South American Publishing

SAP Dentistry. 2026; 4:186
doi: 10.62486/dent2026186

ORIGINAL

Open Educational Resources in 3D format for teaching stomatognathic system anatomy in dentistry: development, implementation and evaluation

Recursos Educativos Abiertos en formato 3D para la enseñanza de la anatomía del sistema estomatognático en odontología: elaboración, implementación y evaluación

Fátima Carpio-Guzmán[1], Amparo García-González[1], José Antonio Jerónimo-Montes[1] ✉, Juan Ignacio Cruz Ramírez[1], Gabriela Alejandra Albiter Farfán[1]

[1]Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Cite as
Carpio-Guzmán F, García-González A, Jerónimo-Montes JA, Cruz Ramírez JI, Albiter Farfán GA. Open Educational Resources in 3D format for teaching stomatognathic system anatomy in dentistry: development, implementation and evaluation. SAP Dentistry. 2026; 4:186. https://doi.org/10.62486/dent2026186

Publication History
Submitted: 25-01-2026
Revised: 08-03-2026
Accepted: 06-05-2026
Published: 07-05-2026

Corresponding Author
José Antonio Jerónimo-Montes ✉

ABSTRACT

Introduction: the COVID-19 pandemic exposed the scarcity of digital and 3D-printed Open Educational Resources (OER) in the Dentistry program at Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza), UNAM, limiting the teaching-learning process of stomatognathic anatomy.
Objective: to develop 3D-printed models of the maxilla and mandible from real patient computed tomography scans as innovative OERs, assess their educational utility, and document the benefits for dental anatomy teaching.
Method: design thinking approach. DICOM files from two real patients were processed using Materialise Mimics and Blender to generate 3D print files, produced with an Anycubic Kobra Max printer. Four dental interns participated in a theoretical-practical session using the models and evaluated the material through a Google Forms questionnaire.
Results: 100 % of participants found the models easy to handle, interest-generating, conducive to clarifying doubts, and adequate for their didactic purpose. Between 75 % and 100 % correctly identified anatomical structures from all views. Main improvement suggestions focused on color differentiation of structures.
Conclusions: 3D-printed models derived from real patient CT scans are innovative, accessible, and highly effective OERs for teaching maxillary and mandibular anatomy, with potential use across multiple modules of the Dentistry program.

Keywords: Open Educational Resources; Three-Dimensional Models; 3D Printing; Dental Education; Stomatognathic Anatomy; Emerging Pedagogies; Educational Technology.

RESUMEN

Introducción: la pandemia por COVID-19 evidenció la escasez de Recursos Educativos Abiertos (REA) digitales e impresos en 3D en la carrera de Cirujano Dentista de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza), UNAM, limitando el proceso de enseñanza-aprendizaje de la anatomía del sistema estomatognático.
Objetivo: elaborar modelos tridimensionales (3D) impresos de los huesos maxila y mandíbula a partir de tomografías computarizadas de pacientes reales como REA innovadores, evaluar su utilidad didáctica y documentar sus beneficios para la enseñanza de la anatomía del sistema estomatognático.
Método: estudio con enfoque en pensamiento en diseño. Se obtuvieron tomografías computarizadas de dos pacientes reales; los archivos DICOM fueron procesados con Materialise Mimics y Blender para generar archivos de impresión 3D, producidos en una impresora Anycubic Kobra Max. Cuatro pasantes la Licenciatura de Cirujano Dentista participaron en una sesión teórico-práctica con los modelos y evaluaron el material mediante un cuestionario en Google Forms.
Resultados: el 100 % de las participantes consideraron que los modelos facilitan la manipulación, generan mayor interés en el aprendizaje de la anatomía, permiten externar dudas más fácilmente y cumplen adecuadamente su función didáctica. Entre el 75 % y el 100 % identificaron correctamente las estructuras anatómicas desde todas las vistas. Las principales sugerencias de mejora se orientaron al color y diferenciación de estructuras.
Conclusiones: los modelos 3D impresos derivados de tomografías de pacientes reales constituyen REA innovadores, accesibles y altamente eficaces para la enseñanza de la anatomía de la maxila y la mandíbula, con potencial para ser empleados en múltiples módulos de la carrera de Cirujano Dentista.

Palabras clave: Recursos Educativos Abiertos; Modelos Tridimensionales; Impresión 3D; Enseñanza Odontológica; Anatomía Estomatognática; Pedagogías Emergentes; Tecnología Educativa.

© 2026; The Authors. This Open access article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la anatomía humana en las carreras del área de la salud ha dependido históricamente de recursos físicos como cráneos naturales, modelos plásticos y atlas ilustrados. En el contexto de la carrera de Cirujano Dentista de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza), UNAM, el estudio de la anatomía del sistema estomatognático —en particular de los huesos maxila y mandíbula— se realiza en la Unidad Multimedia de Morfofisiología, un espacio equipado desde 2016 con recursos interactivos para múltiples carreras. Sin embargo, la carrera de Cirujano Dentista carece de modelos anatómicos propios desarrollados en dicho espacio. La pandemia por COVID-19 (2019-2020) aceleró la crisis de disponibilidad de recursos didácticos, al suspender las actividades presenciales y evidenciar la escasez de Recursos Educativos Abiertos (REA) digitales actualizados en los repositorios institucionales de la UNAM y de otras universidades. Esta situación limitó significativamente la adquisición de habilidades clínicas por parte de los estudiantes, dado que la anatomía es una disciplina esencialmente descriptiva y táctil, en la que la interacción directa con el objeto de estudio resulta imprescindible.

Los cráneos naturales disponibles en la institución presentan desgaste, pérdida de estructuras y la imposibilidad de desarticularse, lo que dificulta la observación completa de vistas, caras y bordes de los huesos. Frente a esta problemática, la incorporación de tecnologías de fabricación digital —como la impresión 3D a partir de tomografías computarizadas (TC) de pacientes reales— emerge como una alternativa didáctica innovadora, accesible e institucionalmente viable, dado que la FES Zaragoza cuenta desde 2023 con una impresora tridimensional en su laboratorio de Morfofisiología. Diversos estudios respaldan el valor pedagógico de los modelos tridimensionales en ciencias de la salud. Brumpt et al.[1], Ferneez et al.[2], Inca[3], León[4], Moreno et al.[5], Orozco et al.[6] y Pardo et al.[7] han documentado que el uso de modelos 3D obtenidos de TC potencia la adquisición de conocimientos anatómicos, facilita la expresión de dudas, mejora la interacción alumno-docente y promueve un aprendizaje más activo y participativo.

El presente trabajo se enmarca en el proyecto PAPIME P8202124 titulado “Aprendizaje Mediado por Recursos Digitales Abiertos 3D y la Integración de los Conocimientos de las áreas básicas con el área clínica” y tiene como propósito central elaborar REA en formato 3D impreso de los huesos maxila y mandíbula a partir de tomografías de pacientes reales, incorporarlos a una sesión didáctica y evaluar su utilidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la anatomía del sistema estomatognático, documentando sus beneficios, limitaciones y potencial de expansión a otros módulos de la carrera.

El Movimiento de Recursos Educativos Abiertos (MREA)

El Movimiento de Recursos Educativos Abiertos (MREA) cada vez ha ganado mayor presencia y relevancia a nivel internacional y nacional debido prioritariamente a dos factores. El primero hace referencia a la inserción dentro del macro movimiento de Ciencia Abierta proyectado como la expansión del conocimiento científico y tecnológico que multiplica las fuerzas productivas y las posibilidades de comunicar y curar que tienen los seres humanos. La UNESCO en el año 2002 acuñó el término de Recurso Educativo Abierto al referirse a los recursos educativos de libre acceso que son materiales de enseñanza, aprendizaje o investigación que se encuentran en el dominio público o que han sido publicados con una licencia de propiedad intelectual que permite su utilización, adaptación y distribución gratuitas, hasta el momento actual éstos recursos no ha sido adoptados en distintas Instituciones de Educación Superior como: universidades, escuelas normales, Instituciones Formadoras de Docentes

La recomendación sobre los Recursos Educativos Abiertos (REA), aprobada por la Conferencia General de la UNESCO en su 40ª reunión, el 25 de noviembre de 2019, es el primer instrumento normativo internacional que abarca el ámbito del material educativo y las tecnologías con licencia abierta en la educación.

MÉTODO

Diseño del estudio

El estudio adoptó el enfoque del pensamiento en diseño (Design Thinking), una metodología iterativa centrada en el usuario que permite identificar necesidades educativas reales, prototipar soluciones y evaluarlas en contexto. El objeto de estudio fue el proceso de enseñanza-aprendizaje de la anatomía de los huesos maxila y mandíbula en el módulo de Sistema Estomatognático de la carrera de Cirujano Dentista de la FES Zaragoza, UNAM.

Participantes

Figura 1. Participantes del proyecto

La muestra estuvo conformada por cinco pasantes de la Licenciatura de Cirujano Dentista adscritas al Programa de Servicio Social "Uso y apropiación de las tecnologías para el análisis de las alteraciones bucales". La selección fue intencional, considerando su participación activa en el programa y su disponibilidad para la sesión. El estudio fue de carácter anónimo y confidencial; las participantes otorgaron consentimiento informado al inicio del cuestionario de evaluación (figura 1).

Obtención y procesamiento de imágenes tomográficas

Se utilizaron dos tomografías computarizadas (TC) de pacientes reales con alteraciones en la maxila y la mandíbula, proporcionadas por el asesor del proyecto a partir de su archivo docente y por un estudiante de la Especialidad de Ortodoncia y Ortopedia Maxilofacial. Los archivos DICOM fueron procesados mediante la aplicación Materialise Mimics para la segmentación y extracción de estructuras óseas, y posteriormente editados con Blender (software libre de modelado 3D) para optimizar la geometría y generar los archivos de impresión en formato STL (STereoLithography).

Producción de los modelos 3D

Los modelos fueron impresos en la impresora Anycubic Kobra Max, disponible en el laboratorio de Morfofisiología de la FES Zaragoza Campus I, utilizando filamento PLA (ácido poliláctico). El proceso de impresión requirió supervisión continua para evitar sobrecalentamiento del equipo y asegurar la correcta ejecución de los ejes X y Y. Se obtuvieron los modelos de la maxila, la mandíbula y un corte sagital del viscerocráneo del segundo paciente para ilustrar la extensión de una patología ósea.

Implementación didáctica

Se realizó una sesión teórico-práctica individual con las cuatro pasantes. La sesión incluyó: (1) explicación de generalidades y anatomía descriptiva de la maxila y la mandíbula usando los modelos 3D para señalar, delimitar y manipular las estructuras; (2) presentación y discusión de dos casos clínicos utilizando los modelos impresos de las tomografías de los pacientes reales —un absceso periapical crónico en el segundo molar superior con afectación del seno maxilar, y una lesión osteolítica de la mandíbula compatible con queratoquiste o ameloblastoma—; (3) sesión de preguntas y respuestas con manipulación activa de los modelos.

Figura 2. Aprencies con biomodelo de maxilar y de mandibula.

Evaluación

Al término de la sesión, las participantes respondieron un cuestionario estructurado diseñado en Google Forms, compuesto por preguntas cerradas (escala dicotómica sí/no) y abiertas. El instrumento evaluó: similitud en color y tamaño de los modelos con el hueso real, visibilidad de estructuras anatómicas desde seis vistas para cada hueso (anterior, posterior, laterales, inferior y superior), facilidad de manipulación, generación de interés, facilidad para externar dudas, cumplimiento de la función didáctica y sugerencias de mejora.

RESULTADOS

Evaluación del modelo de la maxila

Respecto al modelo tridimensional de la maxila, el 75 % de las participantes consideró que el color y tamaño se asemejan al hueso real; el 25 % señaló diferencias en la fidelidad de la impresión. En cuanto a la visibilidad de estructuras, el 75 % identificó correctamente las estructuras desde las vistas anterior, posterior e inferior, mientras que el 100 % las identificó adecuadamente desde las vistas lateral y superior. Las participantes que señalaron dificultades atribuyeron éstas a la presencia de rebabas de material y al color uniforme del filamento PLA, que dificulta la diferenciación de estructuras adyacentes.

Evaluación del modelo de la mandíbula

En el modelo mandibular, el 75 % de las participantes consideró que el tamaño y color son similares a la mandíbula real. La visibilidad de estructuras fue correcta para el 75 % desde las vistas anterior, lateral e inferior, y para el 100 % desde las vistas posterior y superior. De manera destacada, la interacción con el modelo facilitó la comprensión del trayecto del conducto dentario inferior y sus variantes anatómicas, estructura de especial relevancia clínica para procedimientos como la anestesia troncular, cirugía de terceros molares, endodoncia e implantes osteointegrados.

Evaluación general de los modelos

El 100 % de las participantes coincidió en que los modelos son de fácil manipulación, generan mayor interés por el estudio de la anatomía en comparación con los recursos habituales (libros y presentaciones digitales), facilitan la expresión y comprensión de dudas, y cumplen adecuadamente su función como material didáctico. Al justificar sus respuestas, las participantes destacaron que la posibilidad de tomar, girar y observar de cerca los modelos favoreció la comprensión de las relaciones anatómicas y estimuló el razonamiento crítico-deductivo. El 100 % sugirió modificaciones relacionadas con el color, proponiendo asignar diferentes tonalidades a cada estructura anatómica para facilitar su identificación (figura 3).

Figura 3. Estudiantes evaluando los recursos impresos 3D

Uso en casos clínicos

La incorporación de modelos derivados de tomografías de pacientes reales —incluyendo un caso de patología— permitió contextualizar el conocimiento anatómico en escenarios clínicos concretos. Las participantes identificaron con mayor facilidad las estructuras comprometidas en cada caso y participaron activamente en la discusión diagnóstica y terapéutica, evidenciando el potencial de los modelos para desarrollar el razonamiento clínico desde etapas tempranas de la formación.

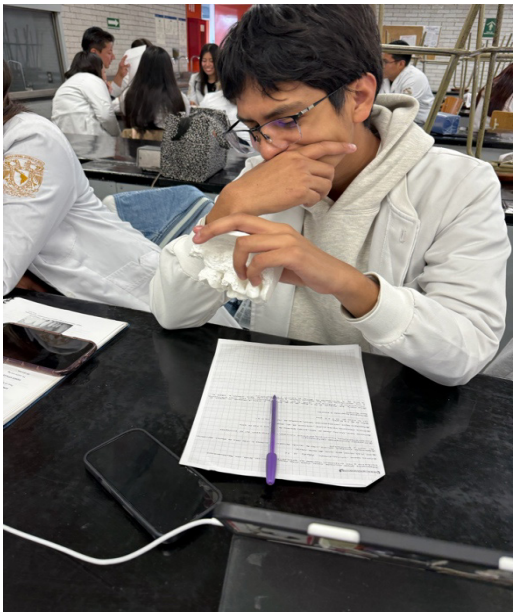

Figura 4. Aprendiz analizando caso clínico con apoyo de biomodelo 3D

DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo coinciden con los hallazgos reportados en a literatura internacional sobre el uso de modelos 3D en la enseñanza de las ciencias de la salud Brumpt et al.[1], Ferneez et al.[2], Inca[3], León[4], Moreno et al.[5], Orozco et al.[6] y Pardo et al.[7]. La integración de la impresión 3D a partir de TC de pacientes reales representa una innovación pedagógica significativa en el contexto odontológico, pues permite superar las limitaciones de los cráneos naturales desgastados —que no pueden desarticularse ni garantizan la integridad de todas las estructuras— y de los modelos comerciales a los cuales les faltan detalles anatómicos y cuyo costo resulta prohibitivo para muchas instituciones educativas públicas.

La condición de Recurso Educativo Abierto que poseen estos modelos, producidos en instalaciones propias de la FES Zaragoza con herramientas de software libre (Blender) y hardware institucional (impresora Anycubic Kobra Max), los convierte en materiales reproducibles, escalables y accesibles para docentes y estudiantes en cualquier momento del ciclo escolar. Esta característica resulta especialmente relevante en el marco del proyecto de innovación y mejoramiento de la enseñanza orientado a fortalecer el movimiento educativo abierto en contextos de incertidumbre.

La alta aceptación de los modelos por parte de las participantes —que fue unánime en los indicadores de manipulación, generación de interés, facilitación de dudas y cumplimiento de la función didáctica— respalda su implementación en la práctica docente regular del módulo de Sistema Estomatognático. Asimismo, la posibilidad de exponer casos clínicos reales con modelos impresos del propio paciente constituye una aproximación pedagógica que desarrolla el razonamiento deductivo y la toma de decisiones clínicas, competencias centrales en la formación del cirujano dentista.[8]

Entre las limitaciones identificadas destacan la fidelidad limitada del color del filamento PLA —señalada por el 25-100 % de las participantes según la vista evaluada—, la presencia de rebabas de impresión, el tiempo considerable requerido para la producción de cada modelo, y los costos de mantenimiento del equipo y capacitación del personal. La sugerencia generalizada de diferenciar estructuras por color apunta hacia el uso de filamentos multicolor o el pintado posterior de los modelos como estrategias de mejora.[9]

El potencial de expansión de este material didáctico hacia otros módulos de la licenciatura —como Medicina y Patología Bucal, y Clínica Estomatológica Integral— abre la posibilidad de construir un repositorio de modelos derivados de tomografías de casos clínicos reales de las clínicas de la UNAM y de otras instituciones, enriqueciendo el entorno de aprendizaje y preparando a los estudiantes para la diversidad de estructuras anatómicas y situaciones clínicas que se presentarán en su ejercicio profesional (figura 5).

Figura 5. Docente y aprendices analizando un caso clínico con apoyo de los REA 3D impresos

CONCLUSIONES

Los modelos tridimensionales impresos de los huesos maxila y mandíbula, obtenidos a partir de tomografías computarizadas de pacientes reales, constituyen Recursos Educativos Abiertos innovadores, accesibles e institucionalmente viables para la enseñanza de la anatomía del sistema estomatognático en la carrera de Cirujano Dentista de la FES Zaragoza, UNAM. Su evaluación por parte de pasantes demostró que facilitan la visualización y manipulación de estructuras anatómicas, generan mayor interés académico, mejoran la comunicación entre alumnos y docentes, y favorecen la apropiación de conocimientos significativos con aplicabilidad clínica directa.

La producción de modelos a partir de TC de pacientes reales —sanos y con patologías— permite una enseñanza contextualizada que estimula el razonamiento clínico-deductivo desde etapas tempranas de la formación, preparando a los estudiantes para enfrentar la variabilidad anatómica y las situaciones clínicas complejas que caracterizarán su práctica profesional.

Las limitaciones identificadas —fidelidad del color, presencia de rebabas de impresión, tiempo de producción y costos de capacitación— son susceptibles de mejora mediante el uso de filamentos multicolor, refinamiento de parámetros de impresión y el fortalecimiento del programa de formación tecnológica para docentes y estudiantes.

Se recomienda ampliar la muestra de evaluación, replicar la experiencia en grupos regulares de primer año de la carrera, desarrollar un repositorio institucional de modelos 3D con casos clínicos documentados, e incorporar estos recursos al Plan de Estudios del módulo de Sistema Estomatognático como materiales de apoyo permanente, respondiendo así a las demandas pedagógicas del movimiento educativo abierto en el contexto de la educación superior post-pandemia.

Con apoyo y financiamiento de proyecto PAPIME P8202124 titulado “Aprendizaje Mediado por Recursos Digitales Abiertos 3D y la Integración de los Conocimientos de las áreas básicas con el área clínica”

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguna.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Fátima Carpio-Guzmán, Amparo García-González, José Antonio Jerónimo-Montes, Juan Ignacio Cruz Ramírez, Gabriela Alejandra Albiter Farfán.

Curación de datos: Fátima Carpio-Guzmán, Amparo García-González, José Antonio Jerónimo-Montes, Juan Ignacio Cruz Ramírez, Gabriela Alejandra Albiter Farfán.

Análisis formal: Fátima Carpio-Guzmán, Amparo García-González, José Antonio Jerónimo-Montes, Juan Ignacio Cruz Ramírez, Gabriela Alejandra Albiter Farfán.

Redacción – borrador original: Fátima Carpio-Guzmán, Amparo García-González, José Antonio Jerónimo-Montes, Juan Ignacio Cruz Ramírez, Gabriela Alejandra Albiter Farfán.

Redacción – revisión y edición: Fátima Carpio-Guzmán, Amparo García-González, José Antonio Jerónimo-Montes, Juan Ignacio Cruz Ramírez, Gabriela Alejandra Albiter Farfán.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brumpt E, et al. Three-dimensional printing in dental education: A systematic review. J Dent Educ. 2023;87(3):312-325.

2. Ferneez R, Ibarrola C. Diseño e implementación de un escáner 3D para el modelado geométrico de objetos didácticos para la cátedra de Anatomía Práctica de la Carrera de Odontología. In: 18° Congreso Latinoamericano de Software Libre e Tecnologías Abiertas. 2021; Parque Tecnológico Itaipu.

3. Inca R. Modelos tridimensionales como recurso didáctico en anatomía dental [tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2021.

4. León D. Impacto de los modelos 3D en el aprendizaje de anatomía humana en estudiantes de ciencias de la salud. Rev Latinoam Anat. 2021;15(2):45-58.

5. Moreno A, et al. Uso de impresión 3D para la enseñanza de anatomía odontológica: revisión sistemática. Rev Odontol Mex. 2021;25(1):12-22.

6. Orozco M, et al. Modelos tridimensionales en la enseñanza de la anatomía craneofacial. Educ Med. 2018;19(4):220-228.

7. Pardo C, et al. Evaluación de modelos 3D impresos como herramientas educativas en odontología. Rev Fac Odontol UBA. 2022;37(85):10-19.

8. Casasola W. El papel de la didáctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios. Comunicación. 2020;29(1):38-51. https://dx.doi.org/10.18845/rc.v29i1-2020.5258

9. Colomé D. Objetos de Aprendizaje y Recursos Educativos Abiertos en Educación Superior. EDUTEC. 2019;69:89-101. https://doi.org/10.21556/edutec.2019.69.1221