



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

FABRICACIÓN EN 3D DE DIENTES ARTIFICIALES

SEGUNDOS MOLARES PARA

PRÁCTICAS DE ENDODONCIA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ODONTÓLOGO**

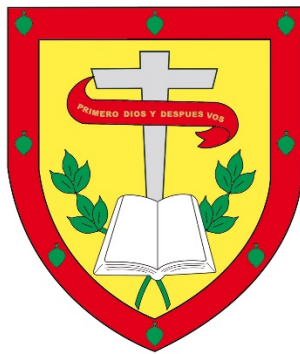
AUTOR: CAMILO ALEJANDRO GUAMÁN ARMIJOS

DIRECTOR: OD. ESP. DIANA PATRICIA ÁLVAREZ ÁLVAREZ

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

FABRICACIÓN EN 3D DE DIENTES ARTIFICIALES SEGUNDOS

MOLARES PARA PRÁCTICAS DE ENDODONCIA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ODONTÓLOGO**

AUTOR: CAMILO ALEJANDRO GUAMÁN ARMIJOS

DIRECTOR: OD. ESP. DIANA PATRICIA ÁLVAREZ ÁLVAREZ

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Fabricación en 3d de dientes artificiales segundos molares para prácticas de Endodoncia

Camilo Alejandro Guamán Armijos^{1, a}, Magda Zulay Bastidas Calva^{2, a}, Diana Álvarez Álvarez^{3, a}

RESUMEN

Introducción: El estudio se enfoca en la endodoncia, especialidad que trata las afecciones de la pulpa dental para conservar el diente. Aunque los dientes humanos extraídos usados tradicionalmente en cursos preclínicos, presentan desventajas como la recolección difícil, problemas éticos y riesgos de infección. Los dientes artificiales, aunque costosos y con variedad limitada, pueden superar estos inconvenientes al reproducir las características de los dientes naturales. Por lo que se propone usar prototipos dentales artificiales (PEX3Dent) para mejorar la formación teórica y práctica. **Materiales y métodos:** Estudio experimental que involucró la selección de un paciente sano a partir de una tomografía, para la creación de prototipos dentales en 3D, utilizando un software específico (3DSlicer) para su bosquejo digital, impresoras 3D (Anycubic Photon Mono 4k) y resinas fotosensibles (Anycubic 3D Printing UV). **Resultados:** Existieron variaciones significativas en la precisión y morfología en comparación con dientes naturales. Las pruebas iniciales identificaron suavidad excesiva del material y conductos radiculares demasiado amplios lo que dificultó el acceso coronario y la instrumentación. Sin embargo, en pruebas posteriores se mejoraron estos aspectos, acercándose al objetivo del estudio. A pesar de estos avances, se reconoce que el modelo puede ser optimizado, lo cual guiará mejoras en el diseño y materiales para futuros prototipos. **Conclusión:** El prototipo (PEX3Dent) es una herramienta prometedora para la formación en endodoncia, aunque requiere mejoras para superar las limitaciones encontradas y optimizar su uso en prácticas preclínicas. Este avance podría disminuir las complicaciones en la práctica profesional y mejorar la competencia clínica de los estudiantes de odontología.

Palabras clave: Endodoncia, prototipos dentales, impresión 3D, formación preclínica.

3D Fabrication of Artificial Teeth Second Molars for Endodontic Practices

ABSTRACT

Introduction: The study focuses on endodontics, a specialty that treats conditions of the dental pulp to preserve the teeth. Extracted human teeth are traditionally used in preclinical courses; however, they have disadvantages, such as difficult collection, ethical problems, and infection risks. Artificial teeth, although expensive and with limited variety, can overcome these drawbacks by reproducing the characteristics of natural teeth. Therefore, artificial dental prototypes (PEX3Dent) are proposed to improve theoretical and practical training. **Materials and Methods:** The experimental study involved the selection of a healthy patient from a Computed Tomography scan (CT scan) for the creation of 3D dental prototypes, using specific software (3DSlicer) for digital sketching, 3D printers Anycubic Photon Mono 4k (APM4K), and photosensitive resins Anycubic 3D Printing UV (UV). **Results:** There were significant variations in precision and morphology compared to natural teeth. Initial tests identified excessive softness of the material and root canals that were too wide, which made coronary access and instrumentation difficult. However, these aspects were improved in subsequent tests that approached the objective of the study. Despite these advances, it is recognized that the model can be optimized, guiding improvements in design and materials for future prototypes. **Conclusion:** The prototype (PEX3Dent) is a promising tool for endodontic training, although it requires improvements to overcome the limitations encountered and to optimize its use in preclinical practices. This advance could decrease complications in professional practice and improve the clinical competence of dental students.

Keywords: Endodontics, dental prototypes, 3D printing, preclinical training.

INTRODUCCIÓN

Es relevante subrayar que nuestra atención se centra en el ámbito de la odontología conocido como endodoncia, una especialidad dedicada al estudio y tratamiento de las afecciones que afectan la pulpa dental. Este tratamiento implica la eliminación de la pulpa infectada o necrótica mediante procedimientos químico-mecánicos, con el propósito de preservar la integridad del diente. (1) Es crucial destacar que esta intervención demanda una formación adecuada previa para su ejecución en pacientes. Por lo tanto, proponemos la elaboración de modelos dentales prototipos destinados a mejorar tanto el aspecto teórico como práctico en estudiantes y docentes. (2)

Comúnmente, para los cursos preclínicos, los dientes humanos extraídos han sido la práctica estándar y se consideran los mejores para simular el entorno clínico, proporcionando una buena comprensión de la anatomía interna y permitiendo a los estudiantes experimentar la sensación táctil de trabajar en la dentina. (3)

No obstante, los dientes extraídos presentan diversas desventajas que han sido objeto de debate en los últimos años, entre las cuales se incluyen la dificultad para su recolección, consideraciones éticas, posibles riesgos de infección cruzada, inconvenientes de almacenamiento y problemas de estandarización. Estas limitaciones pueden afectar la experiencia práctica del estudiante, aumentando la probabilidad de fracasos en tratamientos reales en pacientes. Por lo tanto, se han propuesto alternativas para solucionar estas deficiencias y mejorar la situación. (4)

Por otro lado, los dientes artificiales reproducen las características de los dientes naturales y pueden superar estas limitaciones. En los últimos años se han introducido en el mercado diferentes modelos fabricados, muy realistas y estandarizados. (5) Sin embargo, sus costos son altos, hay una selección limitada de tipos de dientes, los tiempos de entrega deben considerarse con dependencia de un fabricante y las diferencias entre el proceso de fabricación y el material utilizado por cada marca comercial son muy diferentes. (6-7)

La anatomía de los segundos molares, ya sean superiores o inferiores, muestra una amplia variación, incluyendo diferencias en el número de raíces y canales que pueden cambiar considerablemente de una persona a otra y hasta entre el lado derecho e izquierdo de la misma boca. Además, estos dientes característicamente poseen un sistema de canales radiculares

complejo, que podría incluir canales extras, divisiones y curvaturas, complicando así los procedimientos endodónticos. Por tanto, se necesita usar técnicas de impresión precisas para replicar dicha anatomía tanto interna como externa en dientes artificiales. (8-9)

Entre las técnicas para fabricar dientes artificiales más utilizadas se basan en el prototipado rápido, el cual tiene variados métodos, entre los cuales destacan: la Estereolitografía (SLA), la Sinterización Selectiva por Laser (SLS), la Impresión Tridimensional (3D Printing), el Modelaje por Deposición Fundida (FDM) y el Thermojet. (10) Todos los métodos de prototipado rápido se basan en el término de impresión 3D, que es generalmente usado para describir la fabricación de un objeto adicionando múltiples capas para formar dicho objeto. Este proceso es descrito más correctamente como fabricación aditiva. (11)

Cada uno de los métodos integrados en el proceso de prototipado rápido se ha vuelto indispensable en el ámbito odontológico, representando uno de sus mayores progresos, permitiendo a los estudiantes de odontología realizar prácticas de endodoncia realistas y efectivas, para mejorar la habilidad clínica, la confianza y la competencia en el tratamiento de patologías endodónticas. (12)

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un proceso adecuado de fabricación en 3D de dientes artificiales (segundos molares) que reproduzca fielmente la anatomía dental humana, permitiendo realizar prácticas de endodoncia en la Universidad Católica de Cuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección del paciente

Este estudio fue de tipo experimental, centrándose en un informe de caso. Se eligió a un único paciente que cumplía con los criterios de inclusión predefinidos: persona en buen estado de salud dental con dentición permanente completa. Se excluyeron lesiones cariosas, restauraciones extensas, tratamientos de conductos previos, prótesis fijas, prótesis parciales removibles o enfermedades bucales. Después de la selección, se solicitó al paciente que firmara un consentimiento informado para el uso de sus datos y la inclusión de los resultados de sus exámenes clínicos en la fase experimental del estudio.

El permiso para el estudio fue otorgado por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad Católica de Cuenca, bajo código CEISH-UCACUE-2023-177.

Confección de los prototipos 3D

Se realizó una tomografía al paciente como parte de los exámenes adicionales, y los datos obtenidos fueron transferidos al software 3DSlicer (versión 5.22). En este programa, se diferenciaron los tejidos, específicamente el tejido dental y el hueso alveolar, para modelar en tres dimensiones las piezas dentales necesarias para las pruebas clínicas subsiguientes. Posteriormente, cada diente fue segmentado utilizando un software llamado Meshmixer (versión 3p5), con el fin de ajustar la morfología interna y refinar la anatomía de cada pieza dental, asegurando que estas cumplan con los estándares universales establecidos para las piezas mencionadas.

A continuación, los datos de las piezas segmentadas se exportaron para las pruebas preliminares a una impresora 3D (Phrozen Mini 4k) utilizando resina transparente compatible fotosensible (Anycubic 3D Printing UV) de esta manera se consiguió fabricar los primeros prototipos de dientes artificiales impresos in vitro. Para la impresión final se utilizó una impresora 3D (Anycubic Photon Mono 4k) con la misma resina mencionada anteriormente transparente (Clear) para las raíces y para la fabricación de las coronas se usó la misma resina, pero color blanco (White), obteniendo prototipos dentales con mayor precisión tanto en su morfología interna como en su anatomía externa.

En la fase final, se integró el prototipo definitivo de las piezas dentales 1.7 y 4.7 (PEX3Dent) en los maxilares superior e inferior, fabricados mediante impresión 3D. El proceso se ajustó y replicó varias veces en las piezas dentales con pequeñas modificaciones para optimizar el prototipo y asegurar que cumpla con parámetros definidos de piezas dentales reales.

El procedimiento para la preparación de los modelos impresos en 3D fue el mismo en las tres pruebas, el cual se desarrolló como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Procedimiento para la preparación de los prototipos dentales.

Paso	Descripción
<i>1. Apertura coronaria y rectificación de paredes</i>	Se realizó el acceso, y forma de conveniencia con rectificación de las paredes de la cámara pulpar en la pieza dental previamente expuesta utilizando una fresa redonda grano grueso configuración azul (Dental Plus); y una fresa Endo Z (Densply).
<i>2. Preparación químico-mecánica de los conductos radiculares</i>	Se utilizó la técnica de escalonamiento o "Step Back" con el uso de limas manuales tipo K (Kerr) (Densply), en la primera fase para el tercio apical se instrumentó de 4 a 5 limas, y en la segunda fase de 3 a 4 limas para el tercio cervical y medio, lo que permitió la mejor preparación endodóntica posible, se irrigó con una técnica pasiva luego de cada instrumento con la ayuda de agua destilada, suero, hipoclorito de sodio al 2.5%.
<i>4. Obturación de los conductos</i>	Se realizó una técnica de condensación lateral, con el uso de conos de gutapercha principales, secundarios, cemento Sealapex y condensadores laterales y verticales.

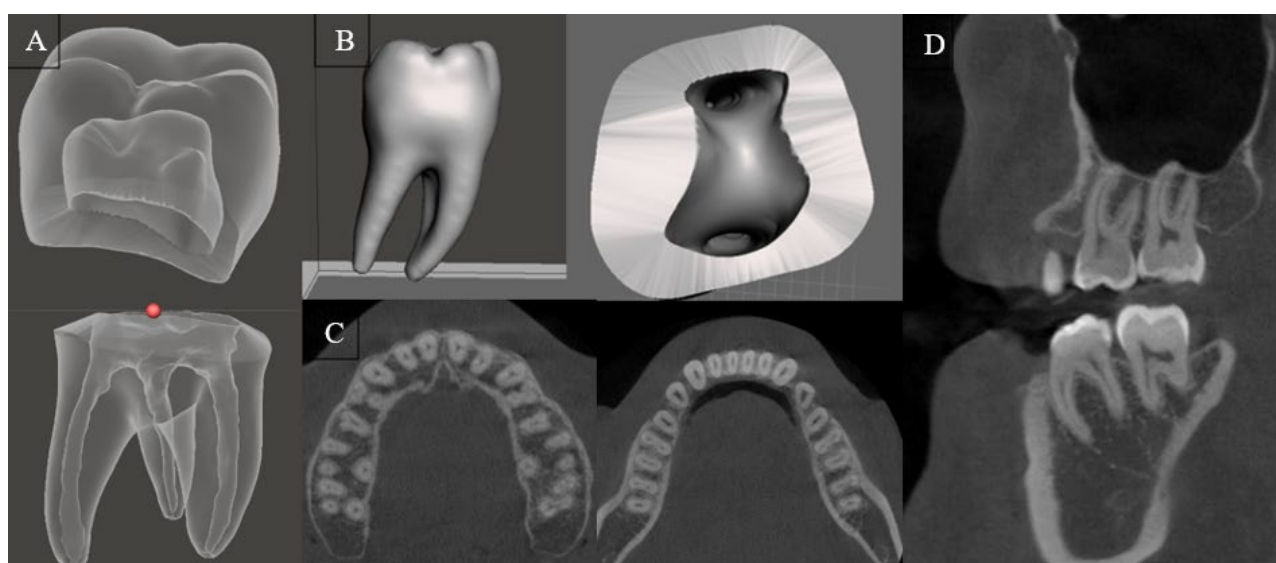


Fig 1. A) Modelos STL de la pieza vista transparente. B) Modelos STL de la pieza vista sólida. C) Tomografía corte coronal. D) Tomografía corte axial.

RESULTADOS

Se analizaron los modelos dentales de los dientes 1.7 y 4.7, correspondientes al segundo molar superior e inferior derecho, respectivamente, con el objetivo de verificar la concordancia entre estos modelos dentales impresos en 3D y los dientes reales de un paciente específico. En concreto, se realizaron tres pruebas de cada modelo preliminar de las piezas en cuestión obteniendo los siguientes resultados.

Primera prueba

El segundo molar presentó tres raíces, y la transparencia del material facilitó una identificación precisa de la ubicación y forma de los conductos, simulando de esta manera tanto la morfología externa como interna de la pieza dental (Fig 2). En el interior de los conductos se encontró pintura acrílica color rojo que simularía la pulpa dental. Al preparar el esmalte que representa la corona clínica, se encontró una resina blanda, sin resistencia aparente, lo que dificultó el acceso con el uso de la fresa redonda grano grueso por su consistencia pegajosa. Debido a la suavidad del material, durante el desgaste compensatorio fue complicado controlar la presión ejercida para evitar un desgaste excesivo en ciertas áreas de la pieza dental.

En cuanto a la instrumentación, se inicio con una lima preserie #10, se observó una complicación significativa debido a la amplitud de los conductos a nivel del tercio cervical, por lo que no se continuó con la técnica de instrumentación, se procedió a la irrigación, que de igual manera resultó deficiente debido a la presencia de pintura roja en el interior de los conductos la cual era sumamente acuosa. En relación al uso de la gutapercha, se experimentó una similitud notable con una pieza dental real. Sin embargo, la inserción de la gutapercha en el prototipo no alcanzó la longitud del ápice debido a la amplitud de los conductos a nivel apical.

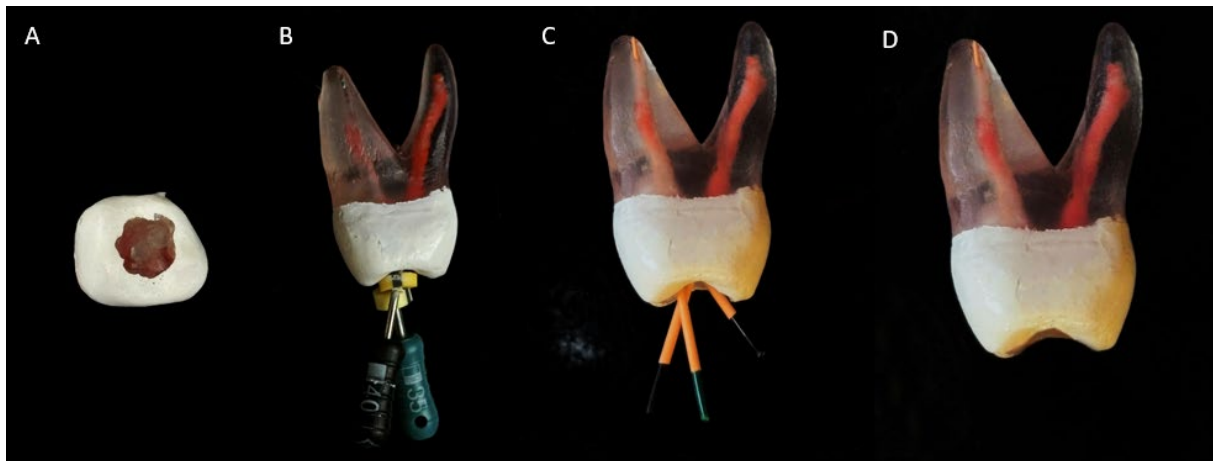


Fig 2. A) Acceso coronario. B) Instrumentación. C) Conometría. D) Obturación.

Segunda prueba

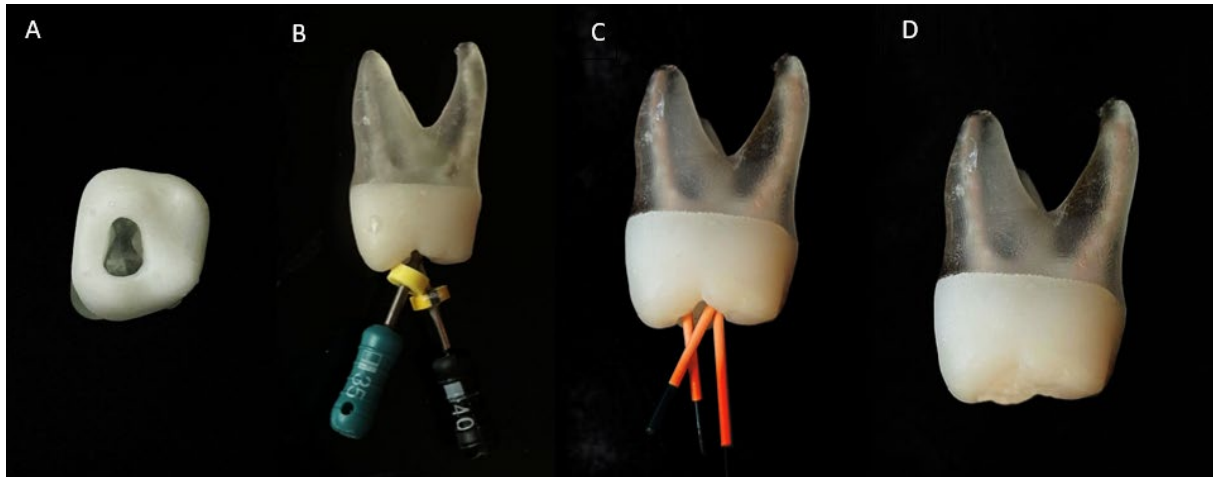
En la segunda prueba, tanto la morfología como la visibilidad de los conductos permanecieron intactas y mostraron una similitud adecuada en comparación con una pieza real (Fig 3). Sin embargo, se reemplazó el color y la viscosidad de la pintura acrílica roja por un color blanco, siendo esta última significativamente más viscosa.

En cuanto a la instrumentación del conducto de la raíz palatina, se inició la instrumentación con una lima preserie #10 a una longitud de trabajo de 18 mm, se continuó con las limas #15, #20, #25, #30 y #35 (lima maestra) a la misma longitud de trabajo, el retroceso se realizó con las limas #40 (17mm), #45 (16mm) y #50 (15mm). Se colocó un cono de gutapercha #35 a la longitud de trabajo y se procedió a obturar junto con los conos accesorios. En cuanto al conducto de la raíz mesio-vestibular, la lima de inicio fue la #10 a una longitud inicial de 20 mm, hasta la lima maestra #35. El retroceso se realizó con las limas #40 (19mm), #45 (18mm) y #50 (17mm). Tras la irrigación, se insertó un cono de gutapercha #35 a la longitud de trabajo y finalmente se obturó con una técnica de condensación lateral. De igual manera, en la raíz disto-vestibular, se realizó la preparación químico mecánica con una lima de inicio #10 a una longitud de trabajo de 21mm, hasta una lima maestra #40, el retroceso con las limas #45 (20mm), #50 (19mm) y #55 (18mm).

Durante el procedimiento, se presentaron ciertas dificultades, tales como raíces muy frágiles, cámaras pulpares muy pequeñas, conductos extremadamente estrechos o amplios, y longitudes erróneas en los molares que no alcanzaban el tercio apical. Estas complicaciones impidieron

que la lima ingresara en su totalidad. Al iniciar la apertura, la pintura acrílica comenzó a desprenderse y a enredarse en la fresa, lo que generó fricción y un calentamiento que volvió el material pegajoso. Esto resultó incómodo, ya que manchaba toda la estructura, reduciendo el campo visual y afectó la limpieza del área de trabajo. Finalmente, durante la preparación mecánica se experimentó una fragilidad del material, lo que causó la fractura de la raíz.

Fig 3. A) Acceso coronario. B) Instrumentación. C) Conometría. D) Obturación.



Tercera prueba

En la tercera y última prueba, la adaptabilidad y confort fue prácticamente la de una pieza dental real (Fig 4). Para la instrumentación de la raíz disto-vestibular se inició con una lima preserie #10 a una longitud de 23mm, continuando con las limas #15, #20, #25, #30 y #35 (lima maestra) a la misma longitud, el retroceso se realizó con las limas #40 (22mm), #45 (21mm) y #50 (20mm). En la raíz mesio-vestibular, igualmente se usó una lima #10 para empezar a una longitud de 20mm, hasta la lima maestra #20 a la longitud de trabajo, el retroceso con las limas #25 (19mm), #30 (18mm) y #35 (17mm).

Finalmente, en la raíz palatina, se comenzó con la misma lima de preserie #10 a una longitud de trabajo de 19 mm, hasta la lima maestra #35, se procedió con el retroceso mediante limas #40 (18mm), #45 (17mm) y #50 (16mm). Tras la irrigación, se insertó un cono de gutapercha #30 a la longitud de trabajo y finalmente se obturó junto a los conos accesorios.

Se continuo la debilidad en la zona del límite apical, donde las limas perforaron el ápice con gran facilidad. Además, el material de la corona se desgastó rápidamente al utilizar la turbina. A pesar de estas deficiencias, se logró obtener una morfología casi exacta de ambos molares en comparación con una pieza dental real, tanto en el exterior como en la morfología interna de los conductos. El proceso de instrumentación puede observarse con claridad, lo que facilita una mejor comprensión del procedimiento realizado.

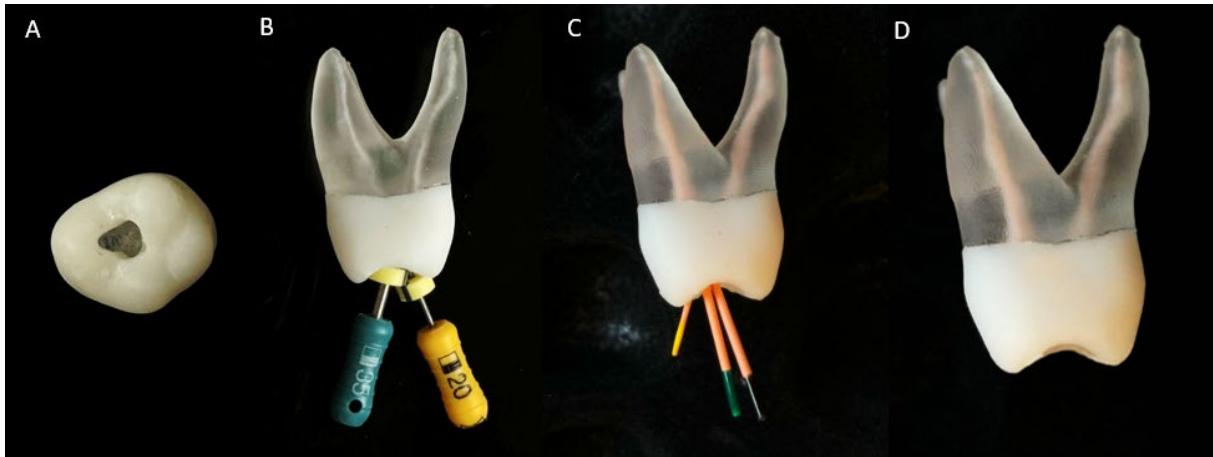


Fig 4. A) Acceso coronario. B) Instrumentación. C) Conometría. D) Obturación.

Como resultado final, se consiguió fabricar un prototipo dental, el cual se denominó como PEX3Dent, que cumple de forma adecuada con las características de la morfología dental tanto interna como externa, cumpliendo así el objetivo del estudio. Este prototipo mejorará las prácticas preclínicas de endodoncia en los estudiantes y docentes de la carrera de Odontología, permitiéndoles alcanzar experiencias muy parecidas a la realidad dentro de los escenarios pedagógicos, lo que contribuirá a disminuir complicaciones durante la práctica preprofesional.

No obstante, considerando las dificultades encontradas durante el proceso, se reconoce que este primer intento de modelo puede ser mejorado. Las pruebas y desafíos enfrentados proporcionan valiosas lecciones para optimizar el diseño y mejorar los materiales, alcanzando una mayor precisión en futuros prototipos.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se analizó la impresión 3D de un prototipo dental, que demuestra un avance significativo en la precisión morfológica en comparación con dientes reales. La impresión 3D, con su creciente aceptación en el campo odontológico, ofrece la capacidad de prevenir complicaciones en tratamientos y permite la producción de piezas complejas para estudios detallados. No obstante, a pesar del avance tecnológico de la impresión 3D, persisten problemas significativos en las piezas impresas después de las pruebas realizadas, tales como la fragilidad del material, la capacidad de controlar el desgaste y las dificultades durante la instrumentación, irrigación y obturación.

La evolución de la educación dental ha sido marcada por el uso de diferentes materiales y tecnologías para la simulación y el entrenamiento preclínico. Anderson et al. (13) menciona que tradicionalmente se han utilizado dientes extraídos y dientes de resina disponibles comercialmente. Los dientes extraídos, aunque proporcionan una simulación clínica semi-realista, presentan limitaciones significativas, como la disponibilidad irregular y la posible degradación de sus propiedades debido a la desinfección, almacenamiento y conservación. Lo que concuerda con el motivo del presente estudio para realizar el prototipo dental.

Min et al. (14) está de acuerdo en que la tecnología de impresión tridimensional se ha aplicado en todos los campos de la odontología, y la endodoncia no es una excepción. En endodoncia, la tecnología de impresión 3D ha servido para varios propósitos, incluyendo la preparación de cavidades de acceso, educación y entrenamiento en estudiantes.

Marending y Robberecht (15-16) destacan que los prototipos de dientes han demostrado ventajas significativas sobre los dientes extraídos en ejercicios de simulación. Aspectos como la capacidad de conformación, la precisión de las preparaciones de acceso y las técnicas de obturación se han estudiado con configuraciones de canales uniformemente controladas, mejorando notablemente la calidad de la formación preclínica en los estudiantes.

Además, Anderson et al. (13) resalta que los avances en materiales CAD/CAM están haciendo posibles alternativas cada vez más realistas a los dientes extraídos. La tecnología de impresión 3D, ampliamente aceptada en el campo odontológico, permite la creación de modelos tridimensionales precisos basados en datos digitales. Esto ofrece ventajas significativas, como

la prevención de complicaciones en los tratamientos y la posibilidad de imprimir piezas complejas para estudios posteriores.

En cuanto a las tecnologías de impresión específicas, en el presente estudio se utilizó la técnica de estereolitografía, Huang et. al (17) argumenta que la estereolitografía (SLA) es una técnica que utiliza resina fotopolimerizable para imprimir a gran velocidad, produciendo piezas lisas y precisas. Anderson y colaboradores (13) concuerdan que las impresoras que utilizan una pantalla para proyectar digitalmente la imagen capa por capa, ofrecen un curado más rápido comparado con la SLA, que cura punto por punto. Leiva et al. (11) asegura que la estereolitografía es ampliamente utilizada en odontología, especialmente en endodoncia, para generar modelos 3D sólidos y de tamaño real.

Tobin et al. (18) menciona que la tecnología 3D ha permitido avances tecnológicos y científicos significativos, integrando a profesionales y estudiantes en la práctica odontológica, lo cual garantiza niveles más altos de seguridad y salud para los pacientes. Varios autores (11-13-16) concuerdan en que estos desarrollos subrayan la importancia de continuar invirtiendo en investigación y desarrollo de tecnologías de impresión 3D para mejorar la educación y la práctica odontológica. Finalmente, Reis y colaboradores (4) argumentan que los dientes impresos en 3D tienen el potencial de convertirse en el estándar de oro para estudios in vivo y la formación endodóntica, sustituyendo eventualmente a los dientes naturales.

De acuerdo a las pruebas realizadas es crucial proceder con precaución durante la instrumentación para evitar perforaciones o la creación de falsos conductos. Alvaro et al. y Yueyi et al. (19-20) concuerdan que la apariencia estética, la resistencia al desgaste y la precisión dimensional son las principales limitaciones clínicas actuales que restringen el avance hacia la producción de piezas funcionales con impresión 3D, lo que puede explicar la ausencia de ensayos clínicos e informes sobre materiales y estructuras restaurativas dentales definitivas.

Sin embargo, para alcanzar el objetivo planteado, es necesario realizar más estudios que aborden los problemas actuales de los dientes impresos en 3D. Además, se requiere el desarrollo de protocolos bien establecidos para estandarizar los métodos, lo que permitiría comparar los resultados entre diferentes estudios de manera más efectiva.

CONCLUSIONES

El desarrollo del prototipo dental ha demostrado ser una iniciativa prometedora para mejorar la formación en endodoncia en los estudiantes de la carrera de odontología. A pesar de los desafíos presentes, el prototipo final logró un aspecto clínico y una morfología interna casi exacta en comparación con un diente real. Esta precisión representa un logro significativo, ya que permite a los estudiantes experimentar y practicar procedimientos endodónticos en un entorno controlado y seguro, mejorando así su habilidad clínica, confianza y competencia.

Se recomienda continuar utilizando el presente prototipo dental para las prácticas preclínicas de los estudiantes de odontología, considerando las limitaciones previamente descritas. El prototipo se considera adecuado para tales fines y puede contribuir significativamente a la formación integral de futuros profesionales en el área de la endodoncia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Corona-Tabares M, Barajas -Cortéz L, Villegas-Medina O, Quiñonez- Zárata L, Gutiérrez- Dueñas I. Manual de endodoncia basica. En: Manual de endodoncia básica [Internet]. 2009. p. 83. Disponible en: https://www.ecorfan.org/manuales/manuales_nayarit/Manual de Endodoncia basica V6.pdf
2. Greco-Machado Y, García-Molina JA, Lozano-De Luaces V, Manzaranes-Céspedes MC. Endodoncia. En: Artículo Investigación Endodoncia [Internet]. 2009. p. 13-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341657127_ENDODONCIA_Volumen_26_Numero_1_Enero-Marzo
3. José Llanos López M, José M. Prototipado rápido tecnología al servicio de la salud [Internet]. [citado 30 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://revistas.um.es/eglobal/article/view/493>
4. Reis T, Barbosa C, Franco M, Baptista C, Alves N, Castelo-Baz P, et al. 3D-Printed teeth in endodontics: why, how, problems and future—A narrative review. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 1 de julio de 2022 [citado 19 de enero de 2024];19(13). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35805624/>
5. Takaichi A, Fueki K, Murakami N, Ueno T, Inamochi Y, Wada J, et al. A systematic review of digital removable partial dentures. Part II: CAD/CAM framework, artificial teeth, and denture base. J Prosthodont Res [Internet]. 2022 [citado 20 de noviembre de 2023];66(1):53-67. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33504722/>
6. Cindy P. Rivera-Guerrero. Tecnología CAD/CAM en la consulta dental. Rev Cient Dominio las Ciencias [Internet]. 2017 [citado 23 de noviembre de 2023];3(2):799-821. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/356>
7. Ferreira I, Calazans Neto JV, Cândido dos Reis A, Takaichi A, Fueki K, Murakami N, et al. Artificial teeth obtained by additive manufacturing: Wear resistance aspects. A systematic review of in vitro studies. J Prosthodont Res [Internet]. 2024 [citado 10 de enero de 2024];66(1):53-67. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023104877>

8. Alamri HM, Mirza MB, Riyahi AM, Alharbi F, Aljarbou F. Root canal morphology of maxillary second molars in a Saudi sub-population: A cone beam computed tomography study. *Saudi Dent J* [Internet]. 2020 [citado 18 de enero de 2024];32(5):250-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2019.09.003>
9. Xia Y, Qiao X, Ya-Jing H, Yue-Heng L, Zhou Z. Root anatomy and root canal morphology of maxillary second permanent molars in a chongqing population: A cone-beam computed tomography study. *Med Sci Monit* [Internet]. 2020 [citado 3 de diciembre de 2023];26:1-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32810082/>
10. Nogueira Barbosa Alencar P, Roque-Torres GD, Meneses-López A, Bóscolo N, De Almeida SM, Groppo FC. The use of rapid prototyping in dentistry [Internet]. *Rev Estomatol Herediana*. 2015 [citado 4 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4439675/>
11. Leiva N, Carranza F, Sat I. Estereolitografía en odontología: Revisión bibliográfica. *Odontol Sanmarquina* [Internet]. 8 de agosto de 2017 [citado 20 de enero de 2024];20(1):29. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318997561_Estereolitografia_en_Odontologia_Revision_bibliografica
12. Oberoi G, Nitsch S, Edelmayer M, Janjic K, Müller AS, Agis H. 3D printing-encompassing the facets of dentistry. *Front Bioeng Biotechnol* [Internet]. 2018 [citado 22 de noviembre de 2023];6(NOV):1-13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30525032/>
13. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *Int Endod J* [Internet]. 2018;51(9):1005-18. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/iej.12917>
14. Jeong M, Radomski K, Lopez D, Liu JT, Lee JD, Lee SJ. Materials and applications of 3D printing technology in dentistry: an overview. *Dent J* [Internet]. 2024 [citado 27 de junio de 2024];12(1):1-15. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10814684/>

15. Marending M, Biel P, Attin T, Zehnder M. Comparison of two contemporary rotary systems in a pre-clinical student course setting. *Int Endod J* [Internet]. 2016 [citado 22 de junio de 2024];49(6):591-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26077169/>
16. Robberecht L, Chai F, Dehurtevent M, Marchandise P, Bécavin T, Hornez JC, et al. A novel anatomical ceramic root canal simulator for endodontic training. *Eur J Dent Educ* [Internet]. 2017 [citado 22 de junio de 2024];21(4):e1-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27146633/>
17. Huang S, Wei H, Li D. Additive manufacturing technologies in the oral implant clinic: A review of current applications and progress. *Front Bioeng Biotechnol* [Internet]. 2023 [citado 22 de junio de 2024];11(January):1-16. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9895117/>
18. Tobin, Aniuska; Max E. Clinical endodontic applications of 3D printing. *Adv Dent Oral Heal* [Internet]. 2022 [citado 16 de mayo de 2024];15(4). Disponible en: <https://juniperpublishers.com/adoh/ADOH.MS.ID.555917.php>
19. Bona A Della, Cantelli V, Britto VT, Collares K, Fundo P, Campus M. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. 2022 [citado 27 de junio de 2024];37(2):336-50. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7855936/>
20. Tian Y, Chen CX, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A review of 3D printing in dentistry: technologies, affecting factors, and applications. *Scanning* [Internet]. 2021 [citado 27 de junio de 2024];2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8313360/>