es una especialidad dentro de la odontología dedicada al estudio y tratamiento de las afecciones de la pulpa dental y los tejidos perirradiculares. Esta disciplina abarca desde la biología de la pulpa normal hasta el diagnóstico y tratamiento de enfermedades que comprometen tanto los conductos radiculares como los tejidos circundantes (1). Su propósito es preservar los dientes dañados mediante la eliminación de la pulpa infectada y su posterior sellado. La importancia de esta especialidad radica en su capacidad para salvar dientes que, de otro modo, serían extraídos, contribuyendo a la salud bucal y a la mejora de la calidad de vida del paciente (2).

Uno de los principales desafíos que enfrentan los programas de formación odontológica es la escasez de dientes extraídos y las implicaciones éticas que conlleva la práctica en pacientes reales. En la actualidad, la formación de habilidades clínicas en procedimientos complejos como la endodoncia depende en gran medida de la práctica con dientes extraídos o modelos, lo que a menudo limita el número de estudiantes que pueden practicar adecuadamente. Además, la interacción entre estudiantes y profesores es limitada, lo que dificulta una retroalimentación individualizada y eficiente (3, 4). Por otro lado, los métodos tradicionales de simulación, como las cabezas de maniquí, no ofrecen la misma sensación de realismo que la práctica clínica, lo que puede generar deficiencias en la preparación de los estudiantes para enfrentar casos reales (4, 5).

La integración de simuladores de realidad virtual (RV) y tecnología háptica en la formación odontológica emerge como una solución innovadora para superar estas limitaciones. Los simuladores de RV permiten a los estudiantes practicar procedimientos de endodoncia en un entorno seguro y controlado, sin riesgo para los pacientes y con la posibilidad de repetir las prácticas tantas veces como sea necesario (5, 6). La retroalimentación háptica, que reproduce la sensación táctil durante la ejecución de procedimientos, añade un nivel de realismo crucial para el aprendizaje efectivo (7). Estas tecnologías no solo mejoran las habilidades psicomotoras de los estudiantes, sino que también permiten una evaluación más objetiva de su desempeño, facilitando la identificación de áreas de mejora (6, 8).

El objetivo de este estudio es evaluar la efectividad de los simuladores de RV háptica, como Simodont®, en la mejora de las habilidades clínicas de los estudiantes de odontología en procedimientos de endodoncia. Para esto, se comparará la destreza y la calidad del tratamiento endodóntico entre estudiantes que han utilizado simuladores de RV y aquellos que solo han practicado con pacientes reales en un entorno clínico (4, 9). Este enfoque permitirá determinar si el uso de simuladores previos mejora la precisión de procedimientos clave, como la apertura cameral, la conformación y la obturación de los conductos, y si influye en factores como la confianza, la ansiedad y la satisfacción de los estudiantes durante la práctica clínica.

Este estudio también contribuirá al debate sobre la integración de tecnologías avanzadas en la educación odontológica, proporcionando una base empírica sobre los beneficios y limitaciones de los simuladores hápticos en la formación de dentistas (8, 9).

Materiales y Métodos

El estudio comparativo de intervención obtuvo la aprobación de la Comisión de Investigación de la Universidad Europea de Valencia el 24 de enero de 2025 (código 2025-128; Anexo 1). Se reclutaron de forma voluntaria 86 estudiantes de 5.º curso de Odontología matriculados en la asignatura Prácticum mediante envío de correo electrónico, de los cuales los primeros 30 en inscribirse y que cumplían criterios de inclusión (sin experiencia previa en endodoncia clínica) aceptaron participar y firmaron el consentimiento informado (Anexo 5). Aquellos que no completaron el tratamiento por ausencia del paciente o fractura dental fueron excluidos del análisis.

Para calibrar el nivel inicial de conocimientos en endodoncia, todos los participantes respondieron un cuestionario de 10 ítems (Anexo 2), cuyas puntuaciones (1–10) se registraron en Microsoft Excel junto a los nombres de los alumnos. Tras ordenar los resultados de mayor a menor, los alumnos en posiciones pares se asignaron al grupo control (GC; $n = 15$) y los de posiciones impares al grupo experimental (GE; $n = 15$). El GC realizó sus prácticas

directamente en la Clínica Universitaria Odontológica (CUO), mientras que el GE completó previamente tres intentos de apertura de conductos en simulador de realidad virtual háptica Simodont® (Nissin, Países Bajos), siguiendo un protocolo de entrenamiento impartido.

Ambos grupos utilizaron equipo de protección individual y el mismo instrumental clínico. Además, se emplearon la rúbrica de evaluación Ue Valua (Anexo 3) y el cuestionario de satisfacción sobre Simodont® (Anexo 4) (10), así como el State-Trait Anxiety Inventory (Anexo 6) (11) para medir la ansiedad en el GE antes y después del entrenamiento.

El protocolo de intervención incluyó dos sesiones de endodoncia en pacientes para ambos grupos, mientras que el GE añadió una fase de formación en el uso del simulador, impartida en cuatro subgrupos (tres de cuatro y uno de tres participantes) y centrada en perforaciones de premolares (Figura 1). El Simodont® registró automáticamente el tiempo invertido en cada intento, datos que sirvieron para la evaluación cuantitativa del desempeño. Tras las prácticas, dos evaluadores independientes (un profesor de endodoncia y un alumno de 5.º curso) valoraron la calidad de las endodoncias en pacientes mediante la rúbrica Ue Valua.

Los resultados se expresaron como media $\pm$ desviación estándar. La normalidad de los datos se comprobó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y las comparaciones entre grupos se realizaron con ANOVA seguido de la prueba de Bonferroni para múltiples comparaciones o t de Student para comparaciones pareadas; cuando fue necesario se emplearon pruebas no paramétricas según el tipo de variable (GraphPad Prism v.9). Se consideraron significativos los valores de $p < 0,05$.

Resultados

Impacto del entrenamiento con Simodont® en endodoncia.

Para valorar la efectividad del simulador háptico Simodont® en la adquisición de habilidades endodónticas, se utilizó una rúbrica estructurada en cuatro parámetros técnicos (apertura cameral, localización/permeabilización de conductos, conformación y obturación con gutapercha), además de un apartado global que sumaba todas estas secciones. Los resultados se muestran en la **Figura 2**, distribuida en tres paneles:

- **Figura 2A. Puntuación global de la rúbrica.**

Cada barra refleja la puntuación total obtenida por los estudiantes; sobre ellas, los puntos individuales muestran la variabilidad entre alumnos. El grupo experimental —que completó previamente al test una fase de entrenamiento con Simodont®— alcanzó una media de **8,7** puntos, mientras que el grupo control, sin dicho entrenamiento, se quedó en **7,3**. Esta diferencia de **1,4 puntos** en la valoración global resultó **estadísticamente significativa** ($p < 0,05$), lo que sugiere que la práctica con el simulador mejora la ejecución general de la técnica endodóntica.

- **Figura 2B. Apertura cameral.**

A fin de aislar la habilidad para acceder correctamente a la cámara pulpar, se analizó únicamente este ítem. Los estudiantes entrenados con Simodont® obtuvieron una media de **8,0**, frente a **6,3** del grupo control. La diferencia de **1,7 puntos** fue **estadísticamente significativa** ($p < 0,05$), indicando que la fase de simulación háptica potencia de forma notable la destreza en la apertura inicial.

- **Figura 2C. Media de parámetros específicos de endodoncia.**

En este gráfico se combinan las calificaciones medias de los cuatro subapartados técnicos. El grupo experimental logró una media de **8,6**, mientras que el control obtuvo **7,2**, reflejando una mejora de **1,4 puntos** tras el entrenamiento en Simodont®. De nuevo, la mayor puntuación del grupo experimental fue **significativa** ($p < 0,05$).

Influencia de Simodont® sobre la ansiedad

Para examinar el efecto del simulador en el estado emocional de los alumnos, se utilizó el **State–Trait Anxiety Inventory (STAI)**, un cuestionario estándar cuyas puntuaciones oscilan de 0 (ausencia de ansiedad) a 80 (ansiedad máxima). Los resultados se presentan en la **Figura 3**:

- **Condición “Experimental PRE”**: puntuaciones tomadas **antes** de cualquier práctica en Simodont®, con una media de **50,53** puntos.
- **Condición “Experimental POST”**: puntuaciones tras completar el entrenamiento en Simodont® y realizar la endodoncia, con una media de **34,53** puntos.

La reducción de **16 puntos** en la media de ansiedad fue **estadísticamente significativa** ($p < 0,05$), como indica el asterisco sobre la barra correspondiente al grupo POST. Además de la media, los puntos individuales dispuestos sobre cada barra reflejan una disminución generalizada de la ansiedad en prácticamente todos los participantes. Este hallazgo sugiere que el uso del simulador háptico contribuye a que los estudiantes afronten la práctica real con una sensación de menor tensión y mayor familiaridad con la técnica.

Análisis de la satisfacción tras el uso de Simodont®

Se administró a los alumnos una encuesta basada en una escala tipo Likert (1 = “Totalmente en desacuerdo” a 5 = “Totalmente de acuerdo”) para evaluar distintos aspectos percibidos del simulador. Las respuestas se plasmaron en ocho diagramas circulares (Figuras 4A–4H), cada uno correspondiente a una afirmación concreta:

- **Figura 4A (“Simodont® me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa”)**.

El **80 %** de los estudiantes se mostró de acuerdo o totalmente de acuerdo (46,6 % y 33,3 %, respectivamente), mientras que solo un **13,4 %** se posicionó en categorías negativas o neutrales (6,7 % “Totalmente en desacuerdo”, 6,7 % “En desacuerdo” y 6,7 % “Indeciso”).

- **Figura 4B (“La retroalimentación háptica del Simodont® fue la misma que la de una pieza de mano real”)**.

Aquí predominan las opiniones críticas: el **40 %** respondió “En desacuerdo” y un **33,3 %** se mostró indeciso. Solo un **20 %** global se

inclinó por calificaciones positivas (13,3 % “De acuerdo” y 6,7 % “Totalmente de acuerdo”).

- **Figura 4C (“Disfruté usando el Simodont®”).**

La diversión percibida es elevada: un **80 %** de respuestas en “De acuerdo” (46,7 %) o “Totalmente de acuerdo” (33,3 %), con apenas un **13,3 %** de indecisos y un **6,7 %** totalmente en desacuerdo.

- **Figura 4D (“Prefiero el Simodont® al diente artificial”).**

La preferencia por el simulador frente al modelo tradicional fue más dividida: un **53,3 %** en categorías de desacuerdo (33,3 % “Totalmente en desacuerdo” y 20 % “En desacuerdo”), frente a un **26,7 %** a favor (20 % “Totalmente de acuerdo” y 6,7 % “De acuerdo”) y un **20 %** indeciso.

- **Figura 4E (“Recomendaría el Simodont® a amigos/compañeros”).**

Alta disposición a recomendarlo: el **80 %** de los encuestados (60 % “De acuerdo” y 20 % “Totalmente de acuerdo”) y solo un **20 %** en “En desacuerdo”.

- **Figura 4F (“Fue fácil adaptarse al uso del Simodont®”).**

La gran mayoría confirmó una adaptación sin dificultades: un **60 %** en categorías positivas, un **33,3 %** indeciso y apenas un **6,7 %** en desacuerdo.

- **Figura 4G (“El uso de Simodont® ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes”).**

Un **66,7 %** de respuestas positivas (53,4 % “De acuerdo”, 13,3 % “Totalmente de acuerdo”), con un **20 %** indecisos y un **13,3 %** en desacuerdo.

- **Figura 4H (“El nivel de realismo del Simodont® es suficiente para simular escenarios clínicos reales”).**

Un **46,6 %** se mostró de acuerdo y un **26,7 %** indeciso; el **26,7 %** restante juzgó insuficiente el realismo (20 % “En desacuerdo”, 6,7 % “Totalmente en desacuerdo”).

Además, la **Figura 4I** representa la preferencia de los estudiantes entre tres modalidades de entrenamiento preclínico:

- **Opción A (dientes naturales):** 13,3 %
- **Opción B (solo Simodont®):** 0 %
- **Opción C (combinación de ambos):** 86,7 %

Esto revela que la gran mayoría valora un enfoque mixto, combinando la práctica con piezas reales y la simulación háptica para maximizar el aprendizaje.

Tiempo de uso de simulador para cavidad de acceso.

En la **Tabla 1** se recogen dos métricas temporales clave, expresadas en segundos (y su equivalente en minutos entre paréntesis) junto al error estándar de la media (SEM):

- El **tiempo total** (desde el inicio de la preparación hasta su finalización) fue, de media, **7 min 48 s**, con una variabilidad (SEM) de casi **1 min**.
- El **tiempo de presión** (duración efectiva de contacto y corte con el instrumento) se situó alrededor de **1 min 20 s**, con un SEM de menos de **10 s**.

Estos datos cuantitativos permiten dimensionar el esfuerzo temporal requerido en la fase de aprendizaje con Simodont® y la consistencia entre alumnos, dado el relativamente bajo SEM en el tiempo de presión.

El entrenamiento mediante Simodont® demuestra un **impacto positivo** en la adquisición de competencias endodónticas, tanto a nivel global como en cada parámetro técnico medido. Además, al reducir la ansiedad previa al procedimiento real y generar altos niveles de satisfacción en aspectos clave (visualización anatómica, confianza y recomendación), el simulador se perfila como una herramienta eficaz para la formación preclínica. Sin embargo, las percepciones mixtas en cuanto al realismo háptico y la preferencia por un sistema combinado indican que, si bien la simulación aporta grandes beneficios, debe complementarse con la práctica en modelos tradicionales para optimizar la experiencia de aprendizaje.

Discusión

Mejora de la competencia técnica.

El grupo que entrenó con Simodont® obtuvo puntuaciones medias superiores en la rúbrica global de endodoncia (8,7 vs. 7,3), en apertura cameral (8,0 vs. 6,3) y en parámetros específicos (8,6 vs. 7,2), todas con significación estadística ($p < 0,05$). Esto se atribuye a la retroalimentación tridimensional y háptica, que facilita

el aprendizaje de la anatomía pulpar y los movimientos instrumentales básicos (12).

Reducción de la ansiedad y aumento de la confianza.

La puntuación media en el inventario de ansiedad STAI cayó de 50,53 en la fase previa a 34,53 tras el entrenamiento, es decir, una disminución de 16 puntos ($p < 0,05$). De este modo, el simulador no solo perfecciona habilidades técnicas, sino que también familiariza al alumno con el entorno de trabajo, reduciendo el estrés inicial en endodoncia (13).

Percepción y satisfacción de los estudiantes.

La mayoría valoró positivamente la visualización 3D de la pulpa (80 %), la facilidad de adaptación (60 %) y el aumento de confianza en pacientes (66,7 %) (14). No obstante, solo un 20 % consideró la retroalimentación háptica equivalente a una pieza de mano real y un 26,7 % la juzgó insuficiente, lo que apunta a la necesidad de mejorar el realismo táctil (15). El 86,7 % prefirió un modelo combinado con dientes artificiales tradicionales, reafirmando un enfoque híbrido de enseñanza (16).

Eficiencia temporal en apertura de cavidad.

El tiempo medio de simulación fue de 468,1 s (≈ 7 min 48 s) y el de presión de pedal de 80,2 s (≈ 1 min 20 s). Estos resultados sugieren que un bloque de práctica de 8 min puede ser suficiente para adquirir competencia básica, mejorando la eficiencia respecto a otras series que reportan $\approx 9,6 \pm 3,6$ min por cavidad (17).

Perspectivas futuras.

Este estudio, al igual que Felszeghy et al. (18), confirma que Simodont® sirve de puente entre teoría y práctica, mejorando técnica y reduciendo ansiedad. Sin embargo, coincidiendo con Zafar et al. (19), advierte la necesidad de optimizar la fidelidad háptica, y, según Bakr et al. (20), insiste en mantener la integración con métodos tradicionales.

Limitaciones del estudio.

- **Alcance de la muestra:** un único centro y tamaño limitado, por lo que hacen falta estudios multicéntricos.
- **Temporalidad:** evaluación solo tras una sesión inicial; sería útil medir retención a medio-largo plazo con diseños longitudinales.
- **Subjetividad:** algunas métricas (satisfacción, percepción háptica) son autoevaluaciones; conviene complementarlas con datos objetivos (p. ej., análisis cinemáticos o sensores de fuerza).

Implicaciones educativas y clínicas.

Se recomienda un modelo híbrido que combine realidad virtual háptica y dientes naturales para optimizar la curva de aprendizaje, así como evaluar en futuros trabajos el impacto sobre el rendimiento clínico real de los estudiantes antes de tratar pacientes.

Beneficios para la seguridad del paciente.

Al reducir la ansiedad y mejorar la precisión técnica en entornos simulados, se espera una disminución de incidentes y errores en las primeras intervenciones clínicas (21).

Líneas de investigación futuras.

- Evaluar el impacto a largo plazo en la calidad del tratamiento endodóntico real.
- Analizar la correlación entre tiempo de uso del simulador e indicadores objetivos de rendimiento clínico.
- Comparar distintos protocolos de entrenamiento (duración, frecuencia, tipo de ejercicios).
- Confrontar Simodont® con otras tecnologías de simulación en endodoncia.
- Investigar factores individuales (experiencia previa, estilo de aprendizaje, habilidad manual).
- Estudiar la relación coste-efectividad de implantar simuladores frente a métodos convencionales.

En conjunto, estos hallazgos respaldan que Simodont® es un complemento valioso en la formación preclínica de endodoncia, con potencial para mejorar competencias y favorecer una transición más segura y eficiente hacia la práctica real.

Conclusión:

- El entrenamiento previo con simulador háptico mejoró las habilidades técnicas y la calidad del tratamiento endodóntico en los estudiantes que practican con él antes de intervenir en pacientes.
- La práctica inicial con Simodont® mejoró significativamente la competencia endodóntica de los estudiantes, favoreciendo un aprendizaje más preciso y efectivo frente al método tradicional.
- La formación preliminar con simuladores hápticos aumenta la confianza de los estudiantes y reduce significativamente su ansiedad durante procedimientos endodónticos clínicos.
- Los estudiantes mostraron alta satisfacción con el Simodont® en aspectos clave. Sin embargo, la percepción de realismo háptico y la preferencia frente al diente artificial fueron más moderadas, indicando margen de mejora en fidelidad y transferencia clínica.
- Se precisaron en promedio 7 min 48 s de simulación (1 min 20 s de presión de pedal) para lograr una cavidad de acceso adecuada con Simodont®.

Bibliografía

1. Gutmann JL, Witherspoon DE. Endodontics. In: Dean JA, Avery JK, McDonald RE, editors. McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. 10th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2016. p. 471–514.
2. Fasah E. Evolución de la endodoncia: innovaciones en instrumentación, irrigación y obturación. Actas de la SCT sobre Perspectivas e Innovaciones Interdisciplinarias. 2025;3:417.
3. Coro-Montanet G, Pardo Monedero MJ, Sánchez Ituarte J, de la Hoz Calvo A. Training strategies for haptic and 3D simulators to improve the learning process in dentistry students. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(7):4081.
4. Leung AL-S, Yeung C, Chu S, Wong AW-Y, Yu OY, Chu C-H. Use of computer simulation in dental training with special reference to Simodont. Dent J (Basel). 2021;9(11):125.
5. Vincent M, Joseph D, Amory C, Paoli N, Ambrosini P, Mortier E, et al. Contribution of haptic simulation to the analogical training environment in restorative dentistry. J Dent Educ. 2020 Jun;84(6):674–681.
6. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Jittimanee P, Viratket P. Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition. J Dent Educ. 2011 Nov;75(11):1534–1542.
7. Coro-Montanet G, Suárez García A, Gómez Sánchez M, Gómez Polo F. Didactics for the Introduction and Use of Haptic Simulators with 3D Environments in Dental Education.
8. Moussa R, Alghazaly A, Althagafi N, Eshky R, Borzangy S. Efficacy of virtual reality and interactive simulators in dental education outcomes: a systematic review. Eur J Dent. 2022;16(1):14–31.

9. Patil S, Bhandi S, Awan KH, Licari FW, Di Blasio M, Ronsivalle V, et al. Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students—a systematic review. *BMC Oral Health*. 2023 Oct 10;23:739.
10. Slaczka DM, Shah R, Liu C, Zou F, Karunanayake GA. Endodontic access cavity training using artificial teeth and Simodont® dental trainer: a comparison of student performance and acceptance. *Int Endod J*. 2024;00:1–9.
11. Spielberger CD. Manual for the State–Trait Anxiety Inventory (STAI). Palo Alto (CA): Consulting Psychologists Press; 1983.
12. Wei Y, Peng Z. Application of Simodont virtual simulation system for preclinical teaching of access and coronal cavity preparation. *PLoS ONE*. 2024 Dec 13;19(12):e0315732.
13. Usta SN, Silva EJNL, Keskin C, Tekkanat H, Liukkonen M, Felszeghy S. A comparison of traditional and virtual reality haptic simulator approaches in preclinical endodontic training: impacts on skill acquisition, confidence and stress. *Int Endod J*. 2025 Apr 10.
14. Hsu MH, Chang YC. Dental students' perceptions of two immersive reality haptic dental simulators: A pilot study. *J Dent Sci*. 2025 Jan 3;20(2):1353-1354.
15. Caleyá AM, Martín-Vacas A, Mourelle-Martínez MR, de Nova-García MJ, Gallardo-López NE. Implementation of Virtual Reality in Preclinical Pediatric Dentistry Learning: A Comparison Between Simodont® and Conventional Methods. *Dent J*. 2025;13(2):51.
16. 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 Nov;30(6):791–797. Epub 2020 May 4.

17. Collet P, Tra R, Reitmann A, Valette S, Hoyek N, Maurin JC, Ducret M, Villat C, Santamaria J, Richert R. Spatial Abilities and Endodontic Access Cavity Preparation: Implications for Dental Education. *Eur J Dent Educ*. 2025 Feb;29(1):1–8.
18. Felszeghy S, Mutluay M, Liukkonen M, Flacco N, Bakr MM, Rampf S, et al. Benefits and challenges of the integration of haptics-enhanced virtual reality training within dental curricula. *J Dent Educ*. 2024 Dec 17. Epub ahead of print.
19. 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 Nov;30(6):791–797. Epub 2020 May 4.
20. Bakr MM, Massey W, Alexander H. Students' evaluation of a 3DVR haptic device (Simodont®): does early exposure to haptic feedback during preclinical dental education enhance the development of psychomotor skills? *Int J Dent Clin*. 2014;6(2):1.
21. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Kugamoorthy G. Haptic virtual reality for skill acquisition in endodontics. *J Endod*. 2010 Jan;36(1):53-5.

ANEXOS

Documento de aprobación del comité de investigación (Anexo 1)



Comisión de Investigación

Villaviciosa de Odón, 24 de enero de
2025

Estimado/a investigador/a,

La Comisión de Investigación de la Escuela de Doctorado e Investigación, una vez revisada la documentación e información, remitida por el investigador responsable con fecha , relativa al proyecto abajo indicado, autoriza su desarrollo en la Universidad Europea.

Título del proyecto:	Impacto de los simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño y en la confianza de los estudiantes de Odontología en endodoncia.
Tipo de proyecto:	Proyecto-SIN financiación
Investigador/a responsable:	FLACCO- NICLA
Código CI:	2025-128
Código OTRI:	Sin especificar
Código Departamento:	Sin especificar
Dictamen:	APROBADO

Atentamente,



Fdo. Óscar García López

Director de la Escuela de Doctorado e Investigación

ci@universidadeuropea.es

Cuestionario de calibración de los participantes (Anexo 2)

Nombre:

Apellidos:

11- ¿Cuál es el efecto principal del hipoclorito de sodio de la irrigación en endodoncia?

- a) Lubricar el conducto
- b) Desinfectar y disolver tejido orgánico
- c) Sellar el conducto
- d) Expandir el conducto

12- ¿Cuál es el objetivo principal de la apertura cameral en endodoncia?

- a) Crear un acceso directo a la cámara pulpar y los conductos radiculares.
- b) Eliminar la caries dental.
- c) Eliminar la pulpa.
- d) Reducir la sensibilidad dental.

13- ¿Cuál es la principal complicación al realizar la apertura de un molar inferior?

- a) Perforación de la furca.
- b) Fractura de la corona.
- c) Desgaste excesivo de la cúspide.
- d) Pérdida de la vitalidad pulpar.

14- ¿Cuál es la técnica de instrumentación manual que implica el uso de limas de diferentes tamaños en una secuencia ascendente?

- a) Técnica de Step-back.
- b) Técnica de Crown-down.
- c) Técnica de Back-step.
- d) Técnica de Down-crown.

15- ¿Cuál es el propósito principal de la instrumentación manual en endodoncia?

- a) Sellar el conducto radicular.
- b) Eliminar tejido pulpar y dar forma al conducto.
- c) Obturar el conducto radicular.
- d) Ninguna de las anteriores.

16- ¿Cuántos conductos suele tener un primer molar superior?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

17- ¿Cómo es la apertura de un premolar superior?

- a) Redonda
- b) Elíptica
- c) Cuadrada
- d) Triangular

18- ¿Cuál sería el diagnóstico de un paciente que experimenta sensibilidad al frío y al calor, dolor durante la noche y dolor a la masticación?

- a) Pulpitis reversible.
- b) Pulpitis irreversible.
- c) Necrosis pulpar.
- d) Ninguna es correcta.

19- ¿En qué diente suele ser típico encontrar el segundo conducto mesio-vestibular?

- a) Primer molar superior.
- b) Segundo molar superior.
- c) Primer molar inferior.
- d) Segundo molar inferior.

20- ¿En presencia de qué fluido puede alterar los resultados el localizador de ápices?

- a) Sangre
- b) Saliva
- c) Hipoclorito
- d) Todas son correctas

Rúbrica de evaluación de endodoncias del programa de la UEV Ue Evalua (Anexo 3)

Nombre:

Apellidos:

Grupo control.

Grupo experimental.

		NOTA DEL 1-10
10%	Actitud	
	Interés/Esfuerzo	
90%	Diagnóstico clínico/rx	
	Conocimiento de la secuencia clínica, anatomía y materiales a utilizar.	
	Elección y organización del instrumental clínico.	
	Anestesia.	
	Apertura cameral.	
	Aislamiento.	
	Localización/permeabilización de los conductos.	
	Conformación de conductos.	
	Irrigación final/secado de conductos.	
	Obturación con gutapercha/cemento sellador/obturación provisional.	
	Rx final.	
	Anotación en la historia clínica de los procedimientos.	
	Entrega y explicación de las recomendaciones postendodoncia.	
NOTA FINAL SOBRE 10		

Cuestionario de satisfacción y percepción del estudiante sobre el Simodont® (Anexo 4)

Encuesta percepción/ satisfacción:

A continuación, encontrará una serie de afirmaciones. Por favor, marque con una X la opción que mejor refleje su opinión, donde **1** significa "Totalmente en desacuerdo" y **5** significa "Totalmente de acuerdo".

		1	2	3	4	5
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	El Simodont me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa / The Simodont trainer helped me visualize 3D anatomy of the pulp.					
2	La retroalimentación háptica del Simodont fue la misma que la de una pieza de mano real / The Simodont trainer haptic feedback was the same as a real life handpiece.					
3	Disfruté usando el Simodont / I enjoyed using the Simodont trainer.					
4	Prefiero el Simodont al diente artificial / I prefer the Simodont trainer over the artificial tooth.					
5	Recomendaría el Simodont a amigos/compañeros. / I would recommend Simodont trainer to my friends/ colleagues.					
6	Fue fácil adaptarse al uso del Simodont / It was easy to adapt to using the Simodont.					
7	El uso del Simodont ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes/ Using the Simodont has improved my confidence in dental procedures with patients.					
8	El nivel de realismo del Simodont es suficiente para simular escenarios clínicos reales / The level of realism of the Simodont is sufficient to simulate real clinical scenarios.					
9	¿Cuál de estas opciones de entrenamiento preclínico prefieres? / Which of these preclinical training options do you prefer? a. Solo fantoma / Phantom only b. Solo Simodont / Simodont only c. Una combinación de fantoma y Simodont / A combination of Phantom and Simodont.					
10	Por favor, deja un comentario sobre lo que te ha gustado, no te ha gustado o te gustaría mejorar del Simodont. Gracias / Please leave a comment about what you liked, didn't like, or would like to improve about the Simodont. Thank you.					

Slaczka DM, Shah R, Liu C, Zou F, Karunanayake GA. Endodontic access cavity training using artificial teeth and Simodont® dental trainer: A comparison of student performance and acceptance. Int Endod J. 2024;00:1–9. doi:10.1111/iej.14171.

Consentimiento informado (Anexo 5)

HOJA DE INFORMACIÓN

Título del estudio: Impacto de los simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño y en la confianza de los estudiantes de Odontología en endodoncia.

Promotor: No aplica

Investigadores: GERMÁN SÁNCHEZ HERRERA, NICLA FLACCO

Centro: UEV

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación que se va a realizar dentro del grado de odontología la Universidad Europea de Valencia, en el cual se le invita a participar. Este documento tiene por objeto que usted reciba la información correcta y necesaria para evaluar si quiere o no participar en el estudio. A continuación, le explicaremos de forma detallada todos los objetivos, beneficios y posibles riesgos del estudio. Si usted tiene alguna duda tras leer las siguientes aclaraciones, nosotros estaremos a su disposición para aclararle las posibles dudas. Finalmente, usted puede consultar su participación con las personas que considere oportuno.

¿Cuál es el objetivo de este estudio?

El estudio pretende evaluar si el uso de simuladores de realidad virtual háptica mejora las habilidades y seguridad de los estudiantes en endodoncia.

Resumen del estudio:

Este estudio investiga el efecto del uso de simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño clínico y la confianza de los estudiantes de Odontología en tratamientos de endodoncia. Compara a los estudiantes que realizan su entrenamiento práctico convencional con aquellos que incorporan simuladores en su formación. Se evalúan factores como habilidades técnicas, seguridad, confianza, niveles de ansiedad y ergonomía, poniendo especial énfasis en cómo el entrenamiento previo con el simulador influye en la adquisición de habilidades y en la percepción de los estudiantes sobre su aprendizaje.

Este texto tiene por objeto que usted reciba la información correcta y necesaria para evaluar si quiere o no participar en el estudio. A continuación, le explicaremos de forma detallada todos los objetivos, beneficios y posibles riesgos del estudio. Si usted tiene alguna duda tras leer las siguientes aclaraciones, nosotros estaremos a su disposición para aclararle las posibles dudas. Finalmente, usted puede consultar su participación con las personas que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA Y RETIRADA DEL ESTUDIO: La participación en este estudio es voluntaria, por lo que puede decidir no participar. En caso de que decida participar, puede retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento. En caso de que usted decidiera abandonar el estudio, puede hacerlo permitiendo el uso de los datos obtenidos hasta ese momento para la finalidad del estudio, o si fuera su voluntad, todos los registros y datos serán borrados de los ficheros informáticos.

¿Quién puede participar?

¿Cuáles son los posibles beneficios y riesgos derivados de mi participación? Es posible que usted no obtenga ningún beneficio directo por participar en el estudio. No obstante, se prevé que la información que se obtenga pueda beneficiar en un futuro alumno y pueda contribuir a realizar un cambio de pensamiento en el docente a la hora de preparar y dar sus clases. Al finalizar la investigación podrá ser informado, si lo desea, sobre los principales resultados y conclusiones generales del estudio. El estudio no supone ningún riesgo para su salud ya que para la toma adicional de los registros necesarios no se incurre en ninguna acción nociva ni perniciosa.

¿Quién tiene acceso a mis datos personales y como se protegen? El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. De acuerdo con lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse al investigador del estudio.

¿Recibiré algún tipo de compensación económica? No se prevé ningún tipo de compensación económica durante el estudio. Si bien, su participación en el estudio no le supondrá ningún gasto.

OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE: Si usted decide retirar el consentimiento para participar en este estudio, ningún dato nuevo será añadido a la base de datos y puede exigir la destrucción de sus datos y/o de todos los registros identificables, previamente retenidos, para evitar la realización de otros análisis. También debe saber que puede ser excluido del estudio si los investigadores del estudio lo consideran oportuno, ya sea por motivos de seguridad, por cualquier acontecimiento adverso que se produzca o porque consideren que no está cumpliendo con los procedimientos establecidos. En cualquiera de los casos, usted recibirá una explicación adecuada del motivo que ha ocasionado su retirada del estudio.

CALIDAD CIENTÍFICA Y REQUERIMIENTOS ÉTICOS DEL ESTUDIO: Este estudio ha sido sometido al registro de la Comisión de la Investigación de la Universidad Europea de Madrid, Valencia y Canarias, que vela por la calidad científica de los proyectos de investigación que se llevan a cabo en el centro. Cuando la investigación se hace con personas, esta Comisión vela por el cumplimiento de lo establecido en la Declaración de Helsinki y la normativa legal vigente sobre investigación biomédica (ley 14/2007, de junio

de investigación biomédica) y ensayos clínicos (R.D. 1090/2015 de 4 de diciembre, por el que se regulan los ensayos clínicos con medicamentos).

PREGUNTAS: Llegando este momento le damos la oportunidad de que, si no lo ha hecho antes, haga las preguntas que considere oportunas. El equipo investigador le responderá lo mejor que sea posible.

INVESTIGADOR DEL ESTUDIO: Si tiene alguna duda sobre algún aspecto del estudio o le gustaría comentar algún aspecto de esta información, por favor no deje de preguntar al investigador: Germán Sánchez Herrera (german.sanchez@universidadeuropea.es). En caso de que una vez leída esta información y aclaradas las dudas decida participar en el estudio, deberá firmar su consentimiento informado. Este estudio ha sido registrado por la Comisión de la Investigación de la Universidad Europea de Madrid, Valencia y Canarias.

CONSENTIMIENTO INFORMADO:

D./D^a. _____, de ____ años,
con DNI _____ y domicilio en _____,
hago constar que he recibido una explicación satisfactoria sobre el procedimiento del
estudio, su finalidad, riesgos y beneficios.

He quedado satisfecho/a con la información recibida, la he comprendido, se me han
respondido todas mis dudas y comprendo que mi participación es voluntaria.

Presto mi consentimiento para el procedimiento propuesto y conozco mi derecho a
retirarlo cuando lo desee, con la única obligación de informar sobre mi decisión al
investigador responsable del estudio.

En Valencia, a día _____ de _____ de _____.

Firma y Nº de expediente del investigador

Firma y Nº de DNI del participante

*En casos de menores entre 12 y 18 años, debe hacerse una hoja por duplicado: una
para el menor (con el texto informativo adaptado a la comprensión y el trato
correspondientes a un adolescente) y otra para el representante legal de ese menor.
En caso de menores de 12 años, solo firma el consentimiento el representante legal. El
modelo para ambos casos varía en la primera línea y en la firma, del siguiente modo:

D./D^a. _____, de ____ años, con DNI _____,
representante legal de D./D^a. _____, de ____ años, con DNI _____,
(...)

Firma y Nº de DNI del representante legal del
paciente

State Trait Anxiety inventory (Anexo 6)

Nombre:

Apellidos:

- ☐ Grupo control.
☐ Grupo experimental.

ESTE CUESTIONARIO TIENE COMO OBJETIVO EVALUAR TU NIVEL DE ANSIEDAD ANTES DE REALIZAR UNA ENDODONCIA.

Lee cada afirmación y selecciona la respuesta adecuada para indicar cómo te sientes en este momento, es decir, en este preciso instante. No hay respuestas correctas ni incorrectas. No dediques demasiado tiempo a ninguna afirmación, sino que responde de acuerdo con lo que mejor describa tus sentimientos actuales.

	Nada en absoluto: 1 punto.	Un poco: 2 puntos.	Algo: 3 puntos.	Mucho: 4 puntos.	Puntos
1-Me siento tranquilo.					
2-Me siento seguro.					
3-Me siento tenso.					
4-Me siento agobiado					
5-Me siento a gusto.					
6-Me siento molesto.					
7-Actualmente me preocupo por posibles infortunios.					
8-Me siento satisfecho					
9-Me siento asustado					
10-Me siento incómodo.					
11-Me siento seguro de mí mismo.					
12-Me siento nervioso.					
13-Me siento inquieto					
14-Me siento indeciso					
15-Estoy relajado.					
16-Me siento contento					
17-Estoy preocupado					
18-Me siento confundido					
19-Me siento firme.					
20- Me siento bien.					
TOTAL:					

Spielberger CD. Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (STAI). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press; 1983.

FIGURAS:

	Tiempo total	Tiempo de presión
Media (segundos)	468,1 s	80,2 s
Media (minutos y segundos)	7 min 48 s	1 min 20 s
Error estándar de la media (SEM)	57,74 s	8,882 s

Tabla 1. Tabla de tiempos de uso de Simodont®.

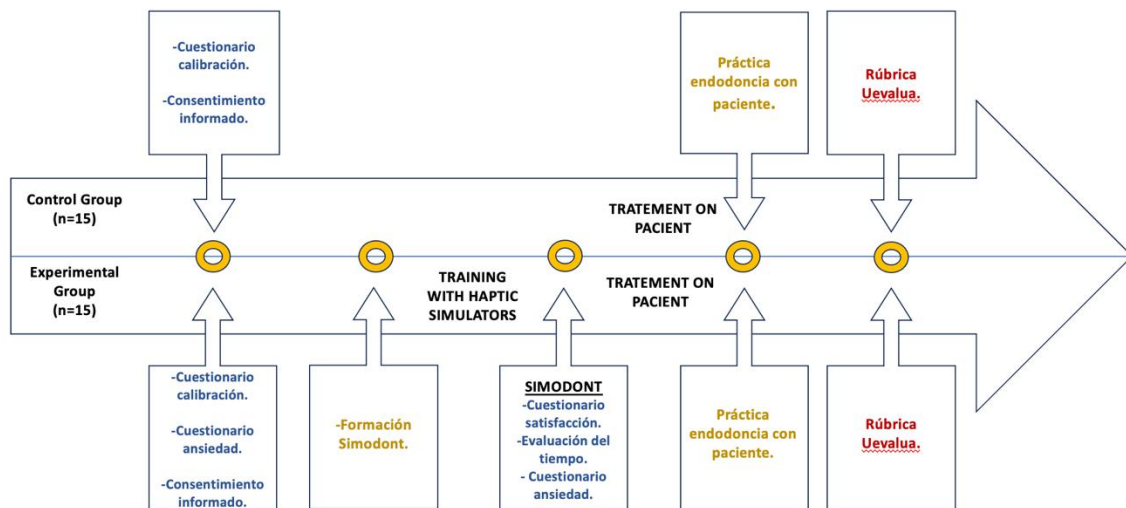


Figura 1. Gráfico en el que se muestra de forma abreviada todos los pasos del protocolo. Diagrama de flujo.

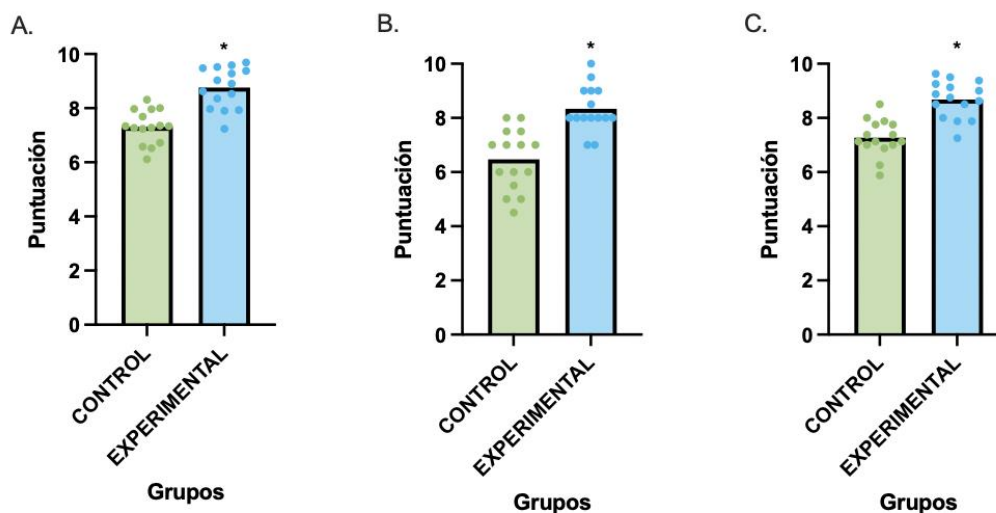


Figura 2. Resultados de la evaluación de la realización de endodoncia mediante rúbrica. A. Puntuación global de la rúbrica. B. Puntuación de la realización de apertura. C. Puntuación media de parámetros específicos de endodoncia (apertura, localización/permeabilización de conductos, conformación de los conductos y obturación con gutapercha).

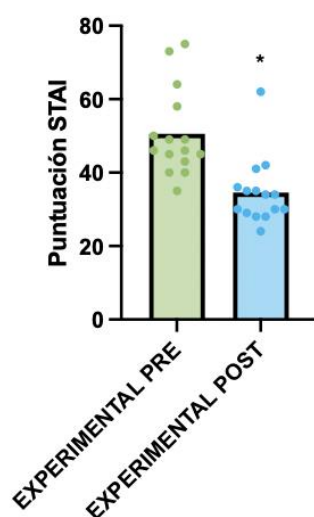
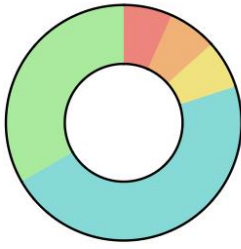
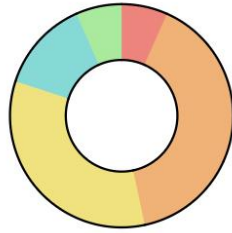


Figura 3. Puntuación obtenida en el test de “State Trait Anxiety inventory” antes del entrenamiento con el simulador háptico y después de la realización de la endodoncia.

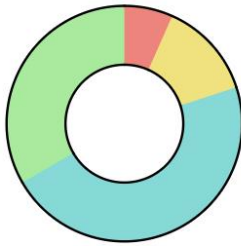
A.



B.



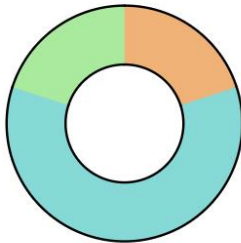
C.



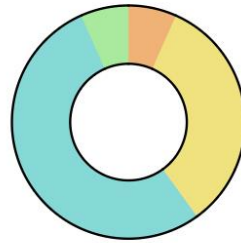
D.



E.



F.



G.

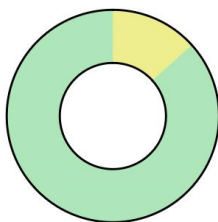


H.



1: Totalmente en desacuerdo
2: En desacuerdo
3: Indeciso
4: De acuerdo
5: Totalmente de acuerdo

I.



A. Dientes
B. Simodont
C. Combinación

Figura 4. Resultados de la encuesta de satisfacción tras el uso del simulador háptico simodont. Datos expresados en porcentaje de personas que respondieron cada opción de la escala de Likert. A. Simodont me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa. B. La retroalimentación háptica del Simodont fue la misma que la de una pieza de mano real. C. Disfruté usando el Simodont. D. Prefiero el Simodont al diente artificial. E. Recomendaría el Simodont a amigos/compañeros. F. Fue fácil adaptarse al uso del Simodont. G. El uso del Simodont ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes. H. El nivel de realismo del Simodont es suficiente para simular escenarios clínicos reales. I. Resultados de la encuesta de satisfacción tras el uso del simulador háptico Simodont®

**IMPACT OF THE SIMODONT® HAPTIC SIMULATOR ON CLINICAL
PERFORMANCE AND CONFIDENCE OF DENTAL STUDENTS IN
ENDODONTICS: A COMPARATIVE STUDY**

Authors:

Fernando José Alfaro-Ochoa¹, Germán Sánchez-Herrera²

1. Fifth-year Dental Medicine student, Universidad Europea de Valencia, Valencia, Spain.
2. Professor, Department of Clinical Dentistry, Faculty of Health Sciences, Universidad Europea de Valencia, Valencia, Spain.

CORRESPONDENCE:

Germán Sánchez-Herrera

Paseo Alameda 7, Valencia 46010, Valencia

GERMAN.SANCHEZ@universidadeuropea.es

Introduction: Endodontics has evolved from rudimentary procedures to high-precision protocols thanks to simulation technologies. Haptic virtual reality offers a controlled, repeatable, and risk-free environment in which students can practice without relying on extracted teeth or continuous tutor supervision. The Simodont® simulator integrates 3D visualization, tactile feedback, and objective metrics, allowing manual skills to be perfected, reducing the anxiety associated with initial procedures, and reinforcing the clinical confidence of future dentists.

Materials and Methods: A comparative interventional study was designed in which 30 fifth-year Dentistry students from the European University of Valencia were randomly assigned to: Control Group (n = 15): endodontic clinical practice on patients' premolars and Experimental Group (n = 15): the same practice, preceded by Simodont® training focused on access cavity preparation.

Results: The results show that the experimental group achieved a global mean score on the endodontics rubric of 8.7 compared to 7.3 in the control group ($p < 0.05$), with better outcomes in access cavity preparation (8.0 vs. 6.3) and a higher mean of specific parameters (8.6 vs. 7.2). Additionally, anxiety measured by the STAI significantly decreased from 50.53 points before training to 34.53 after ($p < 0.05$). The average duration of each simulation session was 7 minutes 48 seconds, with 1 minute 20 seconds of pedal pressure, and 86.7% of participants preferred a combined model integrating real teeth and Simodont®.

Conclusion: Training with Simodont® markedly enhances endodontic skills, reduces anxiety, and boosts student confidence compared to traditional methodology; despite its high acceptance, the precision of tactile feedback still needs improvement, and it is advisable to combine virtual simulation with real-tooth practice, with around eight minutes of simulator time being sufficient to achieve a basic access cavity preparation.

Keywords: Endodontics, simulation, Simodont®, virtual simulation, virtual reality, haptic simulation, endodontic access.

Introduction

Endodontics is a specialty within dentistry dedicated to the study and treatment of diseases of the dental pulp and periradicular tissues. This discipline ranges from the biology of the healthy pulp to the diagnosis and management of conditions affecting both the root canals and surrounding tissues (1). Its purpose is to preserve compromised teeth by removing infected pulp and subsequently sealing the canals. The importance of this specialty lies in its ability to save teeth that would otherwise require extraction, thereby contributing to oral health and improving patient quality of life (2).

One of the main challenges facing dental training programs is the scarcity of extracted teeth and the ethical implications of practicing on real patients. Today, the development of clinical skills in complex procedures such as endodontics relies heavily on practice with extracted teeth or models, which often limits the number of students who can adequately train. Moreover, the interaction between students and instructors is limited, hampering individualized and efficient feedback (3, 4). Traditional simulation methods, such as mannequin heads, do not offer the same level of realism as clinical practice, which can lead to deficiencies in students' preparedness for real cases (4, 5).

The integration of virtual reality (VR) simulators and haptic technology into dental education emerges as an innovative solution to overcome these limitations. VR simulators allow students to practice endodontic procedures in a safe, controlled environment, without risk to patients and with the ability to repeat exercises as many times as needed (5, 6). Haptic feedback, which reproduces the tactile sensation during procedures, adds a crucial level of realism for effective learning (7). These technologies not only enhance students' psychomotor skills but also enable more objective evaluation of their performance, facilitating the identification of areas for improvement (6, 8).

The objective of this study is to evaluate the effectiveness of haptic VR simulators, such as Simodont®, in enhancing the clinical skills of dental students in endodontic procedures. To this end, the dexterity and quality of endodontic treatment will be compared between students who have used VR simulators and

those who have only practiced on real patients in a clinical setting (4, 9). This approach will determine whether prior simulator use improves the accuracy of key procedures—such as access cavity preparation, canal shaping, and obturation—and whether it influences factors such as student confidence, anxiety, and satisfaction during clinical practice.

This study will also contribute to the debate on integrating advanced technologies into dental education by providing empirical evidence on the benefits and limitations of haptic simulators in dentist training (8, 9).

Materials and Methods

The comparative intervention study received approval from the Research Committee of the European University of Valencia on January 24, 2025 (code 2025-128; Appendix 1). Eighty-six fifth-year dentistry students enrolled in the Practicum course were recruited voluntarily via email. The first 30 to enroll who met inclusion criteria (no prior clinical endodontic experience) agreed to participate and signed informed consent (Appendix 5). Those who did not complete treatment due to patient absence or tooth fracture were excluded from analysis.

To calibrate baseline endodontic knowledge, all participants completed a 10-item questionnaire (Appendix 2), with scores (1–10) recorded in Microsoft Excel alongside student names. After ranking results from highest to lowest, students in even-numbered positions were assigned to the control group (CG; $n = 15$) and those in odd-numbered positions to the experimental group (EG; $n = 15$). The CG carried out their practice directly in the University Dental Clinic (UDC), while the EG first completed three attempts at canal access on the Simodont® haptic VR simulator (Nissin, The Netherlands), following a structured training protocol.

Both groups used the same personal protective equipment and clinical instruments. The Ue Valua evaluation rubric (Appendix 3) and the Simodont® satisfaction questionnaire (Appendix 4) (10) were employed, as well as the State-

Trait Anxiety Inventory (Appendix 6) (11) to measure EG anxiety before and after training.

The intervention protocol included two endodontic sessions on patients for both groups, while the EG added a simulator training phase conducted in four subgroups (three of four and one of three participants) focusing on premolar access preparations (Figure 1). Simodont® automatically recorded time spent on each attempt, providing quantitative performance data. After practice, two independent evaluators (an endodontics professor and a fifth-year student) assessed the quality of patient treatments using the Ue Valua rubric.

Results were expressed as mean $\pm$ standard deviation. Data normality was tested with the Kolmogorov–Smirnov test, and between-group comparisons used ANOVA followed by Bonferroni for multiple comparisons or Student's t-test for paired comparisons; nonparametric tests were applied as appropriate (GraphPad Prism v.9). Values of $p < 0.05$ were considered significant.

Results

Impact of Simodont® Training on Endodontic Skills.

To evaluate the effectiveness of the Simodont® haptic simulator in acquiring endodontic skills, a rubric structured into four technical parameters (access cavity, canal location/permeabilization, shaping, and gutta-percha obturation), plus a global score summing all sections, was used. The results are shown in Figure 2, presented in three panels:

- **Figure 2A. Global rubric score.** Each bar reflects the total score per student, with individual points indicating variability. The experimental group—having completed simulator training prior to testing—achieved a mean of 8.7 points, while the control group scored 7.3. This 1.4-point difference was statistically significant ($p < 0.05$), suggesting that simulator practice enhances overall endodontic technique performance.
- **Figure 2B. Access cavity.** Isolating the ability to correctly access the pulp chamber, this item showed a mean of 8.0 for the Simodont®-trained students versus 6.3 for controls. The 1.7-point difference was significant

($p < 0.05$), indicating that haptic simulation notably improves initial access dexterity.

- **Figure 2C. Mean of specific endodontic parameters.** Combining the mean scores of the four technical subitems yielded 8.6 for the experimental group and 7.2 for controls, reflecting a 1.4-point improvement post-simulator training. Again, the higher experimental group score was significant ($p < 0.05$).

Effect of Simodont® on Anxiety.

The State–Trait Anxiety Inventory (STAI) was used to assess students' emotional state, with scores ranging from 0 (no anxiety) to 80 (maximum anxiety). Results are presented in Figure 3:

- **“Experimental PRE”:** Scores before any Simodont® practice averaged 50.53 points.
- **“Experimental POST”:** Scores after simulator training and clinical endodontic practice averaged 34.53 points.

The 16-point reduction was significant ($p < 0.05$), indicated by the asterisk on the POST bar. Individual points also show a generalized anxiety decrease among almost all participants, suggesting that haptic simulation helps students approach real procedures with less tension and greater familiarity.

Satisfaction Analysis after Simodont® Use.

A Likert-scale (1 = “Strongly disagree” to 5 = “Strongly agree”) survey evaluated perceived aspects of the simulator, with responses displayed in eight pie charts (Figures 4A–4H), each corresponding to a specific statement:

- **Figure 4A (“Simodont® helped me visualize the 3D anatomy of the pulp”).**
80 % agreed or strongly agreed (46.6 % and 33.3 %, respectively), while only 13.4 % were negative or neutral (6.7 % “Strongly disagree,” 6.7 % “Disagree,” 6.7 % “Neutral”).
- **Figure 4B (“The haptic feedback of Simodont® matched that of a real handpiece”).**
Critical opinions predominated: 40 % disagreed and 33.3 % were neutral. Only 20 % rated it positively (13.3 % “Agree,” 6.7 % “Strongly agree”).

- **Figure 4C (“I enjoyed using Simodont®”).**
Enjoyment was high: 80 % responded “Agree” (46.7 %) or “Strongly agree” (33.3 %), with only 13.3 % neutral and 6.7 % strongly disagreeing.
- **Figure 4D (“I prefer Simodont® over artificial teeth”).**
Preference was mixed: 53.3 % disagreed (33.3 % “Strongly disagree,” 20 % “Disagree”), 26.7 % agreed (20 % “Strongly agree,” 6.7 % “Agree”), and 20 % were neutral.
- **Figure 4E (“I would recommend Simodont® to friends/colleagues”).**
High willingness: 80 % agreed (60 % “Agree,” 20 % “Strongly agree”), 20 % disagreed.
- **Figure 4F (“It was easy to adapt to using Simodont®”).**
A large majority found adaptation easy: 60 % positive, 33.3 % neutral, 6.7 % negative.
- **Figure 4G (“Using Simodont® has boosted my confidence in patient procedures”).**
66.7 % positive (53.4 % “Agree,” 13.3 % “Strongly agree”), 20 % neutral, 13.3 % negative.
- **Figure 4H (“The level of realism of Simodont® is sufficient to simulate real clinical scenarios”).**
46.6 % agreed, 26.7 % neutral, 26.7 % judged it insufficient (20 % “Disagree,” 6.7 % “Strongly disagree”).

Additionally, **Figure 4I** shows students’ preference among three preclinical training modalities:

- **Option A (natural teeth):** 13.3 %
- **Option B (Simodont® only):** 0 %
- **Option C (combination of both):** 86.7 %

This indicates that most value a mixed approach, combining real-tooth practice and haptic simulation to maximize learning.

Simulator Usage Time for Access Cavity.

Table 3 summarizes two key time metrics, expressed in seconds (and minutes in parentheses) with the standard error of the mean (SEM):

- Total time (from start to completion): mean 7 min 48 s, SEM $\approx$ 1 min.

- Working time (effective contact/cutting duration): mean 1 min 20 s, SEM < 10 s.

These quantitative data frame the temporal effort required in the Simodont® learning phase and show consistency among students, given the relatively low SEM in working time.

Overall, Simodont® training demonstrates a positive impact on acquiring endodontic competencies—both globally and in each technical parameter. Furthermore, by reducing pre-procedure anxiety and generating high satisfaction in key areas (anatomical visualization, confidence, and recommendation), the simulator emerges as an effective tool for preclinical training. However, mixed perceptions regarding haptic realism and preference for combined systems indicate that, although simulation offers significant benefits, it should be complemented with traditional model practice to optimize the learning experience.

Discussion

Technical Competence Improvement.

The Simodont®-trained group achieved higher mean scores on the global endodontic rubric (8.7 vs. 7.3), access cavity (8.0 vs. 6.3), and specific parameters (8.6 vs. 7.2), all statistically significant ($p < 0.05$). This is attributed to three-dimensional and haptic feedback, which facilitate learning pulp anatomy and basic instrument movements (12).

Anxiety Reduction and Confidence Increase.

STAI scores dropped from 50.53 before training to 34.53 after, a 16-point decrease ($p < 0.05$). Thus, the simulator not only refines technical skills but also familiarizes students with the clinical environment, reducing initial stress in endodontics (13).

Student Perception and Satisfaction.

Most valued 3D pulp visualization (80 %), ease of adaptation (60 %), and increased confidence with patients (66.7 %) (14). However, only 20 % found

haptic feedback equivalent to a real handpiece and 26.7 % judged it insufficient, highlighting the need to improve tactile realism (15). The 86.7 % preference for a hybrid model reaffirms a combined teaching approach (16).

Time Efficiency in Access Cavity Preparation.

Mean simulation time was 468.1 s ($\approx$ 7 min 48 s) and pedal-press time 80.2 s ($\approx$ 1 min 20 s). These results suggest that an 8-min practice block may suffice to acquire basic competence, improving efficiency compared to other reports of $\approx 9.6 \pm 3.6$ min per cavity (17).

Future Perspectives.

This study, like Felszeghy et al. (18), confirms Simodont® as a bridge between theory and practice, enhancing technique and reducing anxiety. However, in agreement with Zafar et al. (19), it warns of the need to optimize haptic fidelity, and as Bakr et al. (20) insist, to maintain integration with traditional methods.

Study Limitations

- **Sample scope:** Single-center and limited size; multicenter studies are needed.
- **Timing:** Evaluation only after an initial session; long-term retention should be assessed in longitudinal designs.
- **Subjectivity:** Some metrics (satisfaction, haptic perception) are self-evaluations; they should be complemented with objective data (e.g., kinematic analysis or force sensors).

Educational and Clinical Implications

A hybrid model combining haptic virtual reality and natural teeth is recommended to optimize the learning curve, and future work should evaluate the impact on students' real clinical performance before patient treatment.

Patient Safety Benefits

By reducing anxiety and improving technical accuracy in simulated environments, a decrease in incidents and errors during early clinical interventions is expected (21).

Future Research Directions

- Evaluate long-term impact on the quality of real endodontic treatment.
- Analyze the correlation between simulator usage time and objective clinical performance indicators.
- Compare different training protocols (duration, frequency, exercise types).
- Contrast Simodont® with other endodontic simulation technologies.
- Investigate individual factors (prior experience, learning style, manual dexterity).
- Study cost-effectiveness of implementing simulators versus conventional methods.

Together, these findings support that Simodont® is a valuable adjunct in preclinical endodontic training, with the potential to enhance competencies and facilitate a safer, more efficient transition to real practice.

Conclusion

- Prior haptic simulator training improved technical skills and endodontic treatment quality in students who practiced on Simodont® before patient interventions.
- Initial Simodont® practice significantly enhanced students' endodontic competence, enabling more precise and effective learning compared to traditional methods.
- Preclinical haptic simulator training increases students' confidence and significantly reduces anxiety during clinical endodontic procedures.
- Students reported high satisfaction with Simodont® in key aspects; however, perceptions of haptic realism and preference over artificial teeth were more moderate, indicating room for improving fidelity and clinical transferability.
- An average of 7 min 48 s of simulation (1 min 20 s of pedal press) was required to achieve an adequate access cavity with Simodont®.

Bibliography

1. Gutmann JL, Witherspoon DE. Endodontics. In: Dean JA, Avery JK, McDonald RE, editors. McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. 10th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2016. p. 471–514.
2. Fasah E. Evolución de la endodoncia: innovaciones en instrumentación, irrigación y obturación. Actas de la SCT sobre Perspectivas e Innovaciones Interdisciplinarias. 2025;3:417.
3. Coro-Montanet G, Pardo Monedero MJ, Sánchez Ituarte J, de la Hoz Calvo A. Training strategies for haptic and 3D simulators to improve the learning process in dentistry students. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(7):4081.
4. Leung AL-S, Yeung C, Chu S, Wong AW-Y, Yu OY, Chu C-H. Use of computer simulation in dental training with special reference to Simodont. Dent J (Basel). 2021;9(11):125.
5. Vincent M, Joseph D, Amory C, Paoli N, Ambrosini P, Mortier E, et al. Contribution of haptic simulation to the analogical training environment in restorative dentistry. J Dent Educ. 2020 Jun;84(6):674–681.
6. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Jittimanee P, Viratket P. Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition. J Dent Educ. 2011 Nov;75(11):1534–1542.
7. Coro-Montanet G, Suárez García A, Gómez Sánchez M, Gómez Polo F. Didactics for the Introduction and Use of Haptic Simulators with 3D Environments in Dental Education.
8. Moussa R, Alghazaly A, Althagafi N, Eshky R, Borzangy S. Efficacy of virtual reality and interactive simulators in dental education outcomes: a systematic review. Eur J Dent. 2022;16(1):14–31.

9. Patil S, Bhandi S, Awan KH, Licari FW, Di Blasio M, Ronsivalle V, et al. Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students—a systematic review. *BMC Oral Health*. 2023 Oct 10;23:739.
10. Slaczka DM, Shah R, Liu C, Zou F, Karunanayake GA. Endodontic access cavity training using artificial teeth and Simodont® dental trainer: a comparison of student performance and acceptance. *Int Endod J*. 2024;00:1–9.
11. Spielberger CD. Manual for the State–Trait Anxiety Inventory (STAI). Palo Alto (CA): Consulting Psychologists Press; 1983.
12. Wei Y, Peng Z. Application of Simodont virtual simulation system for preclinical teaching of access and coronal cavity preparation. *PLoS ONE*. 2024 Dec 13;19(12):e0315732.
13. Usta SN, Silva EJNL, Keskin C, Tekkanat H, Liukkonen M, Felszeghy S. A comparison of traditional and virtual reality haptic simulator approaches in preclinical endodontic training: impacts on skill acquisition, confidence and stress. *Int Endod J*. 2025 Apr 10.
14. Hsu MH, Chang YC. Dental students' perceptions of two immersive reality haptic dental simulators: A pilot study. *J Dent Sci*. 2025 Jan 3;20(2):1353-1354.
15. Caleyá AM, Martín-Vacas A, Mourelle-Martínez MR, de Nova-García MJ, Gallardo-López NE. Implementation of Virtual Reality in Preclinical Pediatric Dentistry Learning: A Comparison Between Simodont® and Conventional Methods. *Dent J*. 2025;13(2):51.
16. 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 Nov;30(6):791–797. Epub 2020 May 4.

17. Collet P, Tra R, Reitmann A, Valette S, Hoyek N, Maurin JC, Ducret M, Villat C, Santamaria J, Richert R. Spatial Abilities and Endodontic Access Cavity Preparation: Implications for Dental Education. *Eur J Dent Educ*. 2025 Feb;29(1):1–8.
18. Felszeghy S, Mutluay M, Liukkonen M, Flacco N, Bakr MM, Rampf S, et al. Benefits and challenges of the integration of haptics-enhanced virtual reality training within dental curricula. *J Dent Educ*. 2024 Dec 17. Epub ahead of print.
19. 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 Nov;30(6):791–797. Epub 2020 May 4.
20. Bakr MM, Massey W, Alexander H. Students' evaluation of a 3DVR haptic device (Simodont®): does early exposure to haptic feedback during preclinical dental education enhance the development of psychomotor skills? *Int J Dent Clin*. 2014;6(2):1.
21. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Kugamoorthy G. Haptic virtual reality for skill acquisition in endodontics. *J Endod*. 2010 Jan;36(1):53-5.

APPENDIX

Research Committee approval document (Appendix 1)



Comisión de Investigación

Villaviciosa de Odón, 24 de enero de
2025

Estimado/a investigador/a,

La Comisión de Investigación de la Escuela de Doctorado e Investigación, una vez revisada la documentación e información, remitida por el investigador responsable con fecha , relativa al proyecto abajo indicado, autoriza su desarrollo en la Universidad Europea.

Título del proyecto:	Impacto de los simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño y en la confianza de los estudiantes de Odontología en endodoncia.
Tipo de proyecto:	Proyecto-SIN financiación
Investigador/a responsable:	FLACCO- NICLA

Código CI:	2025-128
Código OTRI:	Sin especificar
Código Departamento:	Sin especificar
Dictamen:	APROBADO

Atentamente,



Fdo. Óscar García López

Director de la Escuela de Doctorado e Investigación

ci@universidadeuropea.es

Participant calibration questionnaire (Appendix 2)

Nombre:

Apellidos:

1- ¿Cuál es el efecto principal del hipoclorito de sodio de la irrigación en endodoncia?

- a) Lubricar el conducto
- b) Desinfectar y disolver tejido orgánico
- c) Sellar el conducto
- d) Expandir el conducto

2- ¿Cuál es el objetivo principal de la apertura cameral en endodoncia?

- a) Crear un acceso directo a la cámara pulpar y los conductos radiculares.
- b) Eliminar la caries dental.
- c) Eliminar la pulpa.
- d) Reducir la sensibilidad dental.

3- ¿Cuál es la principal complicación al realizar la apertura de un molar inferior?

- a) Perforación de la furca.
- b) Fractura de la corona.
- c) Desgaste excesivo de la cúspide.
- d) Pérdida de la vitalidad pulpar.

4- ¿Cuál es la técnica de instrumentación manual que implica el uso de limas de diferentes tamaños en una secuencia ascendente?

- a) Técnica de Step-back.
- b) Técnica de Crown-down.
- c) Técnica de Back-step.
- d) Técnica de Down-crown.

5- ¿Cuál es el propósito principal de la instrumentación manual en endodoncia?

- a) Sellar el conducto radicular.
- b) Eliminar tejido pulpar y dar forma al conducto.
- c) Obturar el conducto radicular.
- d) Ninguna de las anteriores.

6- ¿Cuántos conductos suele tener un primer molar superior?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

7- ¿Cómo es la apertura de un premolar superior?

- a) Redonda
- b) Elíptica
- c) Cuadrada
- d) Triangular

8- ¿Cuál sería el diagnóstico de un paciente que experimenta sensibilidad al frío y al calor, dolor durante la noche y dolor a la masticación?

- a) Pulpitis reversible.
- b) Pulpitis irreversible.
- c) Necrosis pulpar.
- d) Ninguna es correcta.

9- ¿En qué diente suele ser típico encontrar el segundo conducto mesio-vestibular?

- a) Primer molar superior.
- b) Segundo molar superior.
- c) Primer molar inferior.
- d) Segundo molar inferior.

10- ¿En presencia de qué fluido puede alterar los resultados el localizador de ápices?

- a) Sangre
- b) Saliva
- c) Hipoclorito
- d) Todas son correctas

Endodontic evaluation rubric of the UEV program, Ue Valua (Appendix 3)

Nombre:

Apellidos:

Grupo control.

Grupo experimental.

		NOTA DEL 1-10
10%	Actitud	
	Interés/Esfuerzo	
90%	Diagnóstico clínico/rx	
	Conocimiento de la secuencia clínica, anatomía y materiales a utilizar.	
	Elección y organización del instrumental clínico.	
	Anestesia.	
	Apertura cameral.	
	Aislamiento.	
	Localización/permeabilización de los conductos.	
	Conformación de conductos.	
	Irrigación final/secado de conductos.	
	Obturación con gutapercha/cemento sellador/obturación provisional.	
	Rx final.	
	Anotación en la historia clínica de los procedimientos.	
	Entrega y explicación de las recomendaciones postendodoncia.	
NOTA FINAL SOBRE 10		

Student satisfaction and perception questionnaire on the Simodont® (Appendix 4)

Encuesta percepción/ satisfacción:

A continuación, encontrará una serie de afirmaciones. Por favor, marque con una X la opción que mejor refleje su opinión, donde **1** significa "Totalmente en desacuerdo" y **5** significa "Totalmente de acuerdo".

		1	2	3	4	5
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	El Simodont me ayudó a visualizar la anatomía 3D de la pulpa / The Simodont trainer helped me visualize 3D anatomy of the pulp.					
2	La retroalimentación háptica del Simodont fue la misma que la de una pieza de mano real / The Simodont trainer haptic feedback was the same as a real life handpiece.					
3	Disfruté usando el Simodont / I enjoyed using the Simodont trainer.					
4	Prefiero el Simodont al diente artificial / I prefer the Simodont trainer over the artificial tooth.					
5	Recomendaría el Simodont a amigos/compañeros. / I would recommend Simodont trainer to my friends/ colleagues.					
6	Fue fácil adaptarse al uso del Simodont / It was easy to adapt to using the Simodont.					
7	El uso del Simodont ha mejorado mi confianza en procedimientos dentales con pacientes/ Using the Simodont has improved my confidence in dental procedures with patients.					
8	El nivel de realismo del Simodont es suficiente para simular escenarios clínicos reales / The level of realism of the Simodont is sufficient to simulate real clinical scenarios.					
9	¿Cuál de estas opciones de entrenamiento preclínico prefieres? / Which of these preclinical training options do you prefer? a. Solo fantoma / Phantom only b. Solo Simodont / Simodont only c. Una combinación de fantoma y Simodont / A combination of Phantom and Simodont.					
10	Por favor, deja un comentario sobre lo que te ha gustado, no te ha gustado o te gustaría mejorar del Simodont. Gracias / Please leave a comment about what you liked, didn't like, or would like to improve about the Simodont. Thank you.					

Slaczka DM, Shah R, Liu C, Zou F, Karunanayake GA. Endodontic access cavity training using artificial teeth and Simodont® dental trainer: A comparison of student performance and acceptance. *Int Endod J*. 2024;00:1–9. doi:10.1111/iej.14171.

Informed consent (Appendix 5)

HOJA DE INFORMACIÓN

Título del estudio: Impacto de los simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño y en la confianza de los estudiantes de Odontología en endodoncia.

Promotor: No aplica

Investigadores: GERMÁN SÁNCHEZ HERRERA, NICLA FLACCO

Centro: UEV

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación que se va a realizar dentro del grado de odontología la Universidad Europea de Valencia, en el cual se le invita a participar. Este documento tiene por objeto que usted reciba la información correcta y necesaria para evaluar si quiere o no participar en el estudio. A continuación, le explicaremos de forma detallada todos los objetivos, beneficios y posibles riesgos del estudio. Si usted tiene alguna duda tras leer las siguientes aclaraciones, nosotros estaremos a su disposición para aclararle las posibles dudas. Finalmente, usted puede consultar su participación con las personas que considere oportuno.

¿Cuál es el objetivo de este estudio?

El estudio pretende evaluar si el uso de simuladores de realidad virtual háptica mejora las habilidades y seguridad de los estudiantes en endodoncia.

Resumen del estudio:

Este estudio investiga el efecto del uso de simuladores hápticos de realidad virtual en el desempeño clínico y la confianza de los estudiantes de Odontología en tratamientos de endodoncia. Compara a los estudiantes que realizan su entrenamiento práctico convencional con aquellos que incorporan simuladores en su formación. Se evalúan factores como habilidades técnicas, seguridad, confianza, niveles de ansiedad y ergonomía, poniendo especial énfasis en cómo el entrenamiento previo con el simulador influye en la adquisición de habilidades y en la percepción de los estudiantes sobre su aprendizaje.

Este texto tiene por objeto que usted reciba la información correcta y necesaria para evaluar si quiere o no participar en el estudio. A continuación, le explicaremos de forma detallada todos los objetivos, beneficios y posibles riesgos del estudio. Si usted tiene alguna duda tras leer las siguientes aclaraciones, nosotros estaremos a su disposición para aclararle las posibles dudas. Finalmente, usted puede consultar su participación con las personas que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA Y RETIRADA DEL ESTUDIO: La participación en este estudio es voluntaria, por lo que puede decidir no participar. En caso de que decida participar, puede retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento. En caso de que usted decidiera abandonar el estudio, puede hacerlo permitiendo el uso de los datos obtenidos hasta ese momento para la finalidad del estudio, o si fuera su voluntad, todos los registros y datos serán borrados de los ficheros informáticos.

¿Quién puede participar?

¿Cuáles son los posibles beneficios y riesgos derivados de mi participación? Es posible que usted no obtenga ningún beneficio directo por participar en el estudio. No obstante, se prevé que la información que se obtenga pueda beneficiar en un futuro alumno y pueda contribuir a realizar un cambio de pensamiento en el docente a la hora de preparar y dar sus clases. Al finalizar la investigación podrá ser informado, si lo desea, sobre los principales resultados y conclusiones generales del estudio. El estudio no supone ningún riesgo para su salud ya que para la toma adicional de los registros necesarios no se incurre en ninguna acción nociva ni perniciosa

¿Quién tiene acceso a mis datos personales y como se protegen? El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. De acuerdo con lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse al investigador del estudio.

¿Recibiré algún tipo de compensación económica? No se prevé ningún tipo de compensación económica durante el estudio. Si bien, su participación en el estudio no le supondrá ningún gasto.

OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE: Si usted decide retirar el consentimiento para participar en este estudio, ningún dato nuevo será añadido a la base de datos y puede exigir la destrucción de sus datos y/o de todos los registros identificables, previamente retenidos, para evitar la realización de otros análisis. También debe saber que puede ser excluido del estudio si los investigadores del estudio lo consideran oportuno, ya sea por motivos de seguridad, por cualquier acontecimiento adverso que se produzca o porque consideren que no está cumpliendo con los procedimientos establecidos. En cualquiera de los casos, usted recibirá una explicación adecuada del motivo que ha ocasionado su retirada del estudio.

CALIDAD CIENTÍFICA Y REQUERIMIENTOS ÉTICOS DEL ESTUDIO: Este estudio ha sido sometido al registro de la Comisión de la Investigación de la Universidad Europea de Madrid, Valencia y Canarias, que vela por la calidad científica de los proyectos de investigación que se llevan a cabo en el centro. Cuando la investigación se hace con personas, esta Comisión vela por el cumplimiento de lo establecido en la Declaración de Helsinki y la normativa legal vigente sobre investigación biomédica (ley 14/2007, de junio de investigación biomédica) y ensayos clínicos (R.D. 1090/2015 de 4 de diciembre, por el

que se regulan los ensayos clínicos con medicamentos).

PREGUNTAS: Llegando este momento le damos la oportunidad de que, si no lo ha hecho antes, haga las preguntas que considere oportunas. El equipo investigador le responderá lo mejor que sea posible.

INVESTIGADOR DEL ESTUDIO: Si tiene alguna duda sobre algún aspecto del estudio o le gustaría comentar algún aspecto de esta información, por favor no deje de preguntar al investigador: Germán Sánchez Herrera (german.sanchez@universidadeuropea.es). En caso de que una vez leída esta información y aclaradas las dudas decida participar en el estudio, deberá firmar su consentimiento informado. Este estudio ha sido registrado por la Comisión de la Investigación de la Universidad Europea de Madrid, Valencia y Canarias.

CONSENTIMIENTO INFORMADO:

D./D^a. _____, de _____ años,
con DNI _____ y domicilio en _____,
hago constar que he recibido una explicación satisfactoria sobre el procedimiento del
estudio, su finalidad, riesgos y beneficios.

He quedado satisfecho/a con la información recibida, la he comprendido, se me han
respondido todas mis dudas y comprendo que mi participación es voluntaria.

Presto mi consentimiento para el procedimiento propuesto y conozco mi derecho a
retirarlo cuando lo desee, con la única obligación de informar sobre mi decisión al
investigador responsable del estudio.

En Valencia, a día _____ de _____ de _____.

Firma y Nº de expediente del investigador

Firma y Nº de DNI del participante

*En casos de menores entre 12 y 18 años, debe hacerse una hoja por duplicado: una
para el menor (con el texto informativo adaptado a la comprensión y el trato
correspondientes a un adolescente) y otra para el representante legal de ese menor.
En caso de menores de 12 años, solo firma el consentimiento el representante legal. El
modelo para ambos casos varía en la primera línea y en la firma, del siguiente modo:

D./D^a. _____, de _____ años, con DNI _____,
representante legal de D./D^a. _____, de _____ años, con DNI _____,
(...)

Firma y Nº de DNI del representante legal del
paciente

State Trait Anxiety inventory (Anexo 6)

Nombre:

Apellidos:

- ☐ Grupo control.
☐ Grupo experimental.

ESTE CUESTIONARIO TIENE COMO OBJETIVO EVALUAR TU NIVEL DE ANSIEDAD ANTES DE REALIZAR UNA ENDODONCIA.

Lee cada afirmación y selecciona la respuesta adecuada para indicar cómo te sientes en este momento, es decir, en este preciso instante. No hay respuestas correctas ni incorrectas. No dediques demasiado tiempo a ninguna afirmación, sino que responde de acuerdo con lo que mejor describa tus sentimientos actuales.

	Nada en absoluto: 1 punto.	Un poco: 2 puntos.	Algo: 3 puntos.	Mucho: 4 puntos.	Puntos
1-Me siento tranquilo.					
2-Me siento seguro.					
3-Me siento tenso.					
4-Me siento agobiado					
5-Me siento a gusto.					
6-Me siento molesto.					
7-Actualmente me preocupo por posibles infortunios.					
8-Me siento satisfecho					
9-Me siento asustado					
10-Me siento incómodo.					
11-Me siento seguro de mí mismo.					
12-Me siento nervioso.					
13-Me siento inquieto					
14-Me siento indeciso					
15-Estoy relajado.					
16-Me siento contento					
17-Estoy preocupado					
18-Me siento confundido					
19-Me siento firme.					
20- Me siento bien.					
TOTAL:					

Spielberger CD. Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (STAI). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press; 1983.

FIGURES:

	Tiempo total	Tiempo de presión
Media (segundos)	468,1 s	80,2 s
Media (minutos y segundos)	7 min 48 s	1 min 20 s
Error estándar de la media (SEM)	57,74 s	8,882 s

Table 1. Simodont® Usage Times

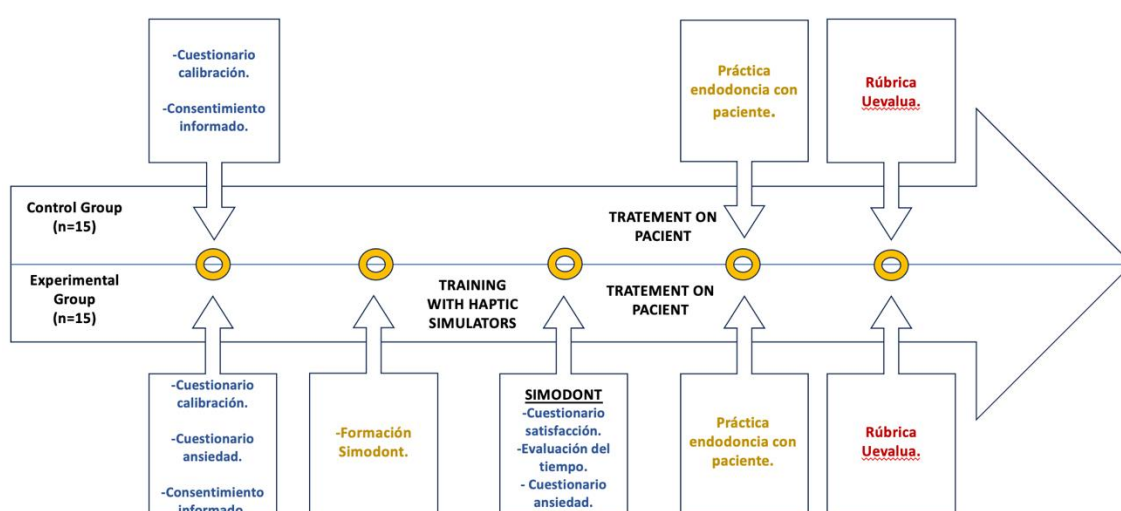


Figure 1. Flowchart summarizing all protocol steps.

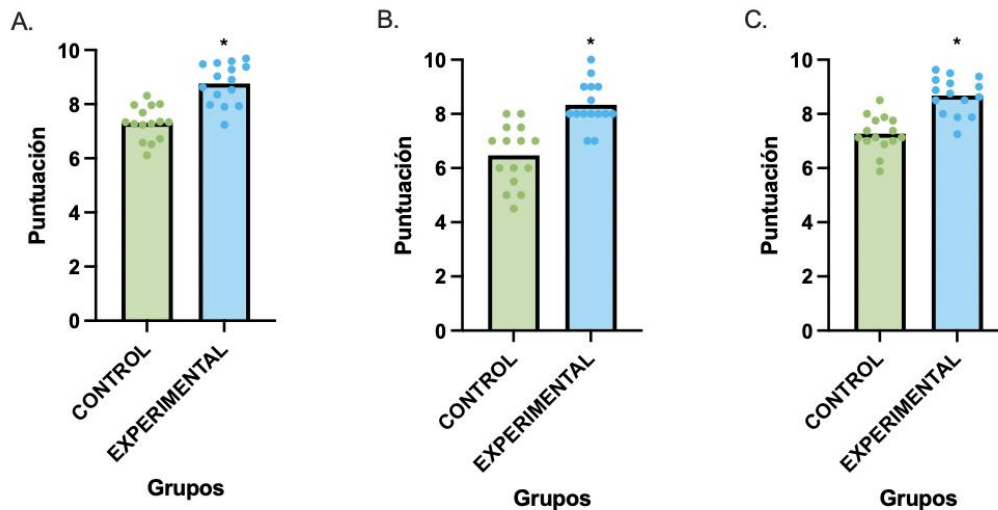


Figure 2. Results of the endodontic performance evaluation using a rubric.

A. Global rubric score. B. Access-cavity score. C. Mean score of specific endodontic parameters (access cavity, canal location/permeabilization, canal shaping, and gutta-percha obturation).

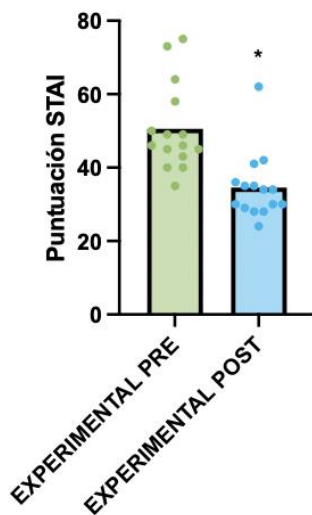
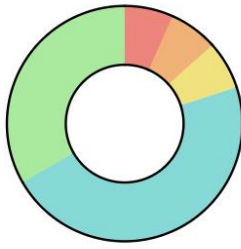


Figure 3. State-Trait Anxiety Inventory scores before haptic-simulator training (“PRE”) and after performing the endodontic procedure (“POST”).

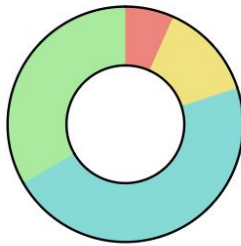
A.



B.



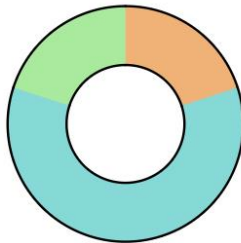
C.



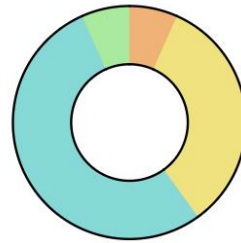
D.



E.



F.



G.

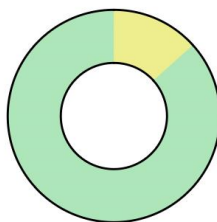


H.



1: Totalmente en desacuerdo
2: En desacuerdo
3: Indeciso
4: De acuerdo
5: Totalmente de acuerdo

I.



A. Dientes
B. Simodont
C. Combinación

Figure 4. Satisfaction survey results after using the Simodont® haptic simulator (percentages of respondents selecting each Likert-scale option).

A. "Simodont helped me visualize the pulp's 3D anatomy." B. "Simodont's haptic feedback matched that of a real handpiece." C. "I enjoyed using Simodont." D. "I prefer Simodont over artificial teeth." E. "I would recommend Simodont to friends/colleagues." F. "It was easy to adapt to using Simodont." G. "Using Simodont has improved my confidence in patient procedures." H. "Simodont's level of realism is sufficient to simulate real clinical scenarios." I. "Preference among three preclinical training modalities: Option A (natural teeth), Option B (Simodont® only), Option C (combination)."