



**Universidad
Europea** VALENCIA

Trabajo de Fin de Grado

Grado Odontología

Curso 2024-2025

**Entrenamiento en Etiquetado Radiográfico como base para el
desarrollo de una Inteligencia Artificial en Odontología: Estudio
Piloto**

Tutor: Estefanía Sayas Balaguer

Presentado: Victoria Hernández

Campus de Valencia

Paseo de la Alameda,7

46010 Valencia

universidadeuropea.com

Agradecimientos:

El fracaso tiene siete letras, pero exitoso también. Renunciar tiene nueve letras, pero continuar también. De pequeños nos enseñan que la vida es una escalera de metas: terminar la escuela, ingresar a la universidad, conseguir un trabajo... Pero con el tiempo he comprendido que no se trata solo de alcanzar la cima, sino de valorar el proceso, los tropiezos, las pausas y, sobre todo, las personas que caminan a nuestro lado. Según Einstein cuando los científicos buscaban una teoría unificada del origen del universo olvidaron la más invisible y poderosa de las fuerzas, el amor. El amor es luz, dado que ilumina a quien da y lo recibe, el amor es potencia porque multiplica lo mejor que llevamos dentro, el amor ha sido mi motor y hoy estoy aquí gracias a la fuerza unida del amor de cada una de las personas que se cruzaron en mi camino.

La psiquiatra Marian Rojas Estapé define a las “personas vitamina” como aquellas que tienen un impacto positivo en la vida de los demás. Personas que son fuentes de optimismo, motivación, apoyo emocional y alegría; que hacen del mundo un lugar más cálido; en mi caso, esas personas vitamina tienen nombre y apellido y a las cuales les estoy inmensamente agradecida por estar allí. Gracias a Paula e Isabella, mis compañeras de clínica, por regalarme risas y alegría infinitas, por estar siempre para mí y alegrar mi corazón cada mañana. A Fernando y José Carlos, mis grandes amigos y futuros colegas, por estar conmigo desde el día uno y ayudarme a transitar este arduo camino, por sostenerme en los tramos más empinados y recordarme, incluso en el cansancio, la razón de nuestra lucha. A Vivienne y Marcela, por ser fuente de inspiración. A mi amiga Elisa, por cada palabra de aliento que me impulsó a seguir. A Antonella, por ser mi compañera de aventuras a lo largo de todos estos años. A mi mejor amiga Camila porque siempre confió en mí y sigue estando presente a pesar de la distancia. A mi familia, a mi tía y a mi abuela, gracias por ser el motor silencioso pero incansable que siempre empuja hacia delante. A mi papá, que, aunque ya no está, me guía desde el cielo y está presente en cada paso que doy. Y finalmente, a mi mamá: quién me sostuvo cuando no podía más, quién fue mi refugio, guía y brújula constante a lo largo del camino. Nada de esto hubiera sido posible sin ti.

Por último, pero no menos importantes a mis profesores quienes han sido fuente de inspiración constante y me motivan a ser una mejor profesional día tras día, y a mi tutora Estefanía que junto y gracias a ella puedo presentar hoy este trabajo para culminar y poner cierre a esta gran etapa de mi vida.

ÍNDICE

Tabla de contenido

1. Resume.....	6
2. Palabras clave / Key words:.....	9
3. Abreviaturas.....	9
4. Definiciones básicas:.....	9
5. Introducción.....	11
5.1. La inteligencia artificial.....	11
5.1.1 Progresión histórica de la IA.....	11
5.1.2 Clasificación de Inteligencia artificial.....	12
5.1.3 Fortalezas y Debilidades de la IA.....	13
5.1.4 Conflictos éticos y sociales.....	14
5.2 Incorporación de la IA en odontología y en sus diferentes áreas.....	15
5.2.1 IA en odontología restauradora:.....	15
5.2.2 IA en Periodoncia:.....	16
5.2.3 IA en endodoncia:.....	17
5.2.4 IA cáncer bucal y enfermedades de glándulas salivales:.....	17
6. Justificación e Hipótesis.....	18
6.1 Justificación.....	18
7. Objetivos.....	22
8. Material y Métodos:.....	22
8.1 Material.....	22
8.1.1 Diseño del estudio.....	22
8.1.2 Selección de la muestra:.....	23
8.1.3 Muestra:.....	25
8.1.4 Material empleado.....	26
8.2 Método.....	33
8.2.1 Descripción del procedimiento:.....	33
8.2.2 Recolección de datos.....	38
8.2.3 Análisis Estadístico.....	38
9. Resultados:.....	38
9.1 Resultados del desempeño diagnóstico de estudiantes de 4° y 5° Curso frente al Comité de Expertos por Ítem.....	38
9.1.1. Lesión periapical.....	39
9.1.2. Caries dental.....	39
9.1.3. Resto radicular.....	39
9.1.4. Lesión ósea.....	39
9.1.5. Dientes.....	40
9.1.6. Nervio dentario.....	40
9.1.7. Seno maxilar.....	40
9.1.8. Foramen mentoniano.....	40
9.1.9. Hueso maxilar.....	40
9.1.10. Hueso mandibular.....	41
9.1.11. Obturación.....	41

9.1.12. Tratamiento de conducto.....	41
9.1.13. Ausencia dentaria.....	41
9.1.14. Corona.....	42
9.1.15. Corona sobre implante.....	42
9.1.16. Poste/Perno.....	42
9.1.17. Implante.....	42
9.2 Resultados de la precisión diagnóstica de las ortopantomografías por grupos.....	45
10. Discusión.....	47
10.1.1 Lesión periapical:.....	48
10.1.2 Caries dental:.....	49
10.1.3 Resto radicular.....	50
10.1.4 Lesión ósea.....	50
10.1.5 Dientes.....	51
10.1.6 Nervio dentario.....	51
10.1.7 Seno maxilar.....	52
10.1.8 Foramen mentoniano.....	52
10.1.9 Hueso maxilar.....	53
10.1.10 Hueso mandibular.....	53
10.1.11 Obturación.....	53
10.1.12 Tratamientos de conducto.....	54
10.1.13 Ausencia dentaria.....	54
10.1.14 Corona.....	55
10.1.15 Corona sobre implante.....	56
10.1.16 Poste /Perno.....	56
10.1.17 Implantes.....	57
10.2. Precisión diagnóstica de las ortopantomografías por grupos de alumnos.....	57
10.3 Coherencia entre los objetivos del estudio.....	58
10.4 Limitaciones del estudio.....	60
10.5 Perspectivas Futuras para la Optimización de la IA en Odontología.....	61
11. Conclusión.....	62
13. Anexos:.....	68
13.1 Tabla guía Arriba y Consort modificada para estudio in vitro.....	68
13.2 Patrón de excelencia, rúbricas ejercicio Ortopantomografías:.....	69
13.3: Declaración detallada de uso de IA.....	84

1. Resume

Introducción: La inteligencia artificial ha emergido como una herramienta innovadora en odontología, optimizando el diagnóstico y tratamiento de diversas condiciones. La aplicación de IA en odontología requiere bases de datos robustas para su correcto entrenamiento. Esta investigación propone que el trabajo colaborativo entre docentes y estudiantes, al clasificar sistemáticamente imágenes, puede constituir una base para alimentar modelos de IA. Se plantea que este proceso favorecerá el desarrollo tecnológico y también mejorará las competencias diagnósticas del alumnado mediante el análisis crítico de imágenes clínicas.

Material y métodos: Se seleccionaron 10 ortopantomografías con criterios de calidad, variedad anatómica y patológica. Participaron 10 estudiantes de 4.º año y 5.º año y un comité de 3 expertos. Se desarrolló una guía de etiquetado estandarizada (17 ítems) que incluyó patologías, estructuras anatómicas y tratamientos previos. Cada estudiante analizó las imágenes de forma individual, siguiendo especificaciones técnicas y marcando los ítems correspondientes. Posteriormente, se aplicó un análisis estadístico ordinal comparativo entre los tres grupos.

Resultados: El grupo de 5.º curso alcanzó un promedio general de 77,2 % de precisión diagnóstica y el de 4.º. Curso de 70,3% de coincidencia frente al patrón de referencia de los expertos. En 6 de las 10 radiografías analizadas, los estudiantes de 5.º curso obtuvieron mejores resultados. En 3 casos, los de 4.º curso superaron a sus compañeros y en 1 caso ambos grupos presentaron una precisión similar. La diferencia total entre grupos, aunque moderada, es estadísticamente relevante.

Conclusión: Los resultados evidencian que el análisis y etiquetado sistemático de ortopantomografías por parte de estudiantes de Odontología constituye una herramienta eficaz tanto para el aprendizaje clínico como para el desarrollo de sistemas de IA. La colaboración entre docentes y alumnos ha permitido generar una base de datos precisa, diversificada y clínicamente relevante. La implementación futura de esta base de datos en sistemas de IA permitirá entrenar algoritmos capaces de identificar patologías, estructuras y tratamientos con alta precisión.

2.Palabras clave / Key words:

- Inteligencia artificial/Artificial Intelligence
- IA Odontología / AI Dentistry
- Odontología /Dentistry
- Redes neuronales / Neural networks

3.Abreviaturas

- IA- inteligencia artificial
- ML-Aprendizaje automático
- RNA- Redes neuronales artificiales
- CDSS: Sistema de apoyo en la toma de decisiones clínicas
- FODS: Escaneo dental con fibra óptica
- CAD: Diagnostico asistido por computadora
- CDNN: Red neuronal convolucional profunda
- CNN: Red neuronal convolucional
- VRF: Fracturas radiculares verticales
- ODS: Objetivos del desarrollo sostenible
- TC: Tomografía computarizada

4.Definiciones básicas:

- Aprendizaje automático: rama informática que se encarga de fabricar algoritmos guiados por datos.
- Aprendizaje profundo: aprendizaje basado en los algoritmos formulados por las redes neuronales.
- Redes neuronales artificiales: son aquellas que simulan la red neuronal humana y que mediante un procesador informático son capaces de asimilar, estudiar, analizar datos teniendo por tanto la capacidad de resolver problemas complejos de manera inmediata
- Sistema de apoyo en la toma de decisiones clínicas: mediante una gran base de datos con conocimientos médicos junto con los algoritmos basados en la evidencia científica permite el trabajo eficaz y manejo adecuado del tiempo teniendo como consecuencia mejores resultados en menor tiempo.

- Red neuronal convolucional: es un tipo específico de red neuronal la cual es capaz de analizar imágenes y videos siendo capaz de extraer características aplicándose en el ámbito medico en el reconocimiento de imágenes y diagnóstico médico.

5.Introducción

5.1. La inteligencia artificial

La odontología es una ciencia en constante evolución, la cual siempre está en busca de incorporar nuevos tratamientos y avances tecnológicos para optimizar el diagnóstico, el tratamiento y los resultados, promoviendo así el cuidado y la preservación de la salud bucodental. En este contexto, surge la inteligencia artificial (IA) como una herramienta innovadora, diseñada para emular el pensamiento humano y realizar tareas complejas con una eficiencia comparable a la del cerebro humano.

La inteligencia artificial, según diversos autores, se define como la disciplina de la informática y la ingeniería que se centra en el desarrollo de algoritmos capaces de aprender a partir de datos y resolver problemas de manera autónoma. Este proceso se logra a través de redes neuronales artificiales, estructuras que imitan la capacidad intelectual humana mediante la creación de neuronas simuladas. Estas redes permiten el aprendizaje, la toma de decisiones y la realización de predicciones, abriendo un amplio abanico de posibilidades en distintos ámbitos, incluida la salud.

En odontología, su aplicación ha demostrado resultados prometedores, desde el análisis preciso de imágenes radiográficas hasta la individualización de planes de tratamiento, minimizando así errores humanos y optimizando los resultados clínicos.

En el ámbito clínico, la IA ha facilitado la identificación de patologías dentales como caries y enfermedad periodontal, empleando algoritmos avanzados que superan en ocasiones la precisión del ojo humano. Además, su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos permite generar diagnósticos predictivos y definir tratamientos más efectivos en menos tiempo. Por otro lado, en la esfera educativa, estas tecnologías complementan los métodos tradicionales al brindar simulaciones y retroalimentaciones personalizadas, mejorando la formación de futuros profesionales.

5.1.1 Progresión histórica de la IA

Nos remontamos al año 1936, cuando el matemático Alan Turing propuso la idea de que una máquina podría resolver problemas mediante algoritmos siendo uno de los primeros en plantearse la pregunta de si una máquina es capaz de pensar y razonar.

Avanzando en la historia de la inteligencia artificial, en 1956, los científicos Allen Newell y Herbert A. Simón desarrollaron el programa "The Logic Theorist", que sentó las bases de la creación de una máquina capaz de imitar el razonamiento humano. Ese mismo año, John McCarthy acuñó el término "inteligencia artificial", marcando un hito crucial en la disciplina (1). En 1957, el psicólogo Frank Rosenblatt construyó una red neuronal analógica que permitía a la máquina aprender a través de un proceso de ensayo y error. Este sistema ajustaba sus respuestas para volverse más precisa con el tiempo, mejorando su certeza con cada interacción. No sería hasta 1966 cuando Joseph Weizenbaum desarrolló ELIZA, el primer programa de chat diseñado para realizar preguntas, un seguimiento y control a los pacientes sirviendo como terapeuta virtual (2).

Este progreso histórico marca el punto de partida hacia los desarrollos que caracterizan la evolución actual de la IA que ha pasado de ser una mera idea conceptual a una tecnología omnipresente que afecta todos los aspectos de la vida moderna.

Ya lo dijeron los pioneros de la IA que esta sería un gran éxito y con regularidad se hace alusión al comentario que hizo Herbert Simon en 1957 "Sin afán de sorprenderlos y dejarlos atónitos, pero la forma más sencilla que tengo de resumirlo es diciéndoles que actualmente en el mundo existen máquinas capaces de pensar, aprender y crear. Además, su aptitud para hacer lo anterior aumentará rápidamente hasta que (en un futuro previsible) la magnitud de problemas que serán capaces de resolver ira a la par que las capacidades de la mente humana para hacer lo mismo" (3).

5.1.2 Clasificación de Inteligencia artificial

Para comprender plenamente qué es la inteligencia artificial (IA), es importante distinguir entre sus dos categorías principales:

La IA débil se centra en la resolución de problemas específicos mediante el aprendizaje automatizado y el uso de redes neuronales. Aunque simula el razonamiento humano, su capacidad se limita a ejecutar tareas definidas de manera autónoma dentro de un ámbito concreto. No posee una verdadera comprensión o consciencia, pero es eficaz para procesos que requieren patrones repetitivos o análisis complejos, como en el diagnóstico médico o la clasificación de datos.

La IA fuerte busca imitar de manera más completa la inteligencia humana mediante la construcción de software y hardware capaces de razonar, planificar, aprender y tomar decisiones de manera autónoma. A diferencia de la IA débil, la IA fuerte aspira a replicar la cognición humana en su totalidad, desarrollando sistemas artificiales que no solo simulan, sino que potencialmente igualan o superan nuestras capacidades intelectuales.

Por otro lado, el campo de la odontología, la IA se presenta en otras dos formas:

La IA virtual se enfoca en aspectos como el análisis y diagnóstico a partir de imágenes, la elaboración de pronósticos clínicos y la personalización de tratamientos.

La IA física se relaciona más estrechamente con la implementación de robots y sistemas automatizados en entornos clínicos, facilitando procedimientos quirúrgicos y otras intervenciones especializadas (4).

5.1.3 Fortalezas y Debilidades de la IA

La inteligencia artificial (IA) ofrece numerosas ventajas en el ámbito odontológico, entre las que destacan la capacidad de proporcionar diagnósticos y planes de tratamiento precisos basados en el análisis de extensas y confiables bases de datos. Además, su capacidad para realizar tareas de manera inmediata la convierte en una herramienta extremadamente útil en el entorno clínico. Los algoritmos son capaces de predecir resultados de tratamientos o incluso hasta una patología que aún no se ha desarrollado o se encuentra en etapas tempranas y no solo esto, sino que también sirve como material educativo para estudiantes, proporcionándoles simulaciones y análisis detallados y explicados de manera clara y didáctica. Además de esto los sistemas de inteligencia artificial reducen significativamente la carga de trabajo de radiólogos o profesionales de la salud en el ámbito clínico radiológico y son capaces de identificar características que pueden pasar desapercibidas para el ojo humano (5).

Sin embargo, el uso de la IA en odontología enfrenta algunos desafíos significativos. Entre ellos se encuentra el complejo proceso de aprendizaje y la necesidad de una instrucción adecuada para su entrenamiento. Según lo señalado en el artículo (4),

uno de los principales obstáculos actuales para la implementación efectiva de la IA en odontología es la carencia de datos precisos y suficientes. Esta limitación impide la creación de una base de datos robusta, esencial para desarrollar un modelo de IA ideal que cumpla con las necesidades específicas de esta área de la salud. Siguiendo con los puntos anteriores si bien es cierto que la IA permite la reducción de trabajo, jamás y nunca debe ser un total sustituto de la inteligencia humana debido a factores éticos como también a posibles resultados erróneos o interpretaciones falsas de las imágenes produciendo diagnósticos errados (5).

Debemos destacar que existe una gran falta de educación y sensibilización sobre la IA en el ámbito médico, esto se vio evidenciado por una encuesta realizada a radiólogos por Collado-Mesa y cols. en donde el 36% de los radiólogos afirmaba que no había leído artículos sobre la IA aplicado a la medicina y a pesar de que el 29% de los encuestados afirmaban utilizar la IA de manera diaria en sus puestos de trabajo; estos datos no solo reflejan la gran necesidad de una mayor formación en el uso sino también en la comprensión de estas nuevas tecnologías en el entorno clínico (6).

5.1.4 Conflictos éticos y sociales

Debido al rápido avance de la IA en las últimas décadas han surgido nuevos debates tanto éticos como sociales. Uno de los factores a tener en cuenta es la privacidad de datos, ya que expertos advierten que sin un control riguroso se pueden ver vulnerados los derechos de los individuos. Así mismo otro aspecto a tener en cuenta es la importancia en la transparencia y claridad en las fuentes informativas, llevando a la UNESCO a elaborar un plan de "Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial" cuyo objetivo es fomentar la transparencia y la revisión humana de la IA.

Otra gran preocupación es en la de la toma de decisiones automatizadas sobre todo en el ámbito médico. Donde la delegación de decisiones morales y clínicas únicamente a sistemas de IA plantea un debate ético debido a que estas decisiones impactan directamente en la vida del paciente.

Estas disyuntivas evidencian la necesidad de un abordaje multidisciplinario combinando un enfoque moral, legal y social en la que la IA sea de aprovechamiento y beneficie a la humanidad de manera justa y equitativa.

5.2 Incorporación de la IA en odontología y en sus diferentes áreas

La inteligencia artificial (IA) ha comenzado a influir progresivamente en la práctica odontológica, aportando innovaciones en diversas áreas. Una de las aplicaciones más destacadas se encuentra en el ámbito preclínico para estudiantes, donde se ha logrado un balance entre la enseñanza tradicional teórica y los métodos modernos de aprendizaje práctico e innovador. Estas tecnologías avanzadas brindan a los estudiantes un enfoque integral y realista de los procedimientos clínicos y quirúrgicos que enfrentarán en su práctica diaria. Gracias a estas herramientas, los futuros profesionales desarrollan habilidades visuales y manuales más precisas, además de un dominio más profundo de los conceptos y técnicas. Como resultado, no solo se mejora la calidad de la formación, sino que también se obtiene un mayor dominio de la materia y se reduce, a largo plazo, el riesgo de errores clínicos y la incidencia de iatrogenias.

5.2.1 IA en odontología restauradora:

El diagnóstico de caries ha dependido tradicionalmente de la inspección visual por parte del profesional y la detección mediante radiografías, métodos que, aunque eficaces durante años, presentan limitaciones en precisión y fiabilidad. Esto se debe, en gran medida, a diferentes factores como la experiencia del profesional y su juicio clínico. Ante esta problemática, investigadores han explorado el uso de la inteligencia artificial (IA) como herramienta para predecir, detectar y diagnosticar la presencia de caries en las superficies dentales. Además, esta tecnología permite clasificar a los pacientes según su riesgo de desarrollar caries, mejorando la calidad del diagnóstico, los resultados del tratamiento y la satisfacción de los pacientes. Un estudio llevado a cabo por De vito y cols. en el año 2008 (7) desarrolló un modelo de IA diseñado para diagnosticar caries proximales mediante radiografías de aleta de mordida. En este estudio, dichas radiografías fueron analizadas por 25 dentistas con gran experiencia y también por una red neuronal. Los resultados arrojaron que la red neuronal tuvo una efectividad del 88%, mientras que los dentistas tan solo tuvieron un desempeño de un 71,7%. Los autores por

tanto pudieron concluir que la inteligencia artificial mejoro la precisión diagnóstica en un 39,4% en comparación con los profesionales humanos, por tanto, se determinó que con ayuda de la IA es posible mejorar el desempeño en el diagnóstico clínico de las caries dentales.

Otro estudio relevante (8) se centró en diseñar un sistema de IA llamado FODS (escaneo dental con fibra óptica) implementado para encontrar cavidades en las superficies dentales de hasta 0,6 milímetros demostrando así que gracias a la implementación de estas nuevas tecnologías no solo podemos diagnosticar tempranamente, sino que también con una mayor precisión; el funcionamiento del programa funciona mediante la secuencia de tres etapas: primero se realiza un escaneo y captura de imágenes, el siguiente paso es el análisis de los datos obtenidos y posteriormente gracias al análisis por redes neuronales se determina si hay presencia o no de una cavidad. Por otro lado, Geetha y cols. en el año 2020 (9) desarrollaron una red neuronal artificial diseñada para analizar imágenes radiográficas y diferenciar entre dientes sanos y aquellos afectados por caries, logrando una precisión del 97,1 %. Este estudio destacó que, mediante la implementación de la IA, era posible mejorar la calidad de las imágenes, lo que se traduce en una mayor precisión diagnóstica y demostrando que la IA es significativamente más efectiva que la observación realizada por el ojo clínico del profesional. Estos hallazgos no solo subrayan la efectividad y precisión de la IA, sino también su notable superioridad frente a los métodos diagnósticos tradicionales.

5.2.2 IA en Periodoncia:

La periodontitis es una de las enfermedades más prevalentes en el ámbito odontológico. Gracias a los avances tecnológicos y la incorporación de la inteligencia artificial (IA), el diagnóstico de esta enfermedad ha experimentado una notable evolución, permitiendo no solo una mejor detección y clasificación, sino también una mayor comprensión de su relación con enfermedades sistémicas.

Un estudio reciente (10) tuvo como objetivo diagnosticar y predecir la afectación periodontal, además de identificar qué dientes tendrían mayor probabilidad de requerir extracción. Para ello, los investigadores implementaron un sistema de diagnóstico asistido por computadora CAD, basado en un algoritmo de red neuronal convolucional

profunda (DCNN). Los resultados mostraron que el algoritmo logró una precisión del 76,7% al 81,0% en el diagnóstico de dientes con pronóstico periodontal severo y del 73,4% al 82,2% en la predicción de dientes que necesitarían extracción. Sin embargo, los autores señalaron variaciones en la precisión según el tipo de diente. Por ejemplo, el algoritmo alcanzó una precisión del 82,8% en premolares, mientras que en molares esta descendió al 73%. Esta diferencia podría atribuirse a las variaciones en la anatomía y morfología de estos tipos de dientes, siendo los molares más complejos debido a su mayor número de raíces. Otro estudio realizado por Papantanopoulos y cols. en el año 2014 (11) se propuso analizar parámetros neurológicos para evaluar si era factible encontrar una diferenciación entre la periodontitis agresiva y la periodontitis crónica mediante la utilización de una red inteligente. Los autores confirmaron que las redes neuronales artificiales eran capaces de diferenciar con gran precisión entre periodontitis agresiva y crónica.

5.2.3 IA en endodoncia:

El principal uso de las redes neuronales en endodoncia es en el diagnóstico de lesiones periapicales, fracturas de corona y raíz, longitud y trabajo y morfología dental.

El estudio (8) señala que, aunque las imágenes de CBCT han sido tradicionalmente consideradas una de las herramientas más eficaces para detectar fracturas radicales verticales (VRF), la irrupción de la IA ha superado tanto a las radiografías periapicales como a las imágenes CBCT en precisión diagnóstica. Según el mismo estudio, otros autores desarrollaron un modelo basado en redes neuronales convolucionales (CNN) capaz de analizar la morfología de las raíces a través de imágenes CBCT. Los autores destacaron que esta tecnología no solo puede igualar el rendimiento de un controlador humano, sino que lo hace a un ritmo significativamente más rápido. Esto no solo mejora la precisión en el diagnóstico, sino que también contribuye a prevenir posibles complicaciones futuras.

5.2.4 IA cáncer bucal y enfermedades de glándulas salivales:

El cáncer oral es considerado como el sexto tipo de cáncer más frecuente por tanto el diagnóstico temprano tiene un gran impacto en la tasa de supervivencia. La

inteligencia artificial tiene como finalidad mejorar el pronto diagnóstico, contribuyendo así con la disminución de la mortalidad y morbilidad asociadas con esta enfermedad. Los sistemas basados en redes neuronales se utilizan como un sistema de apoyo en el árbol de toma de decisiones para una diagnóstico diferencial de lesiones orales (5).

La inteligencia artificial (IA) ha demostrado ser una herramienta valiosa para el diagnóstico de enfermedades de las glándulas salivales, un desafío frecuente debido a la similitud en la morfología de estas estructuras. Según el artículo (5), la IA ha superado en algunos casos a los radiólogos en el análisis de imágenes radiográficas. Un estudio realizado en Japón se llevó a cabo un estudio donde los investigadores utilizaron 500 imágenes de TC, 400 de ellas fueron destinadas para el entrenamiento del sistema y otras 100 de prueba. El objetivo era detectar la degeneración grasa del parénquima, un indicador del síndrome de Sjögren comparando la IA frente a radiólogos experimentados y radiólogos menos experimentados. Los resultados mostraron que la IA, a través de sistemas de aprendizaje profundo, alcanzó un nivel de precisión comparable al de radiólogos experimentados y superior al de radiólogos con menos experiencia.

6. Justificación e Hipótesis

6.1 Justificación

La IA nos ha permitido avanzar a pasos agigantados en el ámbito odontológico, desempeñando un papel fundamental en el diagnóstico clínico, especialmente en el análisis de imágenes radiográficas como lo son las radiografías periapicales, aletas de mordida, ortopantomografías, entre otras. La implementación e incorporación de estas tecnologías representa un hito y un gran adelanto de los procedimientos convencionales ya que, a través del análisis de extensas y complejas bases de datos, es capaz de mejorar la precisión diagnóstica en patologías bucales, predecir complicaciones futuras e incluso contribuir en la toma de decisiones clínicas.

Sin embargo, aunque estas redes neuronales avanzadas representan una herramienta valiosa para el profesional, no deben nunca reemplazar el juicio humano. Por ello, es esencial considerar sus limitaciones y garantizar que siempre haya supervisión y evaluación crítica por parte de un operador humano. Para que la

inteligencia artificial se incorpore de manera efectiva en el ámbito odontológico, es fundamental que los profesionales adquieran la capacitación adecuada. Es clave que los profesionales en el área desarrollen habilidades digitales y comprendan los principios básicos de la IA, lo que les permitirá interpretar correctamente sus recomendaciones y tomar decisiones bien fundamentadas sobre su aplicación (12). En la bibliografía consultada se identifica una laguna significativa en cuanto a la formación de profesionales y estudiantes en el uso de la inteligencia artificial. Son escasos los estudios que abordan o analizan de manera profunda cómo la combinación de métodos basados en inteligencia artificial con enfoques convencionales puede contribuir de forma significativa al avance del conocimiento.

Este estudio experimental tiene como finalidad la clasificación de radiografías con el fin futuro de desarrollar una base de datos confiable que sirva de soporte para el diseño de un sistema de inteligencia artificial (IA) destinado a facilitar el diagnóstico odontológico a través del análisis de imágenes radiográficas. El proyecto involucra la participación de un grupo multidisciplinario compuesto por estudiantes de odontología, profesores y especialistas del área, quienes analizarán ortopantomografías.

A través de la identificación minuciosa de elementos radiográficos, se busca entrenar un modelo de IA utilizando los datos recopilados. Este enfoque tiene como objetivo capacitar al sistema para reconocer patologías dentales, identificar características anatómicas normales y detectar tratamientos previamente realizados, garantizando así un apoyo diagnóstico preciso y eficiente en el ámbito odontológico.

Objetivos del desarrollo sostenible

ODS 3 Salud y bienestar

Este apartado se centra en garantizar una vida sana y promover por tanto el bienestar para todos, mejorando la calidad, accesibilidad y equidad en la atención odontológica y contribuyendo a la salud de los individuos.

-Mejora en el diagnóstico temprano y preciso: una mejora en la prevención e intervención temprana de patologías bucales, identificar factores de riesgo

individualizados. Contribuyendo a intervenciones tempranas ralentizando la progresión de la enfermedad y mejorando la salud del individuo.

-Optimización en la toma de decisiones: actuación como medida de apoyo para los profesionales en el ámbito odontológico, mejorando no solo la precisión diagnóstica sino también la planificación de tratamientos personalizados con el fin de reducir los márgenes de error humano y la mejora en los resultados.

ODS 4 Educación de calidad

Este objetivo se enfoca principalmente en la mejora en el acceso a una educación de calidad mediante métodos de enseñanza y aprendizaje. La IA se ha convertido en una herramienta con gran potencial que ha transformado los métodos educativos en el ámbito de la odontología fortaleciendo por tanto las competencias clínicas y contribuyendo a la formación de futuros profesionales.

-Innovación en métodos de enseñanza: la implementación de la IA permite crear entornos simulados virtuales que brindan experiencias de aprendizaje interactivos y mucha más realistas facilitando por tanto la comprensión de conceptos que resultan más complejos.

-Fortalecimiento de Competencias diagnósticas: al involucrar estudiantes y profesores en el análisis de radiografías la IA permite ser una guía de apoyo en la mejora de precisión en la interpretación de imágenes favoreciendo el desarrollo de habilidades diagnósticas que son esenciales en la práctica odontológica.

-Aprendizaje colaborativo e interdisciplinario: la creación de una base de datos para el entrenamiento de una IA implica un trabajo grupal entre estudiantes, profesores e investigadores. Este tipo de enfoque promueve un aprendizaje activo, trabajo en equipo y pensamiento crítico que resulta esencial para el desarrollo profesional.

-Habilidades digitales y de las nuevas tecnologías: la incorporación de la inteligencia artificial en la práctica odontológica prepara a los estudiantes a enfrentar los desafíos de

la práctica clínica moderna, exponiéndolos al uso de tecnologías digitales e interpretación de datos

6.2 Hipótesis

La colaboración entre docentes y alumnos de odontología en el análisis detallado y sistemático de radiografías dentales como las ortopantomografías que permitirá establecer una base de datos sólida y bien organizada que incluya diversas categorías de información clínica: desde la precisa identificación de patologías dentales como caries y lesiones periapicales hasta las estructuras anatómicas como raíces dentales o senos maxilares; también se considerarían restauraciones dentales presentes o prótesis utilizadas y otros aspectos vinculados al estado oral del paciente.

Este enfoque de colaboración que combina la experticia de los docentes y el análisis crítico guiado por los estudiantes será de gran ayuda para estandarizar y clasificar datos radiográficos de manera significativa. Además, se prevé que esta base de datos proporcione una amplia variedad y calidad en los casos presentados; convirtiéndose así en un recurso valioso para el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial.

Estos avances facilitarán la creación de herramientas basadas en inteligencia artificial que logren un gran nivel de exactitud al detectar automáticamente enfermedades y rasgos anatómicos específicos en el campo de la odontología; lo cual transformará por completo los procesos de diagnóstico y diseño de tratamientos dentales. Además, se espera que se obtengan un mayor impacto en la vida del paciente mejorando no solo su condición oral sino su calidad de vida.

Se sugiere que este enfoque colaborativo de análisis resulta ser una estrategia efectiva para construir una base de datos confiable que mejore el entrenamiento de sistemas de inteligencia artificial y promueva la formación de estudiantes en diagnóstico por imágenes radiológicas.

7. Objetivos

Objetivos generales:

-Recolectar y examinar información mediante imágenes radiográficas para capacitar un sistema de inteligencia artificial en la detección exacta de patologías orales, procedimientos realizados con anterioridad y características anatómicas.

Objetivos específicos:

-Fomentar el aprendizaje y capacitación diagnóstica de imágenes radiográficas del alumnado brindándoles mayor formación en la interpretación de radiografías, fortaleciendo sus competencias clínicas.

-Comparar las capacidades diagnósticas de los alumnos de cuarto curso de odontología vs los de quinto curso.

-Analizar la capacidad diagnóstica de los alumnos de cuarto curso de odontología frente al comité de expertos.

-Analizar la capacidad diagnóstica de los alumnos de quinto curso frente el comité de expertos.

8. Material y Métodos:

8.1 Material

8.1.1 Diseño del estudio

El siguiente estudio experimental es llevado a cabo en la Universidad Europea de Valencia en el curso 2024/2025 que cuyo propósito final es el entrenamiento de la inteligencia artificial. El enfoque está basado en el análisis de ortopantomografías por alumnos de cuarto y quinto curso de Odontología y por profesores de la facultad de Odontología. El proceso empieza con la selección y clasificación minuciosa de las ortopantomografías obtenidas en la Clínica odontológica de la Universidad Europea de Valencia. Posteriormente, las imágenes seleccionadas son diagnosticadas y verificadas por los profesores, para luego ser evaluadas por los estudiantes. En esta etapa, los alumnos participan en la identificación de patologías y estructuras dentales y anatómicas. Su tarea consiste en registrar y detallar lo que observan en cada radiografía asignada.

La correcta identificación de los criterios evaluados nos permitirá comparar en un futuro la precisión entre el diagnóstico humano y el de la IA y por otro lado nos permitirá obtener una fuente y base de datos los cuales serán utilizados para introducirlos en los sistemas de redes neuronales y poder entrenar a la futura IA. Gracias a estos valiosos datos de entrenamiento el algoritmo de IA será capaz de imitar el complejo razonamiento humano y aprender a reconocer y clasificar criterios por sí misma tales como: tratamientos realizados previamente, estructuras anatómicas y patologías dentales. Este entrenamiento didáctico no solo permite que se cree una gran base de datos, sino que también que este sea basando en experiencias y conocimientos basado en la práctica diaria aumentando y mejorando la precisión.

-Protección de datos y Autorización:

Siguiendo los valores éticos, este estudio sigue los lineamientos de las normativas de protección de datos y privacidad. Este estudio servirá de guía y base para investigaciones desarrollo futuro de una IA en odontología con el fin de avanzar en las necesidades clínicas y fomentar el aprendizaje. Las imágenes radiográficas utilizadas en este estudio han sido exportadas sin ninguna ficha de datos, cumpliendo con la Ley Orgánica de protección de Datos de Carácter Personal.

Una vez diseñado el estudio, se inició el proceso de tramitación de los permisos y autorizaciones correspondientes en la Clínica Odontológica de la Universidad Europea de Valencia (Anexo I). Para ello, se envió toda la documentación requerida tanto al director académico como al director de la clínica, con el propósito de obtener su consentimiento para el uso de las instalaciones y la recolección de imágenes radiográficas.

8.1.2 Selección de la muestra:

Este estudio constará de un número de 10 ortopantomografías obtenidas de la Clínica odontológica Universitaria. Las radiografías serán elegidas cautelosamente y se protegerá en todo momento la anonimidad de los pacientes.

Criterios de selección:

Las radiografías serán elegidas bajo los siguientes criterios:

-Criterios de evaluación: se incluirán aquellas imágenes que presenten patologías tales como lesión periapical, caries dental, restos radiculares, lesión ósea, estructuras anatómicas tanto dentales, nervio dentario, seno maxilar, foramen mentoniano, hueso maxilar, hueso mandibular, y por último tratamientos realizados previamente como obturaciones, tratamientos de conducto, ausencias dentales, coronas o coronas sobre implantes, implantes y postes o pernos.

-Resolución de la imagen: se recogerán solo aquellas radiografías (ortopantomografías) que incluyan gran nitidez, ausencia de distorsiones, defectos o ruidos y con visibilidad clara de las estructuras dentales.

-Demografía: se procurará tener una muestra variada indistintamente de su sexo o edad.

Control de calidad:

-Revisión por profesionales: revisión de las imágenes por profesionales dentales experimentados quienes se encargarán de revisar y verificar las radiografías, garantizando el cumplimiento de calidad y exactitud.

-Evaluación de los criterios: se deberá corroborar que los criterios analizados por los estudiantes sean correctos.

Criterios de exclusión:

-Poca calidad de la imagen.

-Radiografías que no sean ortopantomografías.

-Imágenes sin datos clínicos significativos.

-Imágenes que no cumplan con los criterios de selección

-Incapacidad de garantizar el anonimato de los pacientes.

Documentación y registro:

Se tendrá un registro de cada imagen radiográfica que se ha seleccionado buscando siempre mantener las bases de transparencia, replicabilidad y fiabilidad del estudio. La selección cuidadosa y detallada permitirá responder a los objetivos del estudio en la evaluación diagnóstica dental

8.1.3 Muestra:

Mediante la utilización de 10 ortopantomografías obtenidas de la Clínica odontológica de la Universidad Europea de Valencia se busca evaluar la exactitud, eficiencia y viabilidad del diagnóstico con el fin de crear una red neuronal artificial.

El objetivo a futuro de este estudio es poder con un fin posterior de la creación de una base de datos que servirá para el futuro entrenamiento de una Inteligencia Artificial. Mediante la recopilación y análisis de las imágenes radiográficas se obtendrán patrones que serán fundamentales en el entrenamiento del sistema inteligente. Las 10 imágenes seleccionadas permitirán identificar patrones y tendencias presentes en las radiografías que proporcionarán una base en el desarrollo del algoritmo. Esto permitirá no solo el entrenamiento de la IA sino que también permite refinar y optimizar el sistema.

Diversidad y variedad en la composición muestral:

La diversidad en la composición muestral resulta clave en la selección de las radiografías seleccionadas debido a que se busca que haya una variedad en las características y procedimientos dentales, todo esto con el fin de garantizar que la IA tenga en cuenta un abanico amplio de situaciones clínicas.

Se han seleccionado 10 ortopantomografías con el objetivo de optimizar la precisión visual en la identificación de estructuras y tratamientos específicos. Esta selección permite una mejor apreciación de ciertos detalles que son más visibles en cada tipo de radiografía, facilitando así una evaluación más eficiente y precisa.

8.1.4 Material empleado

Como se ha especificado con anterioridad el objetivo del presente estudio es crear un conjunto de datos basado en imágenes radiográficas dentales mediante la colaboración de un grupo multidisciplinario formado por profesores y alumnos de la Universidad Europea de Valencia cuyo fin es el entrenamiento de un programa de inteligencia artificial el cual servirá para el diagnóstico, reconocimiento de estructuras y tratamientos realizados en el área odontológica y también evaluar y comparar la capacidad del alumnado en el análisis de radiografías.

Secuencia de trabajo para la obtención y marcaje de radiografías dentales:

- 1- La Clínica odontológica de la Universidad Europea de Valencia pondrá a disposición las imágenes radiográficas (ortopantomografías) anonimizadas en formato PNG.
- 2- Un comité de expertos conformado por tres profesionales del área odontológica tuvo la función de establecer el patrón de referencia o estándar de excelencia para el etiquetado de las imágenes radiográficas.
- 3- Se creó un sistema de evaluación mediante presentación Power point que integra las 10 ortopantomografías a analizar junto con el sistema de etiquetado empleado. En dicho documento de analizaran los siguientes ítems:
 - Patologías:
 - Lesión periapical
 - Caries dental
 - Resto radicular
 - Lesión ósea
 - Estructuras anatómicas:
 - Diente
 - Nervio dentario
 - Seno maxilar
 - Foramen mentoniano

- Hueso maxilar
- Hueso mandibular

- Tratamientos realizados:
 - Obturación
 - Tratamiento de conducto
 - Ausencia dentaria
 - Corona
 - Corona sobre implante
 - Poste/Perno
 - Implante

Especificaciones para la Evaluación Radiográfica:

- **Dentición presente:** se deben identificar y registrar todos los dientes presentes en la imagen radiográfica.
- **Forámenes mentonianos:** cada foramen mentoniano se considera como una unidad anatómica independiente. En caso de visualizarse ambos, deberán ser registrados. Su representación se realiza mediante un círculo acompañado de la letra H y un círculo sobre él.
- **Nervios dentarios:** cada nervio dentario inferior se registra como una unidad individual. Si se identifican ambos, deben ser señalados, delimitando su trayecto en la radiografía mediante el trazo de dos líneas siguiendo su canal (una superior y una inferior) y utilizando la letra F.
- **Senos maxilares:** cada seno maxilar se considera una unidad anatómica. En caso de visualizar ambos senos, deben ser delineados en la radiografía delimitando su forma mediante el trazo de una línea continua. Deben estar marcados con la letra G.
- **Huesos maxilar y mandibular:** ambos deben ser tipificados como estructuras óseas únicas, utilizando la letra correspondiente para cada uno.

- **Implantes dentales:** las zonas que presenten implantes dentales deben ser registradas como ausencia dental (M) e implante (Q).
- **Restos radiculares:** se deben clasificar como la presencia de un diente (E) junto con un resto radicular (C), registrándose ambos elementos.
- **Terceros molares:** deben incluirse en el registro como dientes presentes (E) o ausentes (M), según corresponda.
- **Coronas dentales:** las coronas protésicas deben tipificarse como unidades independientes (N). Independientemente de si va sobre un diente pilar (tipificando D +N) o si es un pónico (tipificando M+N).

4- Estas mismas diez imágenes radiográficas fueron etiquetadas de manera individual por dos grupos de estudiantes: diez alumnos de cuarto año y diez alumnos de quinto año de la carrera de Odontología. A cada estudiante se le asignó una copia del documento correspondiente para su evaluación independiente.

5- Análisis y Evaluación de Resultados:

Cada estudiante recibirá una copia de su respectivo análisis radiográfico, con el fin de llevar a cabo una evaluación estadística comparativa. Dicha evaluación contemplará los siguientes aspectos:

- Determinar el grado de concordancia entre los alumnos de 4to y 5to año con las del revisor experto. Evaluando el desempeño entre ambos grupos de estudiantes del grado de Odontología.
- Evaluación de la capacidad diagnóstica por cada ítem de los estudiantes de cuarto año frente a un grupo de expertos en el área.
- Evaluación de la capacidad diagnóstica por cada ítem de los estudiantes de quinto año frente al mismo grupo de expertos.

Se realizó una comparación individualizada de cada uno de los 17 ítems evaluados. Para cada ítem específico, se compararon los resultados obtenidos por los estudiantes de cuarto año con los resultados correspondientes de los estudiantes de quinto año. Esta

metodología se aplicó de manera sistemática a todos los ítems establecidos, garantizando así un análisis detallado y preciso.

Del mismo modo, se efectuó una comparación de los resultados de los estudiantes de cuarto año con el patrón de referencia determinado por el grupo de expertos, para cada una de las radiografías analizadas. Posteriormente, se replicó el mismo procedimiento comparativo entre los estudiantes de quinto año y el grupo de expertos.

6- Metodología de Análisis:

El análisis de cada ítem se realizó en términos porcentuales. A través de una regla de tres simple, se calculó un promedio porcentual para cada caso, el cual fue posteriormente categorizado en una escala de valoración ordinal, compuesta por tres niveles:

- **0:** Respuesta incorrecta (error diagnóstico/ ausencia de respuesta)
- **1:** Acierto parcial (equivalente al 50% de coincidencia con el estándar).
- **2:** Acierto completo (100% de coincidencia con el estándar de referencia).

Lineamientos de anotación:

- Etiquetado siguiendo los patrones de la clasificación. ([Tabla 8.1](#))
- Establecimiento de pautas y especificaciones del etiquetado.
- Etiquetado claro de cada ítem mediante el sistema especificado. ([Fig. 8](#))

Categoría	Ítem	Clasificación
Patologías	Lesión Periapical	A
	Caries dental	B
	Resto radicular	C
	Lesión ósea	D
Estructuras anatómicas	Diente	E
	Nervio dentario	F
	Seno maxilar	G
	Foramen mentoniano	H
	Hueso maxilar	I
	Hueso mandibular	J
Tratamientos realizados	Obturación	K
	Tratamiento de conducto	L
	Ausencia dentaria	M
	Corona	N
	Corona sobre implante	O
	Poste/Perno	P
	Implante	Q

Tabla 8.1

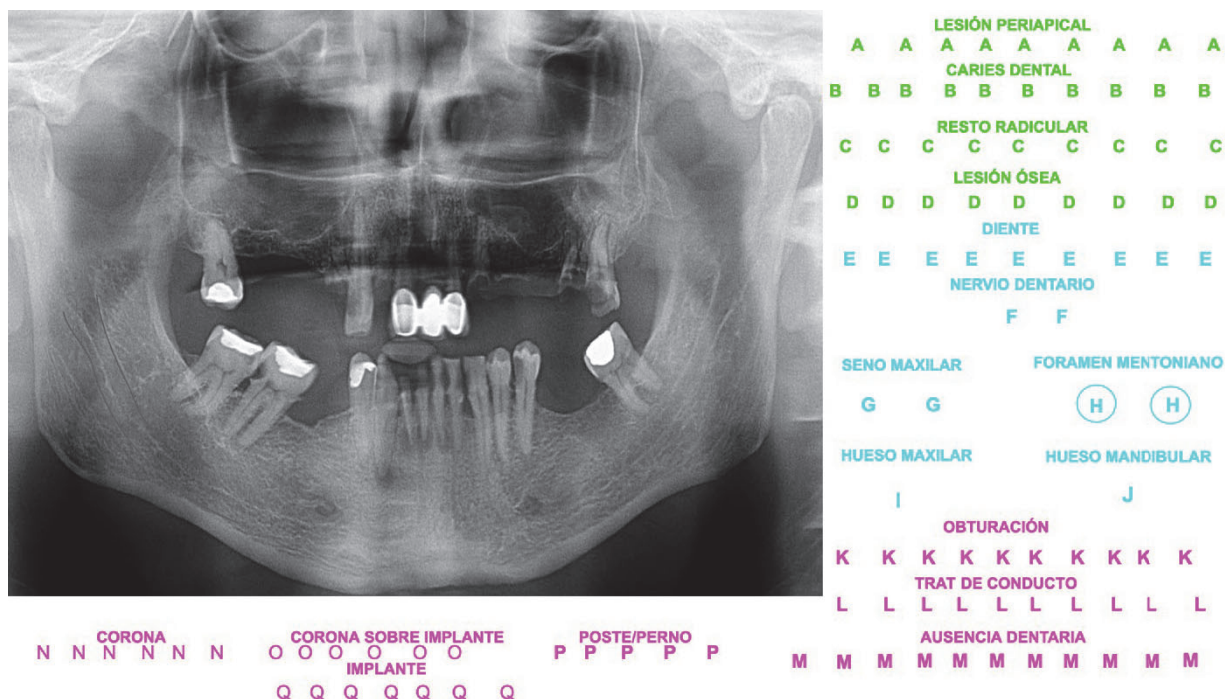
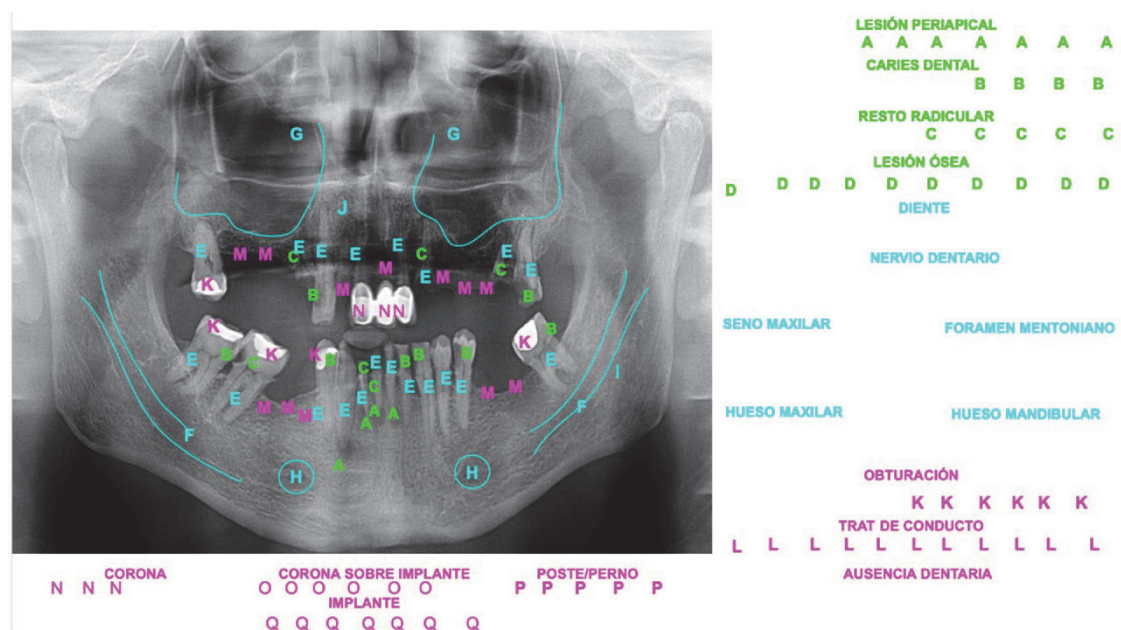


Figura 8. Ejemplo de etiquetado de las imágenes radiográficas:



Anotaciones y especificaciones del etiquetado:

El alumno deberá analizar cuidadosamente las radiografías siguiendo las especificaciones para la evaluación radiográfica citadas anteriormente y aplicando el sistema de etiquetado alfabético conforme al ejemplo proporcionado. La identificación se realizará copiando y pegando la letra correspondiente sobre cada estructura anatómica u objeto clínico observado.

Ítem	Letra asignada	Instrucciones de marcado
Diente	E	Todos los dientes deben ser identificados independientemente de la presencia o ausencia de tratamientos previos.
Foramen mentoniano	H	Contornear con un círculo y colocar letra "H". Contabilizan como uno, si hay dos, marcar ambos.
Nervio dentario	F	Delimitar el trayecto con líneas y colocar la letra. Si hay dos, marcar ambos.
Seno maxilar	G	Delimitar el contorno del seno y coloca la letra "G". Marcar ambos si están presentes.
Hueso maxilar	I	Etiquetar como una única estructura en cada imagen.
Hueso mandibular	J	Etiquetar como una única estructura en cada imagen.
Implante	Q	Etiquetar como "ausencia dental" + "Implante".
Resto radicular	C	Etiquetar como "diente" + "resto radicular".
Coronas	N	Se tipifican como única unidad, independientemente si están sobre diente pilar o corresponden a pónico.
Terceros molares	E	Etiquetar como dientes presentes o ausentes.

Tabla 8.2 Especificaciones del etiquetado

8.2 Método

8.2.1 Descripción del procedimiento:

El objetivo general de este estudio experimental es llevar a cabo la clasificación sistemática de un conjunto de imágenes radiográficas dentales, con el propósito de desarrollar una base de datos integral mediante la colaboración entre estudiantes y docentes del Grado en Odontología. Esta base de datos servirá como fundamento para el entrenamiento de un sistema de inteligencia artificial orientado al apoyo en el diagnóstico radiográfico dentro de la práctica clínica odontológica.

Los objetivos específicos de este estudio consisten en determinar el grado de concordancia entre los alumnos de cuarto y quinto año con las del revisor experto, con el fin de identificar posibles diferencias en el nivel de formación y precisión diagnóstica entre ambos grupos. Asimismo, se pretende analizar el desempeño de los estudiantes de cuarto curso en relación con cada uno de los ítems evaluados, frente al criterio establecido por un comité de expertos, y realizar una evaluación similar para los estudiantes de quinto curso, permitiendo así valorar el grado de concordancia diagnóstica entre los alumnos y los profesionales expertos.

Protocolo de trabajo para la recopilación y análisis de las imágenes radiográficas:

1. Imágenes radiográficas dentales (10 ortopantomografías) proporcionadas por la Clínica de la Universidad Europea de Valencia en un formato PNG o JPG con el fin del desarrollo de un sistema de inteligencia artificial.

Lineamientos del etiquetado

Los parámetros a evaluar son los siguientes:

- Patologías:
 - ✓ Lesión periapical
 - ✓ Caries dental
 - ✓ Restos radiculares
 - ✓ Lesión ósea

- Estructuras anatómicas:
 - ✓ Diente
 - ✓ Nervio dentario
 - ✓ Seno maxilar
 - ✓ Foramen mentoniano
 - ✓ Hueso maxilar
 - ✓ Hueso mandibular

- Tratamientos realizados:
 - ✓ Obturaciones
 - ✓ Tratamientos de conducto
 - ✓ Ausencias dentarias
 - ✓ Corona
 - ✓ Corona sobre implantes
 - ✓ Implantes
 - ✓ Poste /Perno

Procedimiento del etiquetado, revisión y algoritmo de aprendizaje

Fase 1: Recopilación y etiquetado de radiografías

Se seleccionarán 10 ortopantomografías, imágenes pertenecientes a la base de datos de la Clínica de la Universidad Europea de Valencia.

Fase 2: Diagnóstico realizado por especialistas docentes

Un comité conformado por tres docentes del Grado en Odontología de la Universidad Europea de Valencia será el encargado de evaluar y etiquetar cada una de las radiografías. Este proceso dará lugar a la elaboración del etiquetado de referencia, que será considerado como el “patrón de excelencia” para la comparación y análisis posteriores.

Fase 3: Creación del documento

Creación de un documento donde figuraran las 10 radiografías seleccionadas junto con las instrucciones e ítems a tipificar.

Fase 4: Diagnóstico realizado por estudiantes del grado de Odontología

10 estudiantes de cuarto y 10 estudiantes del quinto curso del grado de odontología se dispondrán a evaluar las mismas radiografías identificando características anatómicas, patologías dentales o tratamientos realizados previamente.

Fase 5: Correlación y análisis de resultados

Se comparará lo siguiente:

- Grado de concordancia entre alumnos de cuarto y quinto año del grado de Odontología radiografía por radiografía con las del revisor experto. Comparando el desempeño diagnóstico de los alumnos de cuarto año vs los alumnos de quinto año.
- Evaluación de la capacidad diagnóstica por ítem de los estudiantes de 4to año en relación con el criterio establecido por el comité de expertos.
- Evaluación de la capacidad diagnóstica por ítem de los estudiantes de 5to año en relación con el criterio establecido por el comité de expertos.

La valoración de cada uno de los ítems se llevó a cabo mediante un cálculo porcentual individual. Para ello, se aplicó una conversión proporcional (regla de tres) que permitió establecer un valor medio por participante. Posteriormente, estos valores fueron clasificados según una escala ordinal de tres categorías:

- **0:** Diagnóstico incorrecto
- **1:** Diagnóstico parcialmente acertado
- **2:** Diagnóstico completamente acertado

Adicionalmente, se aplicará un análisis estadístico más detallado, con el objetivo de profundizar en la interpretación de los resultados, identificar posibles patrones y obtener una representación cuantitativa más precisa del desempeño diagnóstico de los distintos grupos analizados.

Fase 6: Determinación de parámetro

Los resultados obtenidos servirán como punto de partida para el diseño, desarrollo y entrenamiento de una futura base de datos destinada a sistemas de inteligencia artificial aplicados al diagnóstico por imagen. Asimismo, estos resultados tendrán un valor pedagógico, al ser utilizados como recurso formativo para fortalecer el aprendizaje y la capacidad diagnóstica del alumnado en la interpretación de imágenes radiográficas, contribuyendo así a la mejora de sus competencias clínicas.

Fase 7: Creación y capacitación de un futuro sistema de IA

Una vez concluidas las etapas previas, se procederá a implementar, entrenar y capacitar un algoritmo de inteligencia artificial utilizando como base de entrenamiento las radiografías seleccionadas previamente. El objetivo principal será comparar los resultados obtenidos por el sistema de IA con los diagnósticos realizados por los docentes y estudiantes, con el fin de evaluar su precisión y efectividad. Objetivos a futuro:

-Valoración y perfeccionamiento:

Recogida de opiniones tanto de profesores como estudiantes con el fin de evaluar el sistema y recopilar opiniones constructivas para contribuir en la mejora del algoritmo. Favoreciendo su precisión diagnóstica y mejorando su apoyo clínico.

-Aprendizaje progresivo:

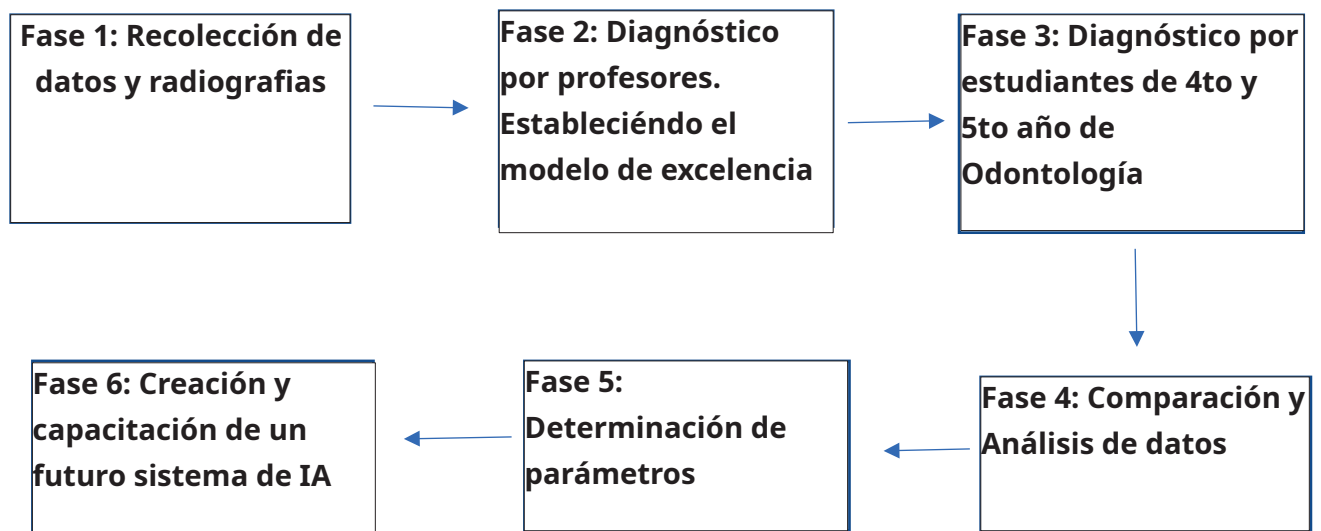
El sistema de aprendizaje de la IA se fundamenta en un proceso continuo y repetitivo, donde, a medida que se le proporcionan más imágenes, junto con sus correspondientes anotaciones sobre patologías, estructuras anatómicas y una variedad de situaciones clínicas, el modelo mejora su precisión.

Cuanto mayor variedad de datos se le ingresen más asertivo se vuelve. Con el tiempo el algoritmo aprende a identificar patrones más complejos mejorando su capacidad de detectar tantas caries, infecciones, problemas periodontales y otro tipo de condiciones de manera más efectiva, reduciendo su rango de error. Este enfoque permite que, con el tiempo, el sistema se vuelva más preciso, optimizando así sus capacidades diagnósticas.

-Puesta en marcha del sistema de IA

Una vez se obtenga los suficientes datos y se alcance un nivel alto de precisión diagnóstica se buscará la aplicación y puesta en marcha en el ámbito clínico de manera que sirva como herramienta de apoyo y permita proporcionar diagnósticos dentales. El conseguir llegar a este punto implica un gran éxito y avance, pero se debe seguir monitoreando y enriqueciendo el sistema de datos permitiendo mejoras continuas.

Este tipo de enfoque metódico permite la participación e integración de colaboradores humanos que permite un análisis con mayor precisión y cauteloso de las radiografías y con posibilidades de incorporación de nuevos casos clínicos en un futuro para ir mejorando las capacidades diagnósticas de la IA.



8.2.2 Recolección de datos

- Selección de 10 ortopantomografías pertenecientes a la Clínica Universitaria Odontológica Europea de Valencia, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.
- Participación de alumnado y profesorado de la Universidad europea de Valencia del grado de odontología.

8.2.3 Análisis Estadístico

El análisis estadístico de este estudio se centra en la evaluación comparativa de la capacidad diagnóstica de los estudiantes de cuarto y quinto curso en la interpretación de imágenes radiográficas, en relación con el criterio establecido por el profesorado. Esta comparación abarca la identificación de estructuras anatómicas, patologías dentales y tratamientos presentes.

Adicionalmente, se realizará un segundo análisis estadístico que contrastará exclusivamente los resultados obtenidos entre los grupos de estudiantes de cuarto y quinto curso, con el objetivo de examinar posibles diferencias en el nivel de competencia diagnóstica entre ambos niveles formativos.

Los datos obtenidos constituirán la base inicial para el diseño, construcción y entrenamiento de una futura base de datos orientada al desarrollo de sistemas de inteligencia artificial enfocados en el diagnóstico radiográfico. Paralelamente, estos resultados tendrán una finalidad educativa, al ser empleados como herramienta didáctica para reforzar el proceso de aprendizaje y mejorar las habilidades diagnósticas del estudiantado en la interpretación de imágenes radiológicas, favoreciendo el fortalecimiento de sus competencias clínicas.

9.Resultados:

9.1 Resultados del desempeño diagnóstico de estudiantes de 4º y 5º Curso frente al Comité de Expertos por Ítem.

Este estudio mide y compara que tan preciso y eficiente es el diagnóstico de parámetros como anatomía, patologías y tratamientos en radiografías (ortopantomografías) entre dos grupos diferenciados: alumnos de cuarto año de

odontología y alumnos de quinto año de odontología frente al análisis realizado por profesores y considerado como el patrón de etiquetado de referencia. También se encarga de medir el grado de concordancia diagnóstica entre los alumnos de cuarto y quinto curso frente a los examinadores.

Interpretación de la Tabla 9.1 y Gráficos 9.1 y 9.1.2

9.1.1. Lesión periapical

Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes de 4° año alcanzaron un porcentaje de acierto del 20%, mientras que los estudiantes de 5° año lograron un 10% de precisión diagnóstica en la identificación de lesiones periapicales. Ambos resultados son considerablemente inferiores al desempeño observado en el grupo de examinadores.

En términos comparativos, los estudiantes de 4° año presentaron una reducción del 80% en su capacidad diagnóstica con respecto a los examinadores, mientras que los estudiantes de 5° año experimentaron una disminución aún más pronunciada, del 90%.

9.1.2. Caries dental

En términos de precisión diagnóstica respecto a la detección de caries dental, los estudiantes de 5° año alcanzaron un 55% de aciertos, mientras que los estudiantes de 4° año obtuvieron un 35% de precisión.

Al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de examinadores, los estudiantes de 5° año tuvieron una reducción del 35% en su precisión diagnóstica en comparación con los expertos, mientras que los estudiantes de 4° año tuvieron una disminución aún mayor del 55%.

9.1.3. Resto radicular

Los resultados para el ítem de resto radicular arrojaron que los alumnos de 4to tenían un porcentaje de asertividad del 10%, mientras que los alumnos de 5to obtuvieron un 15%. En contraposición con los examinadores los alumnos de 4to tuvieron una reducción de su capacidad diagnostica de un 90% y los alumnos de 5to de un 85%.

9.1.4. Lesión ósea

Los estudiantes de 5° año lograron un porcentaje de acierto del 100%, equiparándose al desempeño del grupo de expertos, lo que evidencia una capacidad

diagnóstica plena en este ámbito. En contraste, los estudiantes de 4° año obtuvieron un 50% de precisión, lo que refleja una diferencia del 50% menos en comparación tanto con el grupo de expertos como con sus compañeros de 5° año.

9.1.5. Dientes

En el apartado correspondiente a la evaluación de dientes, los estudiantes de 4° año alcanzaron un 95% de precisión diagnóstica, mientras que los estudiantes de 5° año lograron un 100% de aciertos, igualando el desempeño del grupo de expertos. La diferencia entre ambos grupos fue mínima, con solo un 5% de menor precisión en el caso de los estudiantes de 4° año.

9.1.6. Nervio dentario

Con respecto al porcentaje de aciertos del nervio dentario los alumnos de 5to año alcanzaron un 95% de precisión diagnóstica, mientras que los estudiantes de 4to año lograron un 100%, resultado que se equipara al desempeño del grupo de expertos, mientras que con los alumnos de 5to año hubo una diferencia de precisión diagnóstica de un 5%.

9.1.7. Seno maxilar

En relación con este ítem, los estudiantes de 4° año alcanzaron un 80% de precisión diagnóstica, mientras que los estudiantes de 5° año lograron un 100% de acierto, equiparándose al desempeño del grupo de expertos. Por lo tanto, existe una brecha del 20% entre los alumnos de 4to y los alumnos de 5to y el grupo de expertos.

9.1.8. Foramen mentoniano

En este ítem, los estudiantes de 4° año alcanzaron una precisión diagnóstica del 10%, mientras que los estudiantes de 5° año lograron un 15% de acierto. Sin embargo, ambos grupos presentan una precisión considerablemente reducida en comparación con el grupo de expertos. En concreto, los estudiantes de 4° año muestran una diferencia del 90% respecto a los expertos, mientras que los de 5° año presentan una diferencia del 85%, evidenciando una brecha significativa en la capacidad diagnóstica entre los estudiantes y los profesionales experimentados.

9.1.9. Hueso maxilar

En este apartado ambos grupos de estudiantes obtuvieron un 100% de aciertos.

9.1.10. Hueso mandibular

En este apartado tanto los alumnos de 4to como los alumnos de 5to obtuvieron un 100% de aciertos.

9.1.11. Obturación

En el ítem correspondiente a la obturación, los estudiantes de 4° año alcanzaron un 45% de aciertos, mientras que los estudiantes de 5° año obtuvieron un 50%, evidenciando una ligera ventaja a favor del grupo de último año.

Sin embargo, al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, se observa que los estudiantes de 5° año lograron alcanzar la mitad de la precisión diagnóstica de los expertos, mientras que los estudiantes de 4° año presentaron un 55% menos de precisión, lo que refleja una brecha en el desempeño diagnóstico entre ambos grupos y los profesionales de referencia.

9.1.12. Tratamiento de conducto

En el apartado correspondiente a los tratamientos de conducto, se observó una diferencia del 10% en la precisión diagnóstica entre ambos grupos de estudiantes. Los alumnos de 4° año alcanzaron un 55% de acierto, mientras que los de 5° año lograron un 65%.

Al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, se destaca que los estudiantes de 4° año lograron un poco más de la mitad de la precisión esperada, mientras que los estudiantes de 5° año presentaron un 35% menos de precisión en relación con el estándar de excelencia establecido por los expertos.

9.1.13. Ausencia dentaria

En relación con las ausencias dentarias, los estudiantes de 4° año alcanzaron un 75% de precisión diagnóstica, mientras que los estudiantes de 5° año obtuvieron un 85%, evidenciando una diferencia de 10 puntos porcentuales entre ambos grupos. Al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, se observa que los estudiantes de 5° año presentan una diferencia del 15% en precisión diagnóstica respecto al estándar establecido, mientras que los estudiantes de 4.° año muestran una diferencia del 20%.

9.1.14. Corona

En el ítem correspondiente a las coronas dentales, los estudiantes de 4° año alcanzaron una precisión diagnóstica del 60%, mientras que los estudiantes de 5° año lograron un 70%. Sin embargo, al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, que obtuvieron un 100% de precisión, se observa una diferencia del 30% en relación con los estudiantes de 5° año y del 40% respecto a los estudiantes de 4° año.

9.1.15. Corona sobre implante

En el apartado correspondiente a las coronas sobre implantes, los estudiantes de 4° año alcanzaron una precisión diagnóstica del 40%, mientras que los estudiantes de 5° año obtuvieron un 20% de aciertos. Esto indica que el desempeño de los estudiantes de 4° año fue 20 puntos porcentuales superior al de sus compañeros de 5° año.

Sin embargo, al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, se evidencia una brecha notable. Los estudiantes de 4° año presentan una diferencia del 60% en precisión diagnóstica en relación con el comité de expertos, mientras que los estudiantes de 5° año muestran una diferencia aún mayor del 70%.

9.1.16. Poste/Perno

En este apartado, tanto los estudiantes de 4° como de 5° año obtuvieron resultados idénticos, alcanzando un 15% de precisión diagnóstica. Esto implica que, en comparación con el grupo de expertos, ambos grupos presentan una diferencia del 85% en su capacidad diagnóstica.

9.1.17. Implante

En el apartado correspondiente a implantes, los estudiantes de 5° año alcanzaron un **100% de precisión diagnóstica**, equiparándose al desempeño del comité de expertos. Por su parte, los estudiantes de 4° año obtuvieron un **85% de acierto**, lo que refleja una diferencia del **15%** en relación con el estándar establecido por el comité.

Ítem	Patrón de excelencia	Alumnos 4to	Alumnos 5to
Lesión periapical	100%	20%	10%
Caries dental	100%	35%	55%
Resto radicular	100%	10%	15%
Lesión ósea	100%	50%	100%
Dientes	100%	95%	100%
Nervio dentario	100%	100%	95%
Seno maxilar	100%	80%	100%
Foramen mentoniano	100%	10%	15%
Hueso maxilar	100%	100%	100%
Hueso mandibular	100%	100%	100%
Obturación	100%	45%	50%
Trat. De conductos	100%	55%	65%
Ausencia dentaria	100%	75%	85%
Corona	100%	60%	70%
Corona sobre implante	100%	40%	20%
Poste/Perno	100%	15%	15%
Implante	100%	100%	85%

Tabla 9.1 Tabla comparativa entre estudiantes de 4° y 5° año y expertos

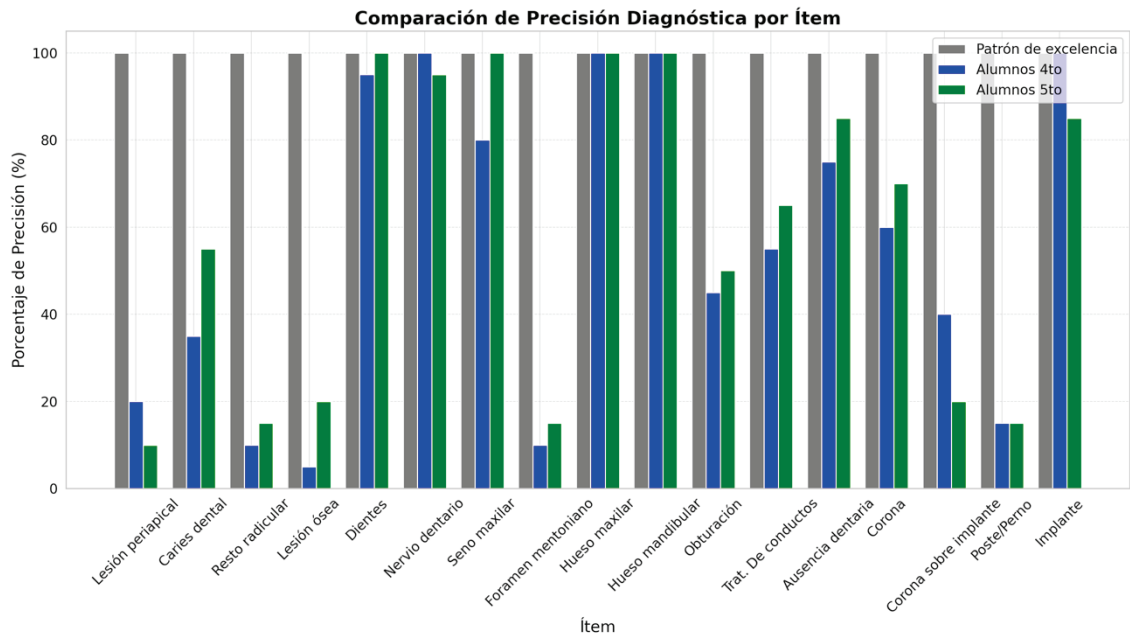


Gráfico 9.1: Precisión Diagnóstica por Ítem: Comparativa entre Estudiantes de 4º y 5º Año y Expertos.

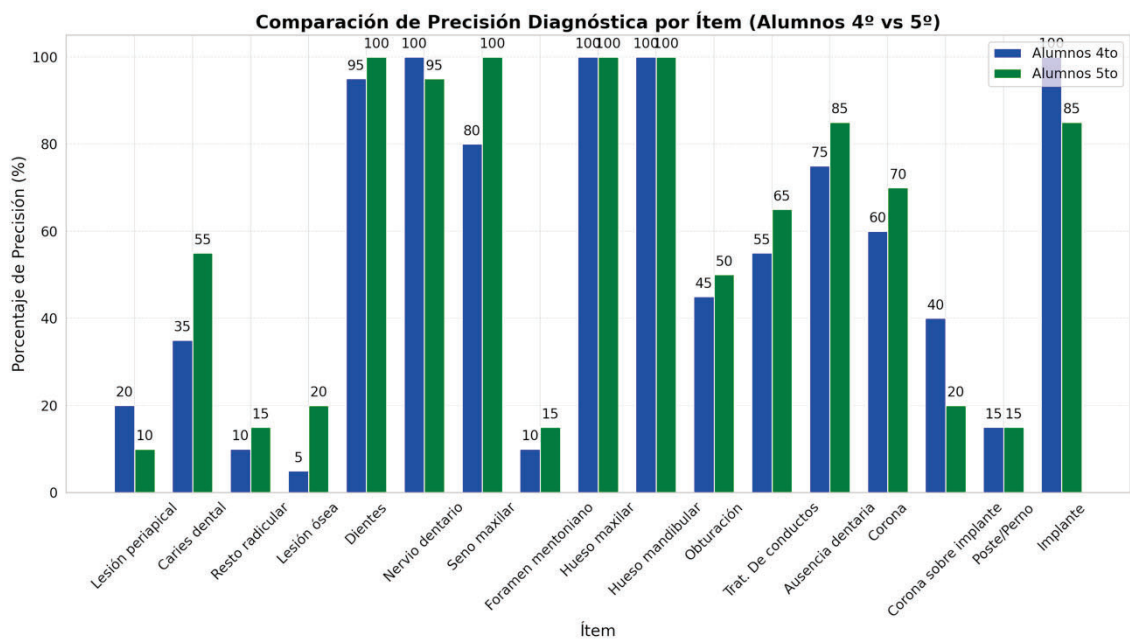


Gráfico 9.1.1: Precisión Diagnóstica por Ítem, comparativa entre alumnos de 4º y 5º Año.

9.2 Resultados de la precisión diagnóstica de las ortopantomografías por grupos

Desde una perspectiva comparativa entre los estudiantes de 4° y 5° curso frente al revisor experto, y considerando la sumatoria de los ítems evaluados en cada una de las ortopantomografías analizadas, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Interpretación de la Tabla 9.2 y Gráficos 9.2 y 9.3

La tabla muestra los porcentajes de coincidencia obtenidos por estudiantes de 4° y 5° curso del Grado en Odontología al evaluar diez ortopantomografías, comparados con el criterio de un revisor experto. Adicionalmente, se incluye una columna que indica la diferencia porcentual entre ambos grupos con el objetivo de cuantificar el progreso formativo entre niveles académicos.

En la ortopantomografía 1, se evidencia una mejora notable de 25 puntos porcentuales en el grupo de 5° curso (100%) frente al de 4° curso (75%), lo que indica una concordancia total con el revisor experto por parte de los estudiantes del curso superior. Este caso representa la diferencia más significativa a favor del curso superior.

Para la ortopantomografía 2, los estudiantes de 4° curso alcanzaron un 95% de coincidencia, superando al grupo de 5° curso, que obtuvo un 85%. Esta inversión de tendencia, con una diferencia de -10 puntos porcentuales, podría atribuirse a factores específicos relacionados con la imagen evaluada o a variabilidad individual en la interpretación radiográfica.

La ortopantomografía 3 muestra un desempeño alto en ambos grupos, con una ligera superioridad del 5° curso (95%) frente al 4° curso (91%), reflejando una mejora de 4 puntos porcentuales. En la ortopantomografía 4, los resultados fueron muy similares: 90% para el 4° curso y 89% para el 5°, con una diferencia marginal de -1 punto porcentual, lo que indica un nivel de interpretación equiparable entre ambos grupos.

En la ortopantomografía 5, el grupo de 4° curso presenta una mejor puntuación (95%) en comparación con el 5.° curso (90%), con una diferencia de -5 puntos

porcentuales. A pesar de estas excepciones, ambos grupos muestran altos niveles de coincidencia con el experto.

La ortopantomografía 6 revela una mejora del 5° curso en 7 puntos porcentuales (86% frente a 79%), lo cual refuerza la tendencia general de progresión diagnóstica. Esta misma tendencia se mantiene en la ortopantomografía 7, donde los estudiantes de 5° curso logran una coincidencia perfecta del 100%, superando al 4° curso por 5 puntos porcentuales

El análisis de la ortopantomografía 8 muestra una diferencia considerable de 16 puntos porcentuales a favor del 5° curso (91% vs. 75%). En la ortopantomografía 9, la diferencia es más moderada, con un incremento de 4 puntos porcentuales a favor del 5° curso. Finalmente, en la ortopantomografía 10, el grupo de 5° curso alcanzó un 95%, en comparación con el 75% del grupo de 4° curso, marcando una mejora de 20 puntos porcentuales.

En términos generales, los estudiantes de 4° curso alcanzaron un 85% de coincidencia con el criterio del revisor experto, mientras que los estudiantes de 5° curso lograron una coincidencia del 92%, evidenciando una mejora en la precisión diagnóstica.

Ortopantomografía	Coincidencia 4to curso (%)	Coincidencia 5to curso (%)	Diferencias 4to-5to curso (%)
1	75%	100%	25%
2	95%	85%	10%
3	91%	95%	4%
4	90%	89%	1%
5	95%	90%	5%
6	79%	86%	7%
7	95%	100%	5%
8	75%	91%	16%
9	81%	85%	4%
10	75%	95%	20%

Tabla 9.2: Comparativa por Opg alumnado 4to-5to vs examinadores.

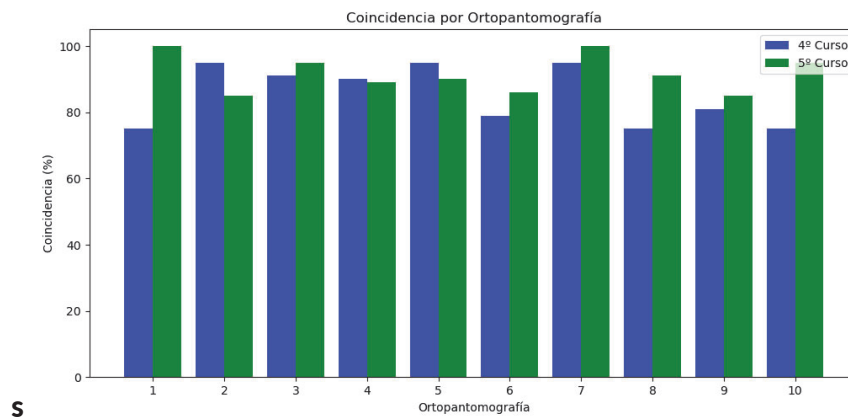


Gráfico 9.2: porcentaje de coincidencia entre estudiantes y revisor experto en cada ortodontomografía.

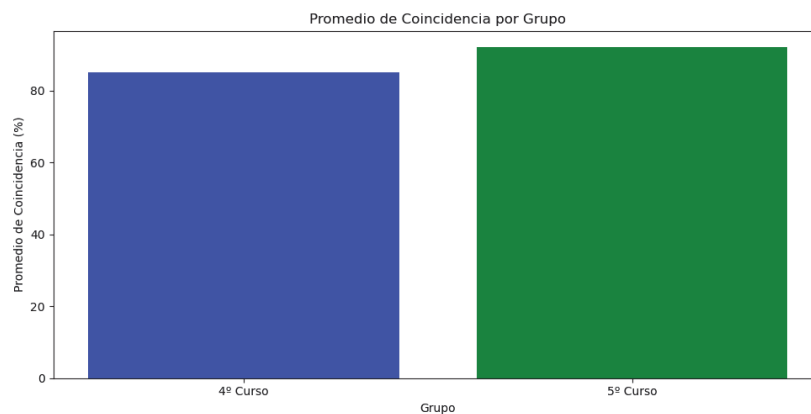


Gráfico 9.3: comparación de los promedios de coincidencia diagnóstica entre estudiantes de 4º y 5º curso.

10. Discusión

El presente estudio se centró en la estructuración sistemática de datos a través de un protocolo estandarizado para la clasificación de imágenes radiográficas y sus correspondientes diagnósticos clínicos. Este proceso se llevó a cabo considerando rigurosos criterios de precisión y calidad en la recopilación de información. Asimismo, el estudio incluyó un análisis comparativo de la capacidad diagnóstica entre dos grupos de estudiantes de cuarto y quinto curso del Grado en Odontología frente a un grupo de examinadores expertos, así como una comparación directa entre ambos grupos de estudiantes.

La hipótesis que sustenta esta investigación propone que la colaboración activa entre docentes y estudiantes en el análisis detallado y estructurado de radiografías dentales, específicamente ortopantomografías, permitirá la creación de una base de datos robusta, organizada y clínicamente relevante. Esta base incluirá categorías diversas de información, abarcando aspectos anatómicos, presencia de lesiones y tratamientos previamente realizados.

Este enfoque colaborativo no solo facilita la estandarización y clasificación de datos radiográficos, sino que también permite evaluar las competencias diagnósticas del estudiantado. A través de este análisis, se busca determinar si existen diferencias en el desempeño entre los distintos niveles académicos, así como entre el alumnado y los profesionales evaluadores, lo que contribuirá al fortalecimiento de la formación clínica en el ámbito de la radiología odontológica. Mediante lo expuesto anteriormente nos adentraremos a exponer un examen detallado de los resultados obtenidos en el presente estudio.

10.1. Nivel de Asertividad Diagnóstica por Ítem: Estudiantes de 4° y 5° Año vs Comité de Expertos

10.1.1 Lesión periapical:

Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes de 4° año alcanzaron un porcentaje de acierto del 20%, mientras que los estudiantes de 5° año lograron un 10% de precisión diagnóstica en la identificación de lesiones periapicales.

No obstante, ambos valores son considerablemente inferiores al desempeño observado en el grupo de examinadores. En términos comparativos, los estudiantes de 4° año presentaron una reducción del 80% en su capacidad diagnóstica con respecto a los examinadores, mientras que los estudiantes de 5° año experimentaron una disminución aún más pronunciada, del 90%.

Estos hallazgos evidencian una limitación en el dominio de las competencias diagnósticas por parte de ambos grupos de estudiantes, lo que subraya la necesidad de fortalecer las estrategias de enseñanza y aprendizaje en esta área, particularmente en lo

referente al análisis e interpretación de imágenes diagnósticas. Además, estudios recientes han demostrado que la inteligencia artificial (IA) puede alcanzar una precisión diagnóstica del 96.66% en la detección de lesiones periapicales en radiografías periapicales. Esto sugiere que la integración de herramientas de IA en la educación dental podría ser beneficiosa para mejorar las habilidades diagnósticas de los estudiantes (13). Otro estudio multinacional evaluó un sistema de IA para la interpretación de radiografías panorámicas y encontró que su rendimiento era comparable o superior al de lectores humanos, especialmente en la identificación de radiolucencias periapicales con una sensibilidad del 67.9%. La implementación de estas tecnologías podría servir como apoyo en la formación de estudiantes, mejorando su capacidad diagnóstica (14).

10.1.2 Caries dental:

En términos de precisión diagnóstica respecto a la detección de caries dental, los estudiantes de 5° año demostraron un mejor desempeño, alcanzando un 55% de aciertos, mientras que los estudiantes de 4° año obtuvieron un 35% de precisión; teniendo una brecha diferencial de 20 puntos porcentuales.

Sin embargo, al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de examinadores considerados como el estándar de excelencia, se evidencia una brecha significativa en términos de precisión diagnóstica. Los estudiantes de 5° año presentaron una reducción del 35% en su precisión diagnóstica en relación con los expertos, mientras que los estudiantes de 4° año mostraron una disminución aún mayor del 55% en la detección de caries dentales.

Estudios recientes respaldan estas observaciones. Un ejemplo de ello es una revisión sistemática realizada por Cochrane, la cuál analizó la precisión de los métodos de clasificación visual utilizados para detectar caries dentales incipientes. Los resultados de esta revisión revelaron que, aunque estos métodos pueden ser efectivos, su precisión varía significativamente. Esta variabilidad se debe principalmente a factores como la interpretación subjetiva del usuario, las condiciones de iluminación, la experiencia del evaluador y las características específicas de las lesiones observadas. En consecuencia, la

capacidad para diagnosticar correctamente caries dentales utilizando únicamente métodos visuales depende en gran medida de la experiencia del clínico y del contexto de evaluación (15). Sin embargo, otro estudio (16) que evaluó la fiabilidad de la inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico a través de radiografías panorámicas reveló que estos sistemas presentan una menor confiabilidad en la detección de caries dental. Esta limitación se debe a que la IA no proporciona información táctil, como la que se obtiene mediante el uso de sondas dentales. Las sondas permiten combinar la evaluación visual con información táctil directa, lo que mejora la precisión diagnóstica y facilita la identificación de caries que podrían pasar desapercibidas en una evaluación exclusivamente visual.

10.1.3 Resto radicular

El análisis de los resultados obtenidos en la detección de restos radiculares por parte de estudiantes de odontología de 4° y 5° curso revela una baja tasa de aciertos (10% y 15%, respectivamente) en comparación con los examinadores expertos. Estudios previos han demostrado que la precisión diagnóstica en la interpretación de radiografías mejora con el aumento de la experiencia clínica.

La incorporación de estrategias de razonamiento no analítico, como la formulación de hipótesis diagnósticas antes de analizar características específicas en las radiografías, ha mostrado mejorar la precisión diagnóstica en estudiantes. Baghdady y cols. demostraron que los estudiantes que aplicaban este enfoque tenían una mayor precisión diagnóstica en comparación con aquellos que utilizaban un enfoque analítico tradicional (17).

10.1.4 Lesión ósea

Los estudiantes de 5° año demostraron una precisión diagnóstica del 100 %, alcanzando un desempeño equivalente al de los expertos, lo que refleja una competencia diagnóstica óptima en esta área. Por otro lado, los estudiantes de 4° año obtuvieron una precisión del 50 %, mostrando una brecha del 50 % en comparación tanto con el grupo de expertos como con sus compañeros de último año.

Este estudio realizado por Wang L y cols revisa la evidencia más reciente sobre las técnicas de inteligencia artificial (IA) aplicadas a imágenes médicas para diferenciar lesiones óseas benignas de malignas. Los resultados indican que la IA tiene un rendimiento prometedor en la diferenciación de lesiones óseas, aunque se necesitan más estudios para validar su aplicación clínica (18).

10.1.5 Dientes

El análisis de la precisión diagnóstica en la evaluación de dientes mediante radiografías panorámicas muestra que los estudiantes de 5° año alcanzaron un 100% de aciertos, equiparándose al desempeño del grupo de expertos. Por otro lado, los estudiantes de 4° año lograron un 95% de precisión, evidenciando una diferencia mínima del 5% en comparación con sus compañeros de 5° año. Un estudio realizado por Chen y colaboradores desarrolló un método de aprendizaje automático capaz de identificar y enumerar dientes en radiografías periapicales. Los resultados demostraron que el sistema alcanzó una precisión diagnóstica superior al 90%. Al comparar las anotaciones automáticas con las realizadas por un grupo de dentistas, se observó que el rendimiento del sistema era equiparable al de un dentista junior. Estos hallazgos respaldan la viabilidad del uso de técnicas de aprendizaje automático para la detección de estructuras dentarias, lo que representa un avance significativo al reducir la carga de trabajo de los dentistas y minimizar los posibles errores diagnósticos (19).

10.1.6 Nervio dentario

Los resultados del estudio indican que los estudiantes de 4° año lograron una precisión diagnóstica del 100 % en la identificación del nervio dentario en radiografías periapicales, equiparándose al desempeño del grupo de expertos. Por otro lado, los estudiantes de 5° año alcanzaron una precisión del 95 %, presentando una diferencia del 5 % respecto a los expertos.

En la literatura, se han realizado estudios, pero la mayoría de estos se centran en métodos radiográficos tradicionales, la inteligencia artificial (IA) está emergiendo como una herramienta prometedora en la identificación del nervio dentario. Por ejemplo, se han desarrollado modelos de aprendizaje profundo que mejoran la precisión en la

detección del canal mandibular en imágenes radiográficas, lo que podría reducir el riesgo de lesiones nerviosas durante procedimientos quirúrgicos. Estos avances sugieren que la integración de la IA en la práctica clínica podría mejorar la planificación y ejecución de tratamientos odontológico (20).

10.1.7 Seno maxilar

Los resultados indican que los estudiantes de 4° año alcanzaron un 80 % de precisión diagnóstica en la identificación del seno maxilar, mientras que los de 5° año lograron un 100 %, equiparándose al desempeño del grupo de expertos. Esta diferencia del 20 % sugiere que la experiencia y la formación adicional adquirida en el último año de estudios contribuyen significativamente a mejorar las competencias diagnósticas en radiología dental. Un estudio realizado por Rosado y cols comparó la capacidad de los estudiantes de odontología para detectar anomalías radiográficas, evidenciando que el rendimiento diagnóstico fue superior cuando se utilizaron imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en lugar de radiografías convencionales (21).

De manera complementaria, la investigación de Malina-Altzinger y cols evaluó la fiabilidad de los hallazgos del seno maxilar en radiografías panorámicas en comparación con CBCT. Los resultados revelaron que existe un riesgo moderado de diagnóstico erróneo cuando solo se emplea la radiografía panorámica para evaluar el seno maxilar (22). Estos hallazgos se relacionan directamente con el presente estudio, ya que, a pesar de que los estudiantes utilizaron un método de diagnóstico menos preciso para visualizar el seno maxilar, lograron un alto porcentaje de precisión diagnóstica. Esto sugiere que su formación y experiencia compensaron, en parte, las limitaciones inherentes a la técnica radiográfica empleada.

10.1.8 Foramen mentoniano

Los resultados obtenidos en la identificación del foramen mentoniano por parte de estudiantes de odontología de 4° y 5° año revelan una precisión diagnóstica del 10 % y 15 %, respectivamente. Estas cifras contrastan significativamente con el desempeño del grupo de expertos, evidenciando diferencias del 90 % y 85 % en cada caso. Esta

notable brecha puede ser debido a que en mucha de las radiografías resultaba difícil la identificación del conducto y en muchos casos no era posible identificarlo.

Este hallazgo coincide con estudios previos que destacan las limitaciones en la capacidad diagnóstica de los estudiantes al utilizar radiografías panorámicas (RP) para detectar el foramen mentoniano. Por ejemplo, un estudio evaluó la posición del foramen mentoniano en radiografías panorámicas y encontró que la ubicación más frecuente fue entre el primer y segundo premolar inferior, con una prevalencia del 49,3 % en el lado derecho y 52,9 % en el lado izquierdo. Sin embargo, la identificación precisa de esta estructura puede ser desafiante debido a variaciones anatómicas y limitaciones inherentes a la técnica radiográfica (23).

Además, investigaciones han demostrado que la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) proporciona una mayor precisión en la localización del foramen mentoniano en comparación con las radiografías panorámicas. La CBCT permite una evaluación tridimensional más detallada, lo que facilita la identificación de estructuras anatómicas complejas y reduce el riesgo de errores diagnósticos.

10.1.9 Hueso maxilar

Ambos grupos obtuvieron un 100% de aciertos en este apartado equiparándose con el comité de expertos.

10.1.10 Hueso mandibular

Ambos grupos obtuvieron un 100% de aciertos en este apartado equiparándose con el comité de expertos.

10.1.11 Obturación

En este apartado los estudiantes de 4° y 5° año alcanzaron precisiones diagnósticas del 45 % y 50 % respectivamente en la evaluación de obturaciones, evidencian una brecha significativa en comparación con el desempeño de expertos. El estudio (24), cuyo objetivo principal fue evaluar la eficacia de la inteligencia artificial (IA) en la identificación de tratamientos dentales, concluyó que el sistema basado en IA

alcanzó una sensibilidad del 85,48 % y una especificidad del 92,20 %. Estos resultados evidencian la eficiencia y utilidad de los softwares basados en redes neuronales para optimizar y facilitar el proceso diagnóstico en odontología. El empleo de inteligencia artificial en este contexto no solo mejora la precisión diagnóstica, sino que también reduce la carga de trabajo para los profesionales, permitiendo una detección temprana y confiable de condiciones clínicas.

10.1.12 Tratamientos de conducto

En el análisis de los tratamientos de conducto, se identificó una diferencia del 10 % en la precisión diagnóstica entre los dos grupos de estudiantes evaluados. Los participantes de 4° año obtuvieron una precisión del 55 %, mientras que los de 5° año alcanzaron un 65 %. Al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, se evidenció que los estudiantes de 4° año lograron poco más de la mitad de la precisión esperada, mientras que los de 5° año mostraron una reducción del 35 % en precisión en comparación con el estándar establecido por los profesionales experimentados.

Este estudio realizado por Durmazpınar y Ekmekci compara la precisión diagnóstica en casos endodónticos entre estudiantes de 3° año y 5° año de odontología vs el modelo de inteligencia artificial ChatGPT-4o. Los resultados muestran que estudiantes de 3° año tenían una tasa de aciertos del 60,8%, mientras que los de 5° año alcanzaban el 79,5% en la interpretación de casos endodónticos, indicando una mejora significativa con la progresión académica. Pero a su vez ChatGPT-4o superó a ambos grupos de estudiantes, con una tasa de aciertos del 91,4%, frente al 60,8% de los estudiantes de tercer año y al 79,5% de los de quinto año (25).

10.1.13 Ausencia dentaria

En cuanto a la detección de ausencias dentarias, los estudiantes de 4° año lograron una precisión diagnóstica del 75 %, mientras que los de 5° año alcanzaron un 85 %, lo que refleja una brecha de 10 puntos porcentuales entre ambos grupos. Al contrastar estos resultados con el rendimiento del grupo de expertos, se evidencia que los estudiantes de 5° año presentan una disminución del 15 % en precisión diagnóstica

en comparación con el estándar profesional, mientras que los de 4° año muestran una diferencia aún mayor, con un 20 % menos de precisión respecto al desempeño de los expertos.

Un estudio multinacional evaluó un sistema de inteligencia artificial (IA) para la interpretación de radiografías panorámicas dentales, demostrando un rendimiento comparable o superior al de lectores humanos, especialmente en la identificación de radiolucencias periapicales y dientes ausentes, con un porcentaje de sensibilidad diagnóstica para este segundo ítem del 4,7% (14). Por otro lado, el artículo (26) comparó el desempeño de la IA con el de expertos humanos en la detección de diversas condiciones dentales. Los resultados indicaron que la IA logró una precisión diagnóstica del 90 % en la identificación de dientes ausentes, lo que respalda su utilidad como una herramienta complementaria y confiable en el diagnóstico radiográfico odontológico.

10.1.14 Corona

En el apartado relacionado con las coronas dentales, los estudiantes de 4° año obtuvieron una precisión diagnóstica del 60 %, mientras que los de 5° año alcanzaron un 70 %. Sin embargo, al contrastar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, quienes lograron una precisión del 100 %, se evidencia una brecha del 30 % entre los estudiantes de 5° año y los profesionales, y una diferencia del 40 % en el caso de los estudiantes de 4° año.

El artículo elaborado por Arsiwala SZ y colaboradores (24) que se centró en el análisis comparativo de radiografías panorámicas utilizando un software de inteligencia artificial (IA) frente a evaluadores humanos, con el propósito de determinar la precisión diagnóstica del sistema basado en IA, reveló un alto rendimiento del software en la identificación de diversos elementos clínicos, incluidos coronas, implantes y obturaciones, demostrando su potencial como una herramienta complementaria en el diagnóstico radiográfico odontológico.

10.1.15 Corona sobre implante

En la evaluación relacionada con las coronas sobre implantes, los estudiantes de 4° año lograron una precisión diagnóstica del 40 %, superando en 20 puntos porcentuales a sus compañeros de 5° año, quienes obtuvieron un 20% de aciertos. No obstante, al comparar estos resultados con el desempeño del grupo de expertos, se pone de manifiesto una notable diferencia. Los estudiantes de 4° año presentan un déficit del 60% en precisión diagnóstica respecto al estándar profesional, mientras que los de 5° año muestran una brecha aún mayor, con un 70% menos de precisión en comparación con los expertos. En el estudio (26) se demuestra el gran rendimiento de la IA en la precisión y exactitud en la identificación de coronas y puentes con una precisión de 65,30%.

Otro artículo de revisión sistemática (27) analizó múltiples estudios que evaluaban la eficacia de los modelos basados en redes neuronales para la precisión en la identificación de implantes dentales. Los resultados revelaron que la precisión diagnóstica oscilaba entre el 67% y el 98,5%, dependiendo del modelo y del tipo de imagen analizada. Estos hallazgos destacan que, aunque la inteligencia artificial (IA) ha demostrado un desempeño prometedor en la identificación de coronas y componentes de implantes en radiografías panorámicas, aún persisten desafíos importantes para lograr una detección precisa de las coronas sobre implantes. Esto subraya la necesidad de mejorar los algoritmos y optimizar las bases de datos de entrenamiento para alcanzar una mayor fiabilidad diagnóstica.

10.1.16 Poste /Perno

En la evaluación de la identificación de postes o pernos en radiografías dentales, tanto los estudiantes de 4° como de 5° año alcanzaron una precisión diagnóstica del 15%. Esto indica una diferencia del 85% en comparación con el desempeño del grupo de expertos, evidenciando una brecha significativa en la capacidad diagnóstica de los estudiantes respecto al estándar profesional. El estudio (28) expone como la IA mejora significativamente, la precisión diagnóstica y el gran potencial que tiene de transformar la radiología dental. Aunque el estudio mencionado no se enfocó específicamente en postes o pernos, los hallazgos sugieren que la IA tiene un rendimiento prometedor en la

identificación de estructuras dentales complejas. Esto indica que, con un entrenamiento adecuado y bases de datos específicas, los modelos de IA podrían mejorar la precisión en la detección de postes o pernos dentales, áreas donde los estudiantes han mostrado desafíos significativos.

La integración de herramientas de IA en la educación odontológica podría ser una estrategia efectiva para mejorar la precisión diagnóstica de los estudiantes en la identificación de postes o pernos dentales. Aunque se necesita más investigación centrada específicamente en esta área, los estudios actuales respaldan el potencial de la IA para complementar y mejorar la formación clínica en odontología.

10.1.17 Implantes

En la identificación de implantes, los estudiantes de 5° año lograron una precisión diagnóstica del 100%, igualando el rendimiento del grupo de expertos. En contraste, los estudiantes de 4° año obtuvieron un 85% de aciertos, lo que evidencia una diferencia del 15% en comparación con el estándar alcanzado por el comité de expertos.

El estudio de Lee H y cols (26) evidencio que había un gran porcentaje de precisión en la identificación de implantes dentales con un 90% de rendimiento.

10.2. Precisión diagnostica de las ortopantomografías por grupos de alumnos.

Los resultados obtenidos en este estudio revelan una progresión en la capacidad diagnóstica de los estudiantes de Odontología conforme avanzan en su formación académica. Específicamente, se observó que los estudiantes de 4° curso alcanzaron un promedio de coincidencia del 85% con respecto al revisor experto, mientras que los de 5° curso lograron un 92%. Esta diferencia del 7% sugiere una mejora en la precisión diagnóstica asociada al incremento de conocimientos y experiencia clínica adquiridos en los cursos superiores.

Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de la mejora general observada, existen variaciones en la concordancia diagnóstica entre diferentes ortopantomografías. En algunas imágenes específicas, los estudiantes de 4° curso superaron a los de 5° curso en términos de coincidencia con el revisor experto. Estas discrepancias podrían deberse

a la complejidad de ciertas imágenes o a factores individuales en la interpretación radiográfica.

Desde una perspectiva formativa, estos hallazgos respaldan la necesidad de fortalecer la enseñanza de diagnóstico por imagen a lo largo del currículo, especialmente mediante métodos activos como el aprendizaje basado en casos, el uso de tecnologías digitales y simulaciones, o incluso la integración de herramientas de inteligencia artificial (IA) como apoyo a la toma de decisiones clínicas.

Diversos estudios han señalado que la implementación de IA en entornos educativos contribuye significativamente a mejorar la precisión diagnóstica de los estudiantes. Por ejemplo, el estudio de Hamilton (2024) en la Universidad de Florida (29) demostró que el uso de herramientas de IA aumentó la detección de caries por parte de los estudiantes en más del 40% tras una breve sesión de entrenamiento. Asimismo, Qutieshat y cols. (2024) observaron que la IA superó en precisión diagnóstica incluso a los estudiantes de último año en evaluaciones endodónticas, destacando el potencial de estas tecnologías para complementar la educación clínica (30).

Este resultado subraya el potencial de las herramientas basadas en IA para complementar la formación tradicional y acelerar el desarrollo de competencias clínicas y confirma a su vez que existe una relación positiva entre el nivel académico y la precisión diagnóstica en la interpretación de ortopantomografías. Si bien los estudiantes de ambos cursos mostraron un alto grado de coincidencia con el revisor experto, la ventaja del 5º curso fue constante en la mayoría de los casos, lo que respalda el valor de la formación progresiva. Además, se plantea como línea futura la exploración de nuevas metodologías de enseñanza, incluidas las tecnologías de IA, para seguir optimizando la competencia diagnóstica en los estudiantes de Odontología.

10.3 Coherencia entre los objetivos del estudio

La presente investigación se centra en la recopilación y clasificación sistemática de un conjunto de imágenes radiográficas, las cuales fueron evaluadas y categorizadas de manera rigurosa por profesionales con experiencia en el ámbito de la radiología. Este proceso meticuloso no solo permitió garantizar la calidad y precisión de los diagnósticos,

sino que también proporcionó una base de datos sólida orientada al entrenamiento de sistemas de inteligencia artificial (IA). Dichos sistemas están diseñados para analizar y diagnosticar imágenes radiográficas de manera autónoma, optimizando así los procesos de diagnóstico médico y mejorando la precisión en la interpretación de imágenes.

El desarrollo de esta base de datos, además, tuvo un impacto significativo en la formación de los estudiantes de odontología, quienes participaron activamente en el proceso de evaluación, análisis y etiquetado de las imágenes radiográficas. Comparando los diagnósticos realizados por estudiantes de cuarto y quinto año, se observaron porcentajes de precisión similares, indicando un desempeño diagnóstico comparable entre ambos niveles. Los estudiantes de cuarto año demostraron un rendimiento prometedor, acercándose en muchos casos al nivel de precisión de los expertos, aunque se identificó la necesidad de seguir fortaleciendo ciertas competencias diagnósticas. Por su parte, los estudiantes de quinto año obtuvieron resultados alentadores, comparables a los de los expertos, reflejando una formación sólida y efectiva.

Esta experiencia educativa contribuyó al fortalecimiento de sus competencias diagnósticas tanto a nivel radiográfico como clínico. Mediante esta actividad, los estudiantes pudieron identificar de manera objetiva sus fortalezas y áreas de oportunidad en la interpretación de ortopantomografías, promoviendo un aprendizaje significativo y orientado a la práctica clínica. Como se menciona en el artículo (31), la inteligencia artificial (IA) ofrece a los estudiantes una experiencia única no solo en el diagnóstico, sino también en el tratamiento de enfermedades. La IA se ha convertido en un valioso sistema de apoyo que facilita la toma de decisiones. En este sentido, el artículo de Ducret y cols analiza la aplicabilidad de la inteligencia artificial en el ámbito de la odontología, haciendo énfasis en su contribución a la sostenibilidad y su alineación con los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, así como con la estrategia de salud bucodental de la Organización Mundial de la Salud. El estudio concluye que la inteligencia artificial tiene un gran potencial para transformar la odontología, promoviendo además prácticas más sostenibles y coherentes con los objetivos globales de desarrollo sostenible (32).

En un contexto donde la inteligencia artificial (IA) está transformando rápidamente la práctica odontológica, resulta fundamental que los estudiantes mantengan una actitud de aprendizaje continuo. Un estudio realizado por Eschert y colaboradores, enfocado en evaluar el conocimiento, la percepción y las preocupaciones de los profesionales del área de la salud respecto a la IA, reveló que la mayoría de los encuestados poseía un conocimiento entre promedio y limitado sobre esta tecnología. Sin embargo, mantenían la convicción de que la IA mejoraría e impulsaría la odontología, especialmente en el ámbito del diagnóstico (33).

La incorporación de la IA como recurso complementario en el proceso formativo les permitirá desarrollar competencias diagnósticas más precisas, optimizar el tiempo de evaluación y reducir el riesgo de errores, garantizando así la formación de profesionales altamente capacitados y adaptados a los estándares tecnológicos actuales.

10.4 Limitaciones del estudio

A pesar de los resultados alentadores obtenidos, es importante reconocer ciertas limitaciones que podrían influir en la aplicabilidad y alcance de este estudio:

-Calidad y representatividad de los datos:

El desempeño de los sistemas de inteligencia artificial está directamente relacionado con la calidad, variedad y representatividad de los datos utilizados durante su fase de entrenamiento. Si los datos no reflejan adecuadamente la diversidad de la población general, existe el riesgo de que los resultados obtenidos no sean extrapolables a contextos clínicos más amplios o heterogéneos.

-Interacción entre el profesional y el sistema automatizado:

La eficacia clínica de los sistemas basados en inteligencia artificial no solo depende de su precisión técnica, sino también de la forma en que los profesionales de la salud oral los integran y utilizan en la práctica diaria. La adecuada interacción humano-máquina es un componente clave para garantizar resultados clínicos óptimos.

-Manejo de casos clínicos complejos:

Aunque los algoritmos de IA muestran alto rendimiento en situaciones estandarizadas, pueden presentar limitaciones frente a casos clínicos no convencionales, atípicos o que requieren una interpretación diagnóstica más matizada. En tales escenarios, la experiencia y el juicio clínico del profesional siguen siendo fundamentales.

-Costo y accesibilidad tecnológica:

La adquisición, implementación y mantenimiento de sistemas avanzados de inteligencia artificial representan una inversión considerable, lo que puede limitar su adopción en entornos odontológicos con recursos económicos limitados.

-Consideraciones éticas y de protección de datos:

La implementación de tecnologías basadas en IA en entornos clínicos debe cumplir rigurosamente con los principios éticos y legales, especialmente en lo relativo a la confidencialidad de los datos clínicos y al consentimiento informado del paciente. Estos aspectos deben ser abordados con seriedad para asegurar el uso responsable de la tecnología.

10.5 Perspectivas Futuras para la Optimización de la IA en Odontología

-Integración multidisciplinaria de datos:

Desarrollar modelos de IA que combinen información radiográfica con datos clínicos, anamnesis, antecedentes médicos y hábitos del paciente para lograr un enfoque diagnóstico más integral y preciso. Realizando por tanto un estudio y diagnóstico más individualizado (34).

-Mejoras en la interpretación de los algoritmos:

Avanzar en técnicas de IA explicable que permitan a los profesionales comprender el razonamiento detrás de las decisiones del sistema, aumentando así la confianza y aceptación en la práctica clínica. Garantizando una práctica transparente y más segura.

-Validación clínica y revisiones bibliográficas:

Realizar estudios multicéntricos y longitudinales que validen el rendimiento de los sistemas de IA en condiciones reales de práctica odontológica, evaluando no solo precisión diagnóstica, sino también impacto en resultados clínicos.

-Desarrollo de plataformas accesibles y costo-eficientes:

Investigar y diseñar soluciones tecnológicas más asequibles y adaptadas a distintas realidades clínicas, incluyendo clínicas pequeñas y regiones con recursos limitados, para democratizar el acceso a la IA en odontología.

-Capacitación profesional y alfabetización digital:

Implementar programas de formación continua para odontólogos y estudiantes en el uso de herramientas basadas en IA, fortaleciendo sus competencias digitales y su capacidad para integrarlas de manera efectiva en la atención clínica.

11.Conclusión

Según los objetivos planteado en este estudio podemos concluir:

- Se ha conseguido recopilar un conjunto de imágenes radiográficas, las cuales fueron evaluadas y clasificadas de manera exhaustiva, permitiendo establecer diagnósticos precisos realizados por profesionales expertos. Esta base de datos tiene como objetivo futuro el entrenamiento de un sistema de inteligencia artificial (IA), con capacidad para analizar y diagnosticar imágenes radiográficas de manera autónoma.
- El proceso de evaluación, análisis y etiquetado de las imágenes radiográficas realizado por los estudiantes fortalece significativamente sus competencias diagnósticas tanto a nivel radiográfico como clínico. Esta actividad les permite identificar de manera objetiva sus fortalezas y debilidades en la interpretación de ortopantomografías, mejorando su capacidad para realizar diagnósticos precisos

- El análisis comparativo entre los diagnósticos realizados por estudiantes de 4.º y 5.º año refleja un desempeño similar entre ambos grupos, con diferencias no significativas en la precisión de sus respuestas. En muchos casos, los estudiantes de 4.º año alcanzan niveles de exactitud próximos a los del grupo experto, aunque en algunos ítems específicos aún se evidencia la necesidad de reforzar ciertas habilidades.
- Los estudiantes de 4º año de odontología demuestran un desempeño satisfactorio y prometedor, alcanzando resultados que, en muchos casos, se aproximan al nivel de precisión diagnóstica del grupo de expertos. No obstante, en algunos ítems específicos, se identifica la necesidad de seguir fortaleciendo sus competencias diagnósticas.
- Los estudiantes de 5º año de odontología también obtienen resultados alentadores, que en numerosos casos fueron comparables a los alcanzados por el grupo de expertos. Estos hallazgos destacan el alto nivel de conocimientos y la capacidad diagnóstica del alumnado, reflejando una formación sólida y efectiva.

12. Bibliografía

1. Kurup RJ, Sodhi A, Sangeetha R. Dentistry and Artificial Intelligence. *Acta Scientific Dental Sciences*. 2020;4(10):26-32.
2. Toosi A, Bottino A, Saboury B, Siegel E, Rahmim A. A Brief History of AI: How to Prevent Another Winter (A Critical Review). *PET Clinics*. 2021;16(4):449-69.
3. Russell SJ, Norvig P. Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno. Pearson Educación. 2011.
4. Alzaid N, Ghulam O, Albani M, Alharbi R, Othman M, Taher H, Albaradie S, Ahmed S. Revolutionizing Dental Care: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications Among Various Dental Specialties. *Cureus*. 2023;15(10):e47033.
5. Nagi R, Aravinda K, Rakesh N, Gupta R, Pal A, Mann AK. Clinical applications and performance of intelligent systems in dental and maxillofacial radiology: A review. *Imaging Sci Dent*. 2020;50(2):81-92.
6. Collado-Mesa F, Alvarez E, Arheart K. The Role of Artificial Intelligence in Diagnostic Radiology: A Survey at a Single Radiology Residency Training Program. *J Am Coll Radiol*. 2018;15(2):351-5.
7. Devito KL, de Sousa MC, Leite AF. Artificial neural networks for detecting dental caries on bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008;37(6):327-31.
8. Rahman HA, Harun SW, Arof H, Irawati N, Musirin I, Ibrahim F, Ahmad H. Classification of reflected signals from cavitated tooth surfaces using an artificial intelligence technique incorporating a fiber optic displacement sensor. *J Biomed Opt*. 2014;19(5):057009.
9. Geetha V, Aprameya KS, Hinduja DM. Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network. *Health Inf Sci Syst*. 2020;8(8).
10. Alotaibi F, Ramsay DS, Li J, Osborn J. Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss. *J Periodontol*. 2021;92(6):880-91
11. Papantonopoulos G, Takahashi K, Bountis T, Loos BG. Artificial neural networks for the diagnosis of aggressive periodontitis trained by immunologic parameters. *PLoS One*. 2014;9(3):e89757.

12. Castillo Pedraza MC, Obispo Salazar KJ, Wilches Visbal JH. Impacto de la inteligencia artificial en la odontología: una reflexión. 2024 jul 29 [publicación anticipada; citado 2025 may 2];23(1).
13. Issa J, Jaber M, Rifai I, Mozdziak P, Kempisty B, Dyszkiewicz-Konwińska M. Diagnostic test accuracy of artificial intelligence in detecting periapical periodontitis on two-dimensional radiographs: a retrospective study and literature review. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(4):768.
14. Wang YC, Chen TL, Vinayahalingam S, Wu TH, Chang CW, Chang HH, et al. Artificial intelligence to assess dental findings from panoramic radiographs: a multinational study. *arXiv [Preprint]*. 2025 Feb 14.
15. Macey R, Walsh T, Riley P, Glenny AM, Worthington HV, Clarkson JE, Ricketts D. Visual or visual-tactile examination to detect and inform the diagnosis of enamel caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2021;(6):CD014546.
16. Orhan K, Aksoy S, Gusarev M, Belgin CA, Manulis D, Golitsyna M, et al. Determining the reliability of diagnosis and treatment using artificial intelligence software with panoramic radiographs. *Imaging Sci Dent*. 2023;53:199-207.
17. Baghdady M, Carnahan H, Lam EW, Woods NN. Dental and dental hygiene students' diagnostic accuracy in oral radiology: effect of diagnostic strategy and instructional method. *J Dent Educ*. 2014;78(9):1276-1285.
18. Wang L, Chen Y, Zhang H, Li X, Zhou Q, Li Y, et al. Application of Machine Learning for Differentiating Bone Malignancy on Imaging: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(3):417.
19. Chen H, Zhang K, Lyu P, Li H, Zhang L, Wu J, et al. A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films. *Sci Rep*. 2019;9:3840.
20. Espinoza CA. Compromiso del conducto dentario inferior evaluado por tomografía maxilofacial. *Dento Metric [Internet]*. 2021 [citado 2025 May 12]. Disponible en: <https://dentometric.com/compromiso-del-conducto-dentario-inferior-evaluado-por-tomografia-maxilofacial/>
21. Rosado LP, Barbosa IS, Aquino SN, Junqueira RB, Verner FS. Dental students' ability to detect maxillary sinus abnormalities: A comparison between panoramic

- radiography and cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent.* 2020;50(3):229-35.
22. Malina-Altzinger J, Damerau G, Grätz KW, Stadlinger B. Evaluation of the maxillary sinus in panoramic radiography—a comparative study. *Int J Implant Dent.* 2015;1:17.
 23. Salas García NL, Yataco Pachas MA, Carrión Molina FJ. Evaluación de la posición del agujero mentoniano en radiografías panorámicas en un centro radiológico, Lima 2022. *KIRU.* 2023;20(2):54-62.
 24. Arsiwala SZ, Patel KR, Solanki M, Shah N, Patel V, Arsiwala SM. Evaluation of an Artificial Intelligence Web-Based Software to Detect and Classify Dental Structures and Treatments in Panoramic Radiographs. *J Dent.* 2023;133:104387.
 25. Durmazpinar PM, Ekmekci E. Comparing diagnostic skills in endodontic cases: dental students versus ChatGPT-4o. *BMC Oral Health.* 2025;25(1):457.
 26. Lee H, Park S, Kim J, Jung S, Kim H, Lee W. Evaluation of Dental Panoramic Radiographs by Artificial Intelligence Compared to Human Reference: A Diagnostic Accuracy Study. *J Clin Med.* 2024;13(22):6859.
 27. Ibraheem WI. Accuracy of Artificial Intelligence Models in Dental Implant Fixture Identification and Classification from Radiographs: A Systematic Review. *Diagnostics.* 2024;14(8):806.
 28. Ali M, Irfan M, Ali T, Wei CR, Akilimali A. Artificial Intelligence in Dental Radiology: A Narrative Review. *Ann Med Surg.* 2025;87:2212–7.
 29. Hamilton E. Students hone their dental AI skills while helping their patients. *University of Florida News.* 2024 Jun 26 [citado 2025 May 2]; Disponible en: <https://news.ufl.edu/2024/06/overjet-dental-ai/>.
 30. Qutieshat A, Al Rusheidi A, Al Ghammari S, Alarabi A, Salem A, Zelihic M. Comparative analysis of diagnostic accuracy in endodontic assessments: dental students vs. artificial intelligence. *Diagnosis.* 2024;11(3):259-65.
 31. Thurzo A, Strunga M, Urban R, Surovková J, Afrashtehfar KI. Impact of Artificial Intelligence on Dental Education: A Review and Guide for Curriculum Update. *Educ Sci.* 2023;13(2):150.

32. Ducret M, Mörch CM, Karteva T, Fisher J, Schwendicke F. Artificial intelligence for sustainable oral healthcare. *J Dent.* 2022 Dec;127:104322. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104322. PMID: 36273625
33. Eschert T, Schwendicke F, Krois J, Böhner L, Vinayahalingam S, Hanisch M. A Survey on the Use of Artificial Intelligence by Clinicians in Dentistry and Oral and Maxillofacial Surgery. *Medicina.* 2022;58(8):1059.
34. Joda T, Waltimo T, Probst-Hensch N, Pauli-Magnus C, Zitzmann N. Health Data in Dentistry: An Attempt to Master the Digital Challenge. *Public Health Genomics.* 2019;22:1-7

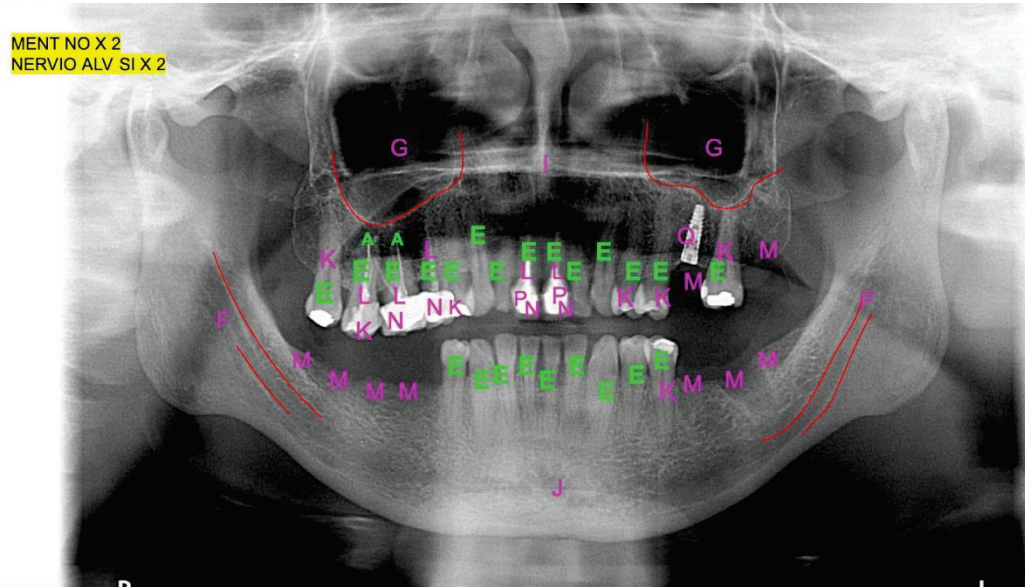
13.Anexos:

13.1 Tabla guía Arribe y Consort modificada para estudio in vitro

Item	Description	Page
1	Title	
2	Abstract: either a structured summary of background, research objectives, key experiment methods, principal fundings, and conclusion of the study or self-contained (should contain enough information to enable a good understanding of the rationale for the approach)	
3	Introduction: background, experimental approach, and explanation of rational/hypothesis	
4	Introduction; preprimary and secondary objectives	
5	Methods: study design explained number of experimental and control groups, steps to reduce bias (demonstrating the consistency of the experiment (done more than one), sufficient detail for replication, blinding evaluation, etc).	
6	Methods: precise details of experimental procedure (i.e., how, when, where and why)	
7	Methods: how sample size was determined (details of control and experimental group) and sample size calculation	
8	Methods: details of statistical methods and analysis (statistical methods used to compare groups)	
9	Results: explanation for any excluded data, results of Each analysis with a measure of precision as standard deviation or standard error or confidence interval	
10	Discussion: interpretation/scientific implications, limitations, and generalizability/translation	
11	Statement of potential conflicts and funding disclosure	
12	Publication in a peer-review journal	

13.2 Patrón de excelencia, rúbricas ejercicio Ortopantomografías:

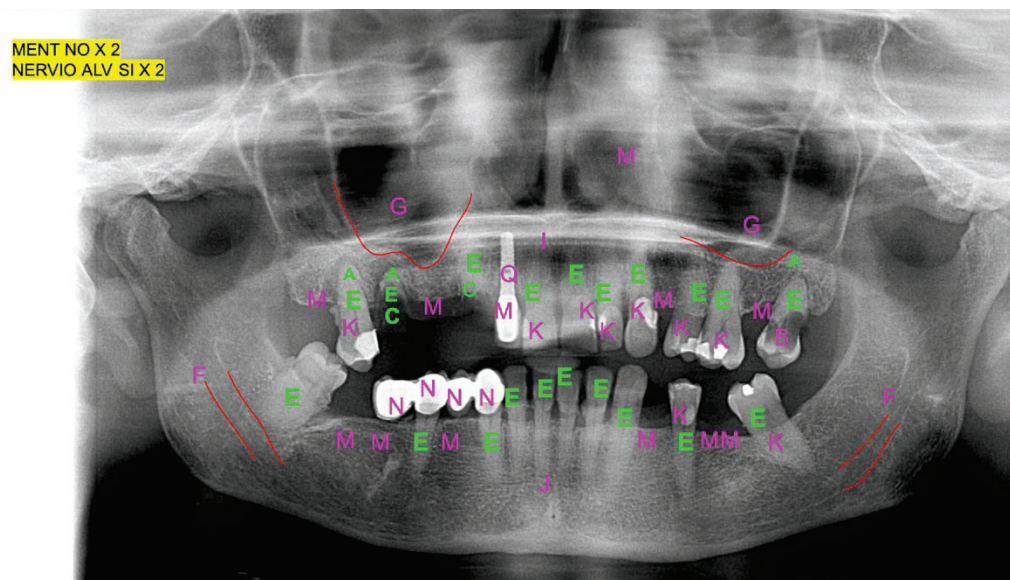
Radiografía 1:



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8					x	X						
1.7	X				X	X	X					
1.6	X				X	X	X		X			
1.5					X		X		X			
1.4					X	X						
1.3					X							
1.2					X							
1.1					X		X		X			X
2.1					X		X		X			X
2.2					X							
2.3					X							
2.4					X	X						
2.5					X	X						
2.6								X			X	
2.7					X	X						
2.8								X				
3.8								X				
3.7								X				
3.6								X				

3.5												
3.4												
3.3												
3.2												
3.1												
4.1												
4.2												
4.3												
4.4												
4.5												
4.6												
4.7												
4.8												

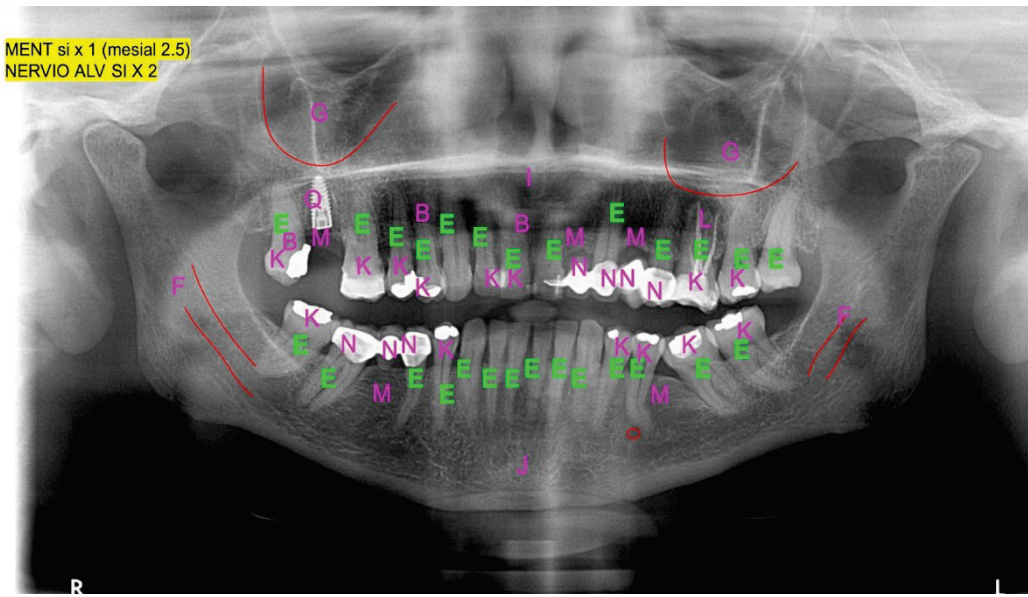
Radiografia 2:



Diente	Lesión periapical	Caries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8								X				
1.7	X				X	X						
1.6	X		X		X							
1.5								X				
1.4								X				
1.3			X		X							
1.2								X		X	X	
1.1					X	X						
2.1					X	X						
2.2					X	X						
2.3					X	X						
2.4								X				
2.5					X	X						
2.6					X	X						
2.7								X				
2.8	X	X			X							
3.8					X	X						
3.7								X				
3.6								X				

3.5					X	X						
3.4								X				
3.3					X							
3.2					X							
3.1					X							
4.1					X							
4.2					X							
4.3					X				X			
4.4								X	X			
4.5					X				X			
4.6								X	X			
4.7								X				
4.8					X							

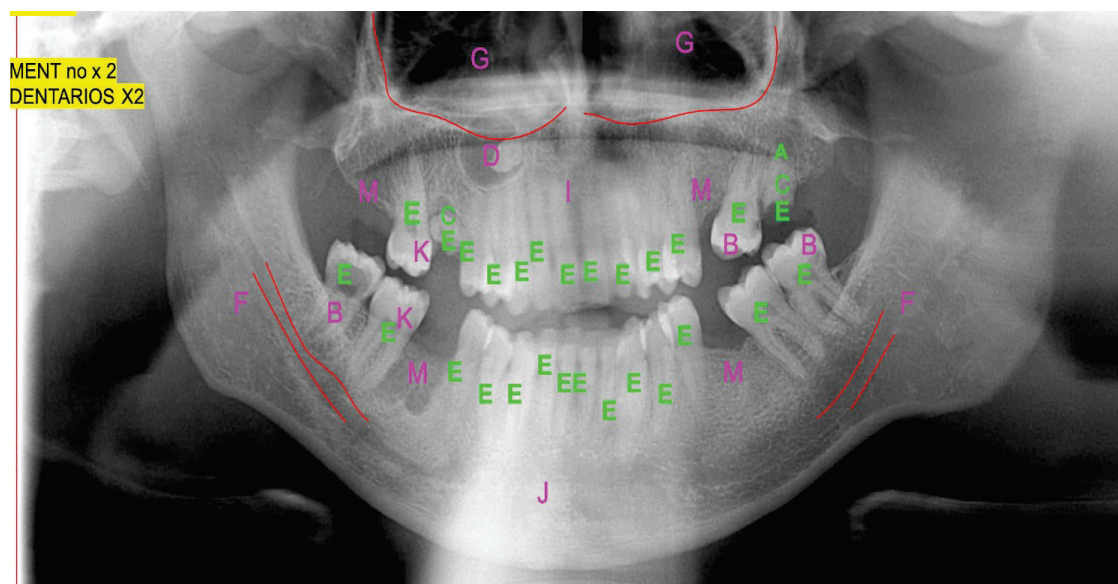
Radiografía 3:



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8		X			X	X						
1.7								X			X	
1.6					X	X						
1.5					X	X						
1.4		X			X	X						
1.3					X							
1.2					X	X						
1.1		X			X	X						
2.1					X	X						
2.2								X	X			
2.3					X				X			
2.4								X	X			
2.5					X				X			
2.6					X	X	X					
2.7					X	X						
2.8					X							
3.8					X	X						
3.7					X	X						
3.6								X				

3.5					x	x						
3.4					x	x						
3.3					x							
3.2					x							
3.1					x							
4.1					x							
4.2					x							
4.3					x							
4.4					x	x						
4.5					x				x			
4.6								x	x			
4.7					x				x			
4.8					x	x						

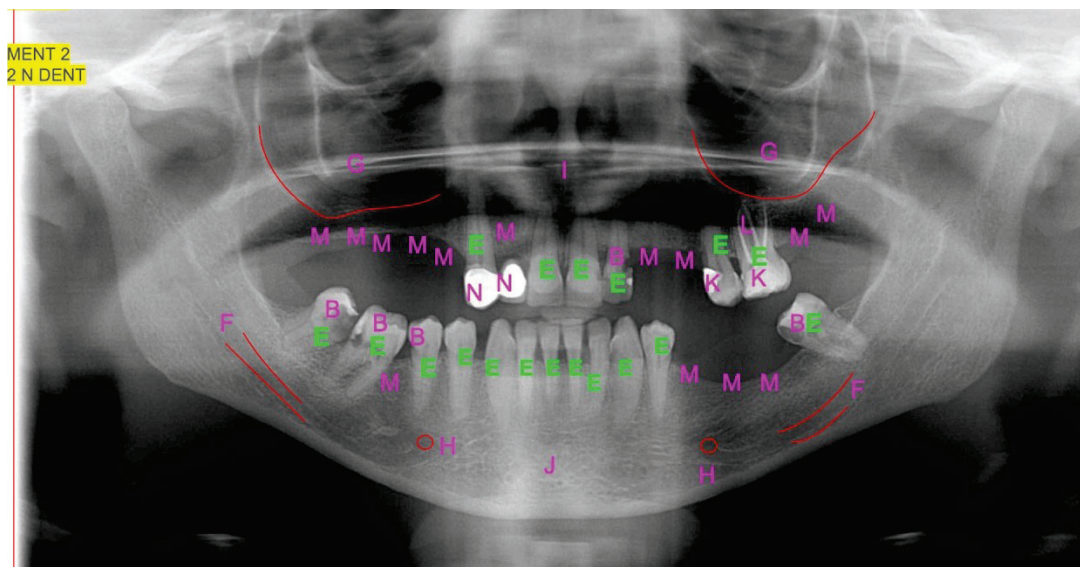
Radiografía 4:



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8								X				
1.7					X	X						
1.6			X	X	X							
1.5					X							
1.4					X							
1.3					X							
1.2					X							
1.1					X							
2.1					X							
2.2					X							
2.3					X							
2.4					X							
2.5					X							
2.6								X				
2.7		X			X							
2.8	X		X		X							
3.8		X			X							
3.7					X							
3.6								X				

3.5					X							
3.4					X							
3.3					X							
3.2					X							
3.1					X							
4.1					X							
4.2					X							
4.3					X							
4.4					X							
4.5					X							
4.6								X				
4.7					X	X						
4.8		X			X							

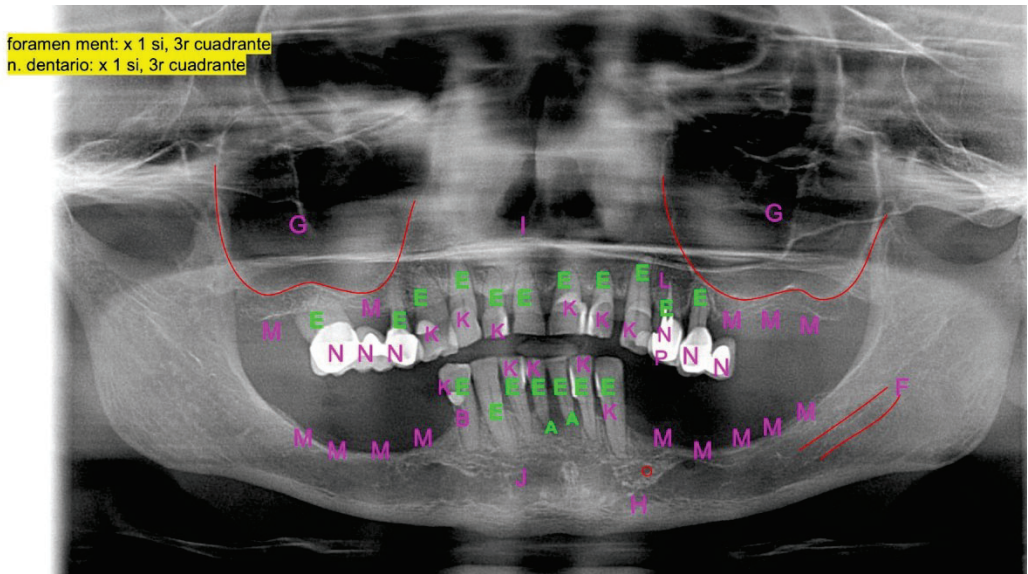
Radiografia 5:



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8								X				
1.7								X				
1.6								X				
1.5								X				
1.4								X				
1.3					X				X			
1.2								X	X			
1.1					X	X						
2.1					X	X						
2.2		X			X	X						
2.3								X				
2.4								X				
2.5					X	X						
2.6					X	X	X					
2.7								X				
2.8								X				
3.8		X			X	X						
3.7								X				
3.6								X				

3.5								X				
3.4					X							
3.3					X							
3.2					X							
3.1					X							
4.1					X							
4.2					X							
4.3					X							
4.4					X	X						
4.5		X			X	X						
4.6								X				
4.7		X			X	X						
4.8		X			X	X						

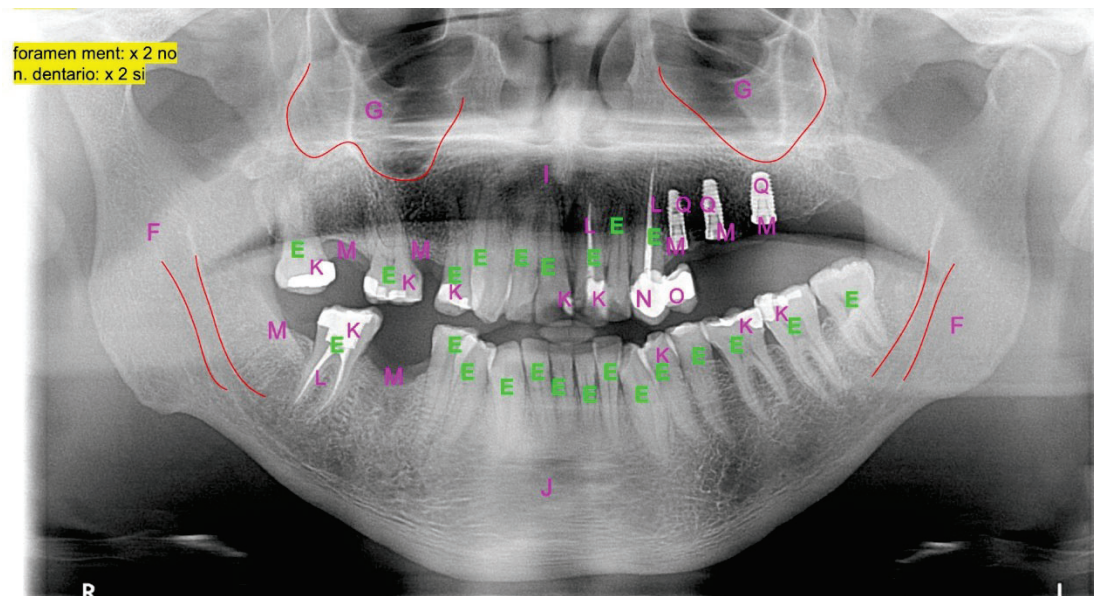
Radiografía 6:



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8								X				
1.7					X				X			
1.6								X	X			
1.5					X				X			
1.4					X	X						
1.3					X	X						
1.2					X	X						
1.1					X							
2.1					X	X						
2.2					X	X						
2.3					X	X						
2.4							X		X			X
2.5					X				X			
2.6								X	X			
2.7								X				
2.8								X				
3.8								X				
3.7								X				
3.6								X				

3.5								X				
3.4								X				
3.3					X	X						
3.2					X	X						
3.1	X				X							
4.1	X				X	X						
4.2					X	X						
4.3					X							
4.4		X			X	X						
4.5								X				
4.6								X				
4.7								X				
4.8								X				

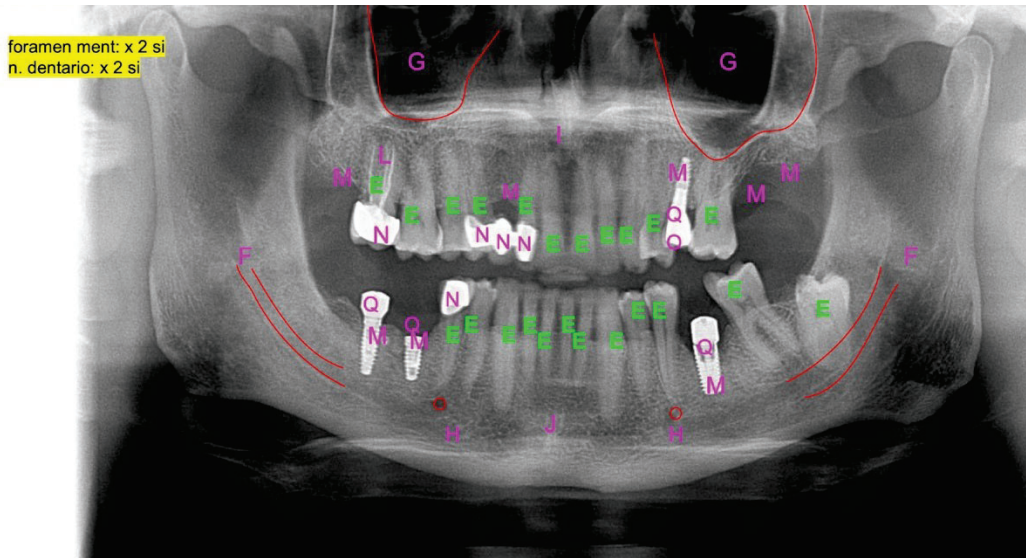
Radiografía 7:



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8					X	X						
1.7								X				
1.6					X	X						
1.5								X				
1.4					X	X						
1.3					X							
1.2					X							
1.1					X	X						
2.1					X	X	X					
2.2					X							
2.3					X		X		X			
2.4								X		X	X	
2.5								X			X	
2.6								X				
2.7								X			X	
2.8								X				
3.8					X							
3.7					X	X						
3.6					X	X						

3.5					X	X						
3.4					X							
3.3					X							
3.2					X							
3.1					X							
4.1					X							
4.2					X							
4.3					X							
4.4					X							
4.5					X							
4.6								X				
4.7					X	X	X					
4.8								X				

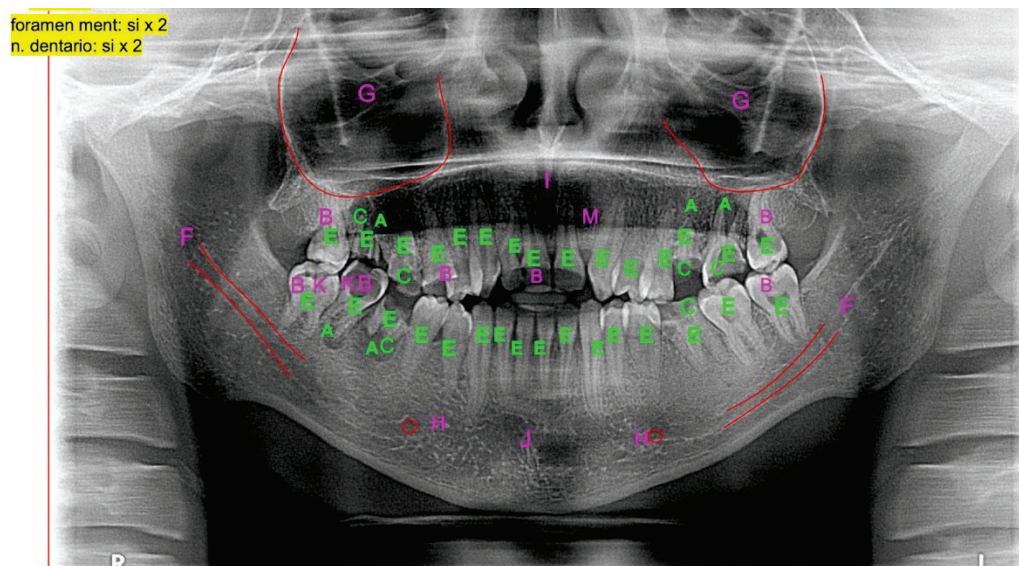
Radiografía 8:



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8								X				
1.7					X		X		X			
1.6					X							
1.5					X							
1.4					X				X			
1.3								X	X			
1.2					X				X			
1.1					X							
2.1					X							
2.2					X							
2.3					X							
2.4					X							
2.5								X		X	X	
2.6					X							
2.7								X				
2.8								X				
3.8					X							
3.7					X 13							
3.6								X			X	

3.5					X							
3.4					X							
3.3					X							
3.2					X							
3.1					X							
4.1					X							
4.2					X							
4.3					X							
4.4					X							
4.5					X				X			
4.6								X			X	
4.7								X			X	
4.8								X				

Radiografía 9:

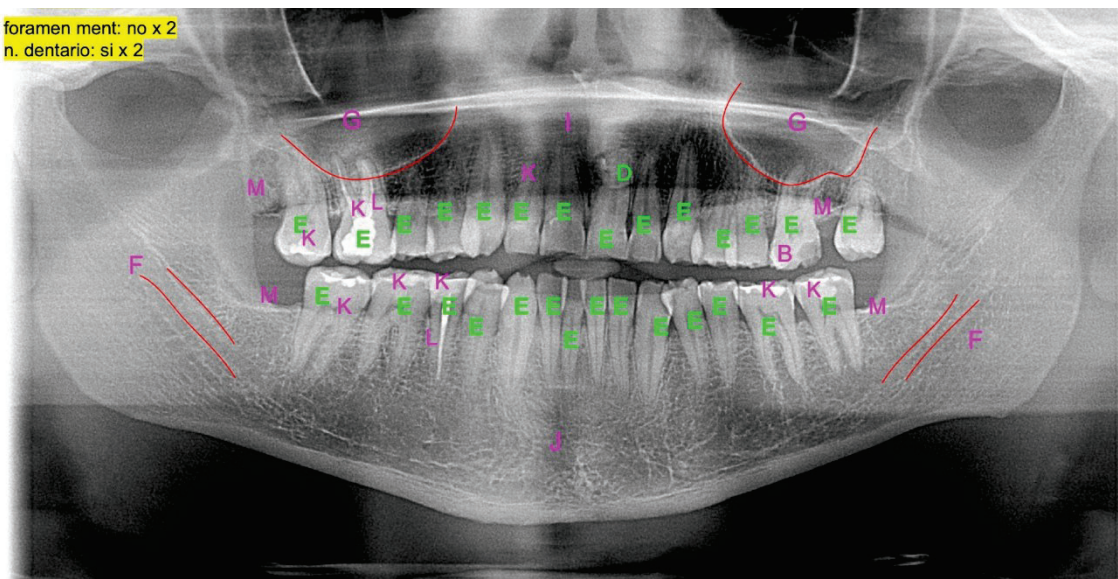


Diente	Lesión periapical	Caries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8		X			X	X						
1.7	X		X		X							
1.6			X		X							
1.5		X			X							
1.4					X							
1.3					X							
1.2					X							
1.1		X			X							
2.1					X							
2.2								X				
2.3					X							
2.4					X							
2.5					X							
2.6	X		X		X							
2.7	X		X		X							
2.8		X			X							
3.8		X			X							
3.7					X							
3.6			X		X							

3.5					X							
3.4					X							
3.3					X							
3.2					X							
3.1					X							
4.1					X							
4.2					X							
4.3					X							
4.4					X							
4.5					X							
4.6	X		X		X		X					
4.7		X			X	X						
4.8		X			X	X						

Radiografía 10:

foramen ment: no x 2
n. dentario: si x 2



Diente	Lesión periapical	Carries	Resto radicular	Lesión ósea	Diente	Obturación	Trat Conducto	Ausencia	Corona	Corona sobre implante	Implante	Perno/poste
1.8								X				
1.7					X	X						
1.6					X	X	X					
1.5					X							
1.4					X							
1.3					X							
1.2					X	X						
1.1					X							
2.1				X	X							
2.2					X							
2.3					X							
2.4					X							
2.5					X							
2.6		X			X							
2.7								X				
2.8					X							
3.8								X				
3.7					X	X						
3.6					X	X						

3.5					x							
3.4					x							
3.3					x							
3.2					x							
3.1					x							
4.1					x							
4.2					x							
4.3					x							
4.4					x							
4.5					x	x	x					
4.6					x	x						
4.7					x	x						
4.8								x				

13.3: Declaración detallada de uso de IA

En la elaboración del presente trabajo sea recurrido a inteligencia artificial como método de apoyo

- Herramienta: Chat GPT 4°
- Funciones: Mejora en la redacción en frases puntuales, búsqueda de sinónimos para evitar repeticiones, corrección de gramática, traducción del inglés al español y viceversa.
- Prompts: "Mejora la redacción de esta frase", "Sugiere un sinónimo para esta palabra", "Traduce el siguiente texto". "Corrige la gramática y fluidez".
- Enlace : <https://chatgpt.com/>

Autores:

Victoriahernandez14@gmail.com

Introducción: La inteligencia artificial ha emergido como una herramienta innovadora en odontología, optimizando el diagnóstico y tratamiento de diversas condiciones. La aplicación de IA en odontología requiere bases de datos robustas para su correcto entrenamiento. Esta investigación propone que el trabajo colaborativo entre docentes y estudiantes, al clasificar sistemáticamente imágenes, puede constituir una base para alimentar modelos de IA. Se plantea que este proceso favorecerá el desarrollo tecnológico y también mejorará las competencias diagnósticas del alumnado mediante el análisis crítico de imágenes clínicas.

Material y métodos: Se seleccionaron 10 ortopantomografías con criterios de calidad, variedad anatómica y patológica. Participaron 10 estudiantes de 4.º año y 5.º año y un comité de 3 expertos. Se desarrolló una guía de etiquetado estandarizada (17 ítems) que incluyó patologías, estructuras anatómicas y tratamientos previos. Cada estudiante analizó las imágenes de forma individual, siguiendo especificaciones técnicas y marcando los ítems correspondientes. Posteriormente, se aplicó un análisis estadístico ordinal comparativo entre los tres grupos.

Resultados: El grupo de 5.º curso alcanzó un promedio general de 77,2 % de precisión diagnóstica y el de 4º. Curso de 70,3% de coincidencia frente al patrón de referencia de los expertos. En 6 de las 10 radiografías analizadas, los estudiantes de 5.º curso obtuvieron mejores resultados. En 3 casos, los de 4.º curso superaron a sus compañeros y en 1 caso ambos grupos presentaron una precisión similar. La diferencia total entre grupos, aunque moderada, es estadísticamente relevante.

Conclusión: Los resultados evidencian que el análisis y etiquetado sistemático de ortopantomografías por parte de estudiantes de Odontología constituye una herramienta eficaz tanto para el aprendizaje clínico como para el desarrollo de sistemas de IA. La colaboración entre docentes y alumnos ha permitido generar una base de datos precisa, diversificada y clínicamente relevante. La implementación futura de esta base de datos en sistemas de IA permitirá entrenar algoritmos capaces de identificar patologías, estructuras y tratamientos con alta precisión.

Palabras clave: Inteligencia artificial, IA Odontología, Odontología, Redes neuronales.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) representa una de las innovaciones tecnológicas más relevantes en el ámbito sanitario actual, y su aplicación en odontología está transformando profundamente la forma en que se diagnostican y tratan las patologías orales. La IA, mediante algoritmos capaces de analizar grandes volúmenes de datos clínicos, ha demostrado ser especialmente útil en el análisis de imágenes radiográficas, mejorando la precisión diagnóstica y apoyando la toma de decisiones clínicas de manera eficiente y objetiva. La IA ha demostrado ser una herramienta pedagógica de gran valor. En el ámbito educativo, su capacidad para proporcionar simulaciones interactivas, retroalimentación inmediata y entornos de aprendizaje personalizados ha permitido mejorar significativamente la formación de los estudiantes, especialmente en el diagnóstico radiográfico.

Diversas investigaciones han demostrado que los sistemas basados en IA superan al ojo humano en la detección de caries, enfermedades periodontales, fracturas radicales, e incluso en el diagnóstico temprano de cáncer oral (1, 2-6). Además, su integración en entornos formativos ha permitido desarrollar herramientas de aprendizaje adaptativo que refuerzan las competencias diagnósticas de los estudiantes y ofrecen retroalimentación inmediata, promoviendo un aprendizaje clínico más sólido (1).

No obstante, el uso de IA también plantea desafíos significativos. Uno de los principales es la necesidad de contar con bases de datos extensas, estandarizadas y de alta calidad, ya que un sistema mal entrenado puede generar resultados erróneos o diagnósticos falsos. Otra limitación es la escasa formación de los profesionales en el uso e interpretación de estos sistemas. Un estudio de Collado-Mesa et al. reveló que el 36% de los radiólogos encuestados nunca había leído artículos sobre IA en medicina, y aunque un 29% afirmaba usarla a diario, muchos reconocían no entender su funcionamiento con claridad (7).

Pese a su potencial, el uso de IA en odontología también plantea desafíos, como la necesidad de una formación específica, la escasez de datos estandarizados y las implicaciones éticas asociadas a la automatización del diagnóstico. Estudios recientes

muestran que muchos profesionales aún carecen de conocimientos adecuados sobre su funcionamiento, lo cual podría limitar su adopción y uso responsable (7). Por ello, se destaca la importancia de implementar la IA como herramienta complementaria al juicio clínico, no como sustituto, y siempre bajo supervisión humana. Sin embargo, el uso eficaz de la IA depende de su entrenamiento con bases de datos de alta calidad, debidamente etiquetadas y validadas.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo construir una base de datos de imágenes radiográficas específicamente ortopantomografías mediante un proceso sistemático de etiquetado llevado a cabo por estudiantes de 4º y 5º curso del Grado en Odontología de la Universidad Europea de Valencia, bajo la supervisión de docentes expertos. Esta base de datos busca ser el primer paso para el entrenamiento futuro de un sistema de inteligencia artificial orientado al diagnóstico clínico.

Además, el estudio plantea como objetivo específico comparar la precisión diagnóstica de los estudiantes de ambos cursos, analizar su grado de concordancia con el juicio del comité experto, y valorar el impacto formativo del proceso de etiquetado en su desarrollo clínico. La hipótesis principal sostiene que esta metodología colaborativa permite tanto la creación de una base de datos útil para la IA como la mejora de las habilidades diagnósticas del alumnado, identificando sus fortalezas y áreas de mejora en la interpretación radiográfica.

Material y Métodos:

Este estudio adopta un enfoque experimental con el objetivo de construir una base de datos radiográfica que sirva como herramienta de entrenamiento para un futuro sistema de inteligencia artificial (IA) orientado al diagnóstico odontológico. El diseño contempla la participación de estudiantes y docentes en el proceso de análisis y etiquetado de ortopantomografías.

Selección de la muestra

La muestra radiográfica estuvo compuesta por diez ortopantomografías digitales anonimizadas, seleccionadas de forma intencional a partir de una base institucional. Los criterios de inclusión contemplaron aspectos como la calidad técnica de la imagen, la presencia de estructuras anatómicas claramente delimitadas y una adecuada representación de condiciones clínicas frecuentes, como caries dentales, ausencias,

tratamientos restauradores e implantes osteointegrados. El objetivo de esta selección fue asegurar la diversidad y relevancia diagnóstica de los casos, garantizando la aplicabilidad de los resultados en un contexto formativo y clínico real.

Participantes

Participaron 20 estudiantes del Grado en Odontología de la Universidad Europea de Valencia, divididos en dos grupos, 10 estudiantes de 4º curso y 10 estudiantes de 5º curso. Como referencia diagnóstica se contó con un comité de expertos, compuesto por tres docentes con amplia experiencia clínica. Este comité actuó como patrón de excelencia para la comparación de resultados.

Diseño del protocolo de evaluación

Cada estudiante analizó de forma individual las 10 ortopantomografías. Para garantizar la uniformidad en el proceso de análisis, se elaboró un protocolo de etiquetado radiográfico estandarizado, que incluía un total de 17 ítems diagnósticos, distribuidos en tres grandes categorías.

- **Estructuras anatómicas:** hueso maxilar, hueso mandibular, seno maxilar, conducto dentario inferior y foramen mentoniano.
- **Patologías orales:** caries dentales, lesiones periapicales, ausencias dentarias y malposiciones.
- **Tratamientos previos:** obturaciones, tratamientos endodónticos, postes o pernos, implantes, coronas sobre dientes y coronas sobre implantes.

Para facilitar el análisis, se diseñaron presentaciones interactivas con instrucciones claras, imagen radiográfica y la lista de ítems a marcar. Los estudiantes debían registrar la presencia o ausencia de cada uno de los ítems en cada imagen.

Lineamientos de anotación

- Etiquetado siguiendo los patrones de la clasificación. (Tabla 1)
- Establecimiento de pautas y especificaciones del etiquetado.

- Etiquetado claro de cada ítem mediante el sistema especificado. (Fig. 1)

Validación y comparación

El comité de expertos también evaluó las mismas radiografías siguiendo el mismo protocolo, generando un patrón de referencia diagnóstica. Los datos recopilados por los estudiantes fueron posteriormente comparados con este patrón, permitiendo calcular porcentajes de coincidencia por ítem, por imagen y por grupo académico (4° vs. 5° curso).

Análisis estadístico

El análisis de cada ítem se realizó en términos porcentuales. A través de una regla de tres simple, se calculó un promedio porcentual para cada caso, el cual fue posteriormente categorizado en una escala de valoración ordinal, compuesta por tres niveles:

- **0:** Respuesta incorrecta (error diagnóstico/ausencia de respuesta)
- **1:** Acierto parcial (equivalente al 50% de coincidencia con el estándar).
- **2:** Acierto completo (100% de coincidencia con el estándar de referencia).

Descripción del procedimiento (figura 2)

1. Recopilación y etiquetado inicial:

Las imágenes fueron evaluadas por un comité de expertos que estableció un “patrón de excelencia”.

2. Participación estudiantil:

10 estudiantes de 4.º y 10 de 5.º curso analizaron las mismas imágenes, identificando ítems clínicos previamente definidos.

3. Comparación de resultados y Objetivos formativo y tecnológico:

Se midió la concordancia diagnóstica entre los alumnos y los expertos, y también entre ambos grupos de estudiantes. La precisión se evaluó en una escala de 0 a 2 y mediante porcentajes individuales. Los resultados obtenidos servirán como base para entrenar un sistema de IA, además de tener un valor educativo para fortalecer las competencias diagnósticas del alumnado.

4. Desarrollo futuro de la IA:

El sistema será perfeccionado mediante aprendizaje progresivo: cuanto mayor la cantidad y diversidad de imágenes anotadas, mayor será su precisión. El objetivo final es su implementación clínica como herramienta de apoyo al diagnóstico dental.

Resultados:

Los resultados se organizan en dos niveles de análisis: desempeño de los grupos en el análisis por ortopantomografía y análisis detallado por ítems diagnósticos.

Resultados del desempeño diagnóstico de estudiantes de 4° y 5° Curso frente al Comité de Expertos por Ítem (tabla 2).

Al analizar los resultados por ítem diagnóstico, se identificaron patrones consistentes de fortalezas y debilidades en ambos grupos. Los ítems que presentaron mayores niveles de concordancia con el patrón experto en ambos grupos fueron: hueso maxilar 4.º: 100%, 5.º: 100%, hueso mandibular 4.º: 100%, 5.º: 100% y dientes 4.º: 95%, 5.º: 97%. Estas estructuras fueron correctamente identificadas por la mayoría de los participantes, independientemente del nivel académico, lo que indica un dominio adecuado de la anatomía radiográfica básica.

En cuanto al conducto dentario inferior, el grupo de 4° curso obtuvo una precisión del 90%, mientras que el de 5° curso alcanzó un 95%, evidenciando un desempeño alto y parejo en este ítem. Por su parte, el seno maxilar fue identificado correctamente en un 82% de los casos por los estudiantes de 4° curso y en un 88% por los de 5°.

Entre los ítems con menor grado de coincidencia, se destacan el foramen mentoniano, los postes o pernos intrarradiculares y las lesiones periapicales. El foramen mentoniano fue identificado correctamente por un 10% de los estudiantes de 4° curso y por un 15% de los de 5°, revelando una dificultad compartida en la localización de esta estructura anatómica. En el caso de los postes o pernos, ambos grupos obtuvieron un 15% de acierto, mientras que las lesiones periapicales fueron correctamente identificadas en un 20% de los casos por el grupo de 4° curso y en apenas un 10% por el

de 5° curso, lo cual indica que esta patología representa una dificultad diagnóstica incluso para los estudiantes más avanzados.

En lo relativo a patologías y tratamientos, se observaron diferencias destacables entre grupos. En la detección de caries dentales, el grupo de 4° curso alcanzó un 55% de coincidencia, mientras que el de 5° curso logró un 75%, reflejando una diferencia de 20 puntos porcentuales. Las ausencias dentarias fueron correctamente identificadas por un 70% de los estudiantes de 4° curso y por un 80% de los de 5°, mientras que en el tratamiento de conducto la precisión fue del 60% en 4° y del 70% en 5° curso. Un hallazgo particular se observó en la identificación de coronas sobre implantes, donde el grupo de 4° curso superó al de 5°, con un 75% de precisión frente a un 65%, respectivamente.

Resultados de la precisión diagnóstica de las ortopantomografías por grupos (tabla 3)

Al analizar el rendimiento diagnóstico por cada una de las diez ortopantomografías evaluadas, se observó que los estudiantes de 5° curso superaron a los de 4° curso en seis de las diez imágenes, mientras que los estudiantes de 4° curso mostraron un rendimiento superior en tres radiografías. En una imagen concreta, el desempeño de ambos grupos fue prácticamente equivalente (con una diferencia menor al 2%). En la ortopantomografía 1, el grupo de 5° curso alcanzó un 100% de coincidencia, frente al 75% obtenido por el grupo de 4° curso, marcando la mayor diferencia entre ambos. En cambio, en la ortopantomografía 2, los estudiantes de 4° curso obtuvieron un 95% de precisión diagnóstica, superando al grupo de 5° curso, que alcanzó un 85%.

En términos generales, el grupo de estudiantes de 5° curso obtuvo un promedio de 77,2% de coincidencia con el criterio experto, mientras que el grupo de 4° curso alcanzó una media de 70,3%, reflejando una diferencia de 6,9 puntos porcentuales a favor del grupo con mayor experiencia clínica.

Discusión

El presente estudio se centró en la estructuración sistemática de datos a través de un protocolo estandarizado para la clasificación de imágenes radiográficas y sus correspondientes diagnósticos clínicos. Asimismo, el estudio incluyó un análisis

comparativo de la capacidad diagnóstica entre dos grupos de estudiantes de cuarto y quinto curso del Grado en Odontología frente a un grupo de examinadores expertos, así como una comparación directa entre ambos grupos de estudiantes.

Este enfoque colaborativo no solo facilita la estandarización y clasificación de datos radiográficos, sino que también permite evaluar las competencias diagnósticas del estudiantado. A través de este análisis, se busca determinar si existen diferencias en el desempeño entre los distintos niveles académicos, así como entre el alumnado y los profesionales evaluadores, lo que contribuirá al fortalecimiento de la formación clínica en el ámbito de la radiología odontológica. Mediante lo expuesto anteriormente nos adentraremos a exponer un examen detallado de los resultados obtenidos en el presente estudio.

En términos globales, los estudiantes de 5º curso obtuvieron un promedio de coincidencia del 77,2%, frente al 70,3% de los estudiantes de 4º curso lo que refleja una diferencia del 6,9% a favor del grupo con mayor experiencia clínica. La incorporación de estrategias de razonamiento no analítico, como la formulación de hipótesis diagnósticas antes de analizar características específicas en las radiografías, ha mostrado mejorar la precisión diagnóstica en estudiantes. Baghdady y cols. demostraron que los estudiantes que aplicaban este enfoque tenían una mayor precisión diagnóstica en comparación con aquellos que utilizaban un enfoque analítico tradicional (8).

No obstante, ambos grupos evidencian dificultades comunes en determinados ítems diagnósticos. En particular, la identificación del foramen mentoniano presenta una precisión del 10% en estudiantes de 4º curso y del 15% en los de 5º curso. Del mismo modo, la detección de postes o pernos alcanza únicamente un 15% en ambos grupos, mientras que las lesiones periapicales se identifican correctamente en un 20% de los casos en 4º curso y en un 10% en 5º. Estos bajos niveles de coincidencia son consistentes con lo señalado el artículo (9) quienes destacan que la inteligencia artificial puede superar al ojo humano en la detección de lesiones periapicales, alcanzando precisiones de hasta el 96,66%.

La identificación del seno maxilar muestra un rendimiento especialmente alto en el grupo de 5º curso, con una precisión del 100%, frente al 80% en el grupo de 4º curso, aproximándose ambos al nivel experto. Este dato es relevante si se considera que la

ortopantomografía presenta limitaciones diagnósticas frente a técnicas como el CBCT, aunque estudios como el de Malina-Altzinger et al. respaldan su utilidad formativa cuando se combina con un entrenamiento adecuado (10).

El valor pedagógico permite a los estudiantes reconocer de forma objetiva sus aciertos y errores, promoviendo la autorreflexión y la mejora de sus habilidades diagnósticas. Esta metodología se alinea con lo propuesto por Thurzo et al., quienes recomiendan la integración de IA en la formación odontológica para optimizar la precisión y la calidad del aprendizaje (11).

Por otro lado, Ducret et al. destacan el papel estratégico de la IA no solo en la mejora del diagnóstico, sino también en la promoción de prácticas clínicas sostenibles y alineadas con la Agenda 2030 y la estrategia de salud bucodental de la OMS (12). Estos autores defienden la necesidad de integrar la IA desde una perspectiva ética y sostenible.

El desarrollo de esta base de datos, además, tuvo un impacto significativo en la formación de los estudiantes de odontología, quienes participaron activamente en el proceso de evaluación, análisis y etiquetado de las imágenes radiográficas. Comparando los diagnósticos realizados por estudiantes de cuarto y quinto año, se observaron porcentajes de precisión similares, indicando un desempeño diagnóstico comparable entre ambos niveles. Los estudiantes de cuarto año demostraron un rendimiento prometedor, acercándose en muchos casos al nivel de precisión de los expertos, aunque se identificó la necesidad de seguir fortaleciendo ciertas competencias diagnósticas. Por su parte, los estudiantes de quinto año obtuvieron resultados alentadores, comparables a los de los expertos, reflejando una formación sólida y efectiva.

Esta experiencia educativa contribuyó al fortalecimiento de sus competencias diagnósticas tanto a nivel radiográfico como clínico. Mediante esta actividad, los estudiantes pudieron identificar de manera objetiva sus fortalezas y áreas de oportunidad en la interpretación de ortopantomografías, promoviendo un aprendizaje significativo y orientado a la práctica clínica. Como se menciona en el artículo (11), la inteligencia artificial (IA) ofrece a los estudiantes una experiencia única no solo en el diagnóstico, sino también en el tratamiento de enfermedades.

La IA se ha convertido en un valioso sistema de apoyo que facilita la toma de decisiones. En este sentido, el artículo de Ducret y cols analiza la aplicabilidad de la inteligencia artificial en el ámbito de la odontología, haciendo énfasis en su contribución a la sostenibilidad y su alineación con los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, así como con la estrategia de salud bucodental de la Organización Mundial de la Salud. El estudio concluye que la inteligencia artificial tiene un gran potencial para transformar la odontología, promoviendo además prácticas más sostenibles y coherentes con los objetivos globales de desarrollo sostenible (12).

En un contexto donde la inteligencia artificial (IA) está transformando rápidamente la práctica odontológica, resulta fundamental que los estudiantes mantengan una actitud de aprendizaje continuo. Un estudio realizado por Eschert y colaboradores, enfocado en evaluar el conocimiento, la percepción y las preocupaciones de los profesionales del área de la salud respecto a la IA, reveló que la mayoría de los encuestados poseía un conocimiento entre promedio y limitado sobre esta tecnología. Sin embargo, mantenían la convicción de que la IA mejoraría e impulsaría la odontología, especialmente en el ámbito del diagnóstico (13). Desde un enfoque ético y pedagógico, se destaca la importancia de incorporar progresivamente la inteligencia artificial en la formación del odontólogo, como complemento que fortalezca la toma de decisiones basada en evidencia.

Limitaciones del estudio

A pesar de los resultados positivos, el estudio presenta limitaciones que pueden influir en la aplicabilidad de sus conclusiones. La calidad, diversidad y representatividad de los datos utilizados es fundamental para el correcto funcionamiento de los sistemas de IA; si los datos no reflejan adecuadamente la población general, los resultados podrían no ser extrapolables a otros contextos clínicos.

Asimismo, la eficacia de la IA depende no solo de su rendimiento técnico, sino también de la interacción que establecen los profesionales con estos sistemas.

Por otro lado, la adopción de estas tecnologías enfrenta barreras económicas. Finalmente, es imprescindible cumplir con normativas éticas y legales, garantizando la protección de datos clínicos y el consentimiento informado del paciente.

Perspectivas futuras para la optimización de la IA en odontología

Para maximizar el potencial de la inteligencia artificial en odontología, se plantea la necesidad de integrar datos radiográficos con información clínica, antecedentes médicos y hábitos del paciente, lo que permitirá diagnósticos más personalizados y precisos

Por último, se subraya la importancia de capacitar a los profesionales mediante programas de alfabetización digital, asegurando su preparación para integrar eficazmente estas tecnologías en la práctica diaria

Conclusión

Podemos concluir que:

- Se ha conseguido recopilar un conjunto de imágenes radiográficas, las cuales fueron evaluadas y clasificadas de manera exhaustiva, permitiendo establecer diagnósticos precisos realizados por profesionales expertos.
- El proceso de evaluación, análisis y etiquetado de las imágenes radiográficas llevado a cabo por los estudiantes permite de manera significativa al fortalecimiento de sus competencias diagnósticas, tanto en el ámbito radiográfico como en su aplicación clínica.
- El análisis comparativo del rendimiento diagnóstico entre los estudiantes de cuarto y quinto año revela una similitud en su desempeño general, sin diferencias notables en la exactitud de sus respuestas.
- Los estudiantes de cuarto año de odontología demuestran un desempeño satisfactorio y con un potencial considerable, obteniendo resultados que, en muchas instancias, se aproximan al nivel de precisión diagnóstica del grupo de profesionales expertos.
- Los estudiantes de quinto año de odontología también obtienen resultados alentadores, que en un número significativo de casos fueron comparables a los alcanzados por el grupo de expertos.

Bibliografia:

1. Nagi R, Aravinda K, Rakesh N, Gupta R, Pal A, Mann AK. Clinical applications and performance of intelligent systems in dental and maxillofacial radiology: A review. *Imaging Sci Dent*. 2020;50(2):81-92.
2. Devito KL, de Sousa MC, Leite AF. Artificial neural networks for detecting dental caries on bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008;37(6):327-31.
3. Rahman HA, Harun SW, Arof H, Irawati N, Musirin I, Ibrahim F, Ahmad H. Classification of reflected signals from cavitated tooth surfaces using an artificial intelligence technique incorporating a fiber optic displacement sensor. *J Biomed Opt*. 2014;19(5):057009.
4. Geetha V, Aprameya KS, Hinduja DM. Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network. *Health Inf Sci Syst*. 2020;8(8).
5. Alotaibi F, Ramsay DS, Li J, Osborn J. Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss. *J Periodontol*. 2021;92(6):880-91
6. Papantonopoulos G, Takahashi K, Bountis T, Loos BG. Artificial neural networks for the diagnosis of aggressive periodontitis trained by immunologic parameters. *PLoS One*. 2014;9(3):e89757.
7. Collado-Mesa F, Alvarez E, Arheart K. The Role of Artificial Intelligence in Diagnostic Radiology: A Survey at a Single Radiology Residency Training Program. *J Am Coll Radiol*. 2018;15(2):351-5.
8. Baghdady M, Carnahan H, Lam EW, Woods NN. Dental and dental hygiene students' diagnostic accuracy in oral radiology: effect of diagnostic strategy and instructional method. *J Dent Educ*. 2014;78(9):1276-1285.
9. Abesi F, Vaziri PB, Bagheri H, Amiri M, Khafri S. Diagnostic accuracy of deep learning in detecting periapical lesions using CBCT images. *Iran Endod J*. 2021;16(4):225-30.
10. Malina-Altzinger J, Damerau G, Grätz KW, Stadlinger B. Evaluation of the maxillary sinus in panoramic radiography—a comparative study. *Int J Implant Dent*. 2015;1:17.

11. Thurzo A, Strunga M, Urban R, Surovková J, Afrashtehfar KI. Impact of Artificial Intelligence on Dental Education: A Review and Guide for Curriculum Update. *Educ Sci.* 2023;13(2):150.
12. Ducret M, Mörch CM, Karteva T, Fisher J, Schwendicke F. Artificial intelligence for sustainable oral healthcare. *J Dent.* 2022 Dec;127:104322. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104322. PMID: 36273625.
13. Eschert T, Schwendicke F, Krois J, Böhner L, Vinayahalingam S, Hanisch M. A Survey on the Use of Artificial Intelligence by Clinicians in Dentistry and Oral and Maxillofacial Surgery. *Medicina.* 2022;58(8):1059.

Categoría	Ítem	Clasificación
Patologías	Lesión Periapical	A
	Caries dental	B
	Resto radicular	C
	Lesión ósea	D
Estructuras anatómicas	Diente	E
	Nervio dentario	F
	Seno maxilar	G
	Foramen mentoniano	H
	Hueso maxilar	I
	Hueso mandibular	J
Tratamientos realizados	Obturación	K
	Tratamiento de conducto	L
	Ausencia dentaria	M
	Corona	N
	Corona sobre implante	O
	Poste/Perno	P
	Implante	Q

Tabla 1

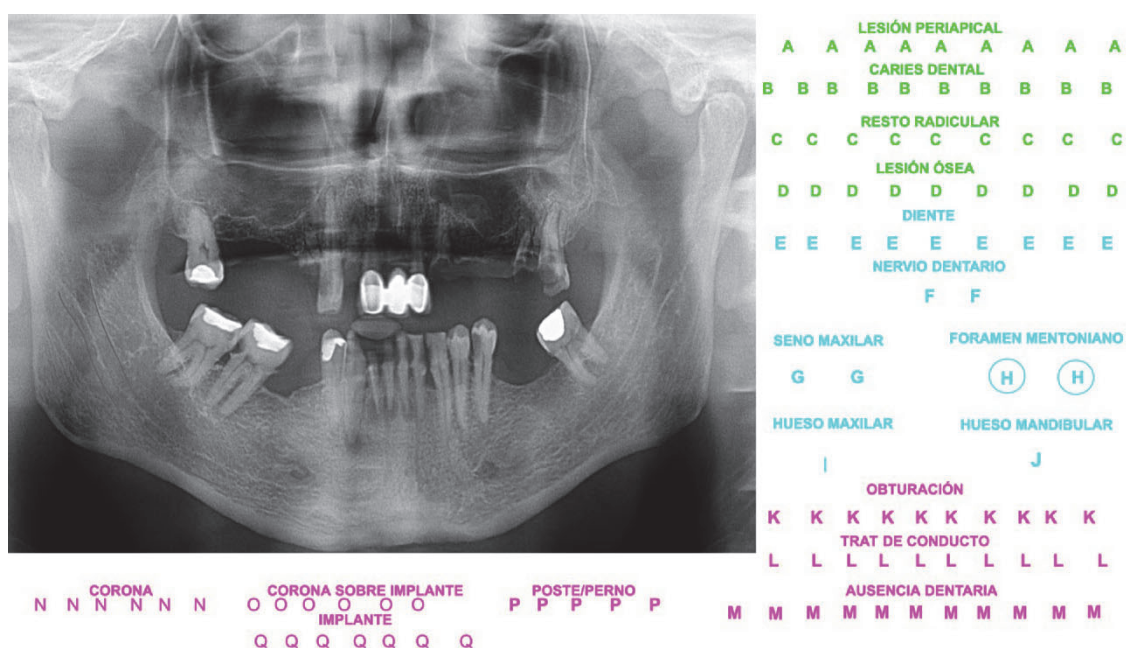


Figura 1. Ejemplo de etiquetado de las imágenes radiográficas

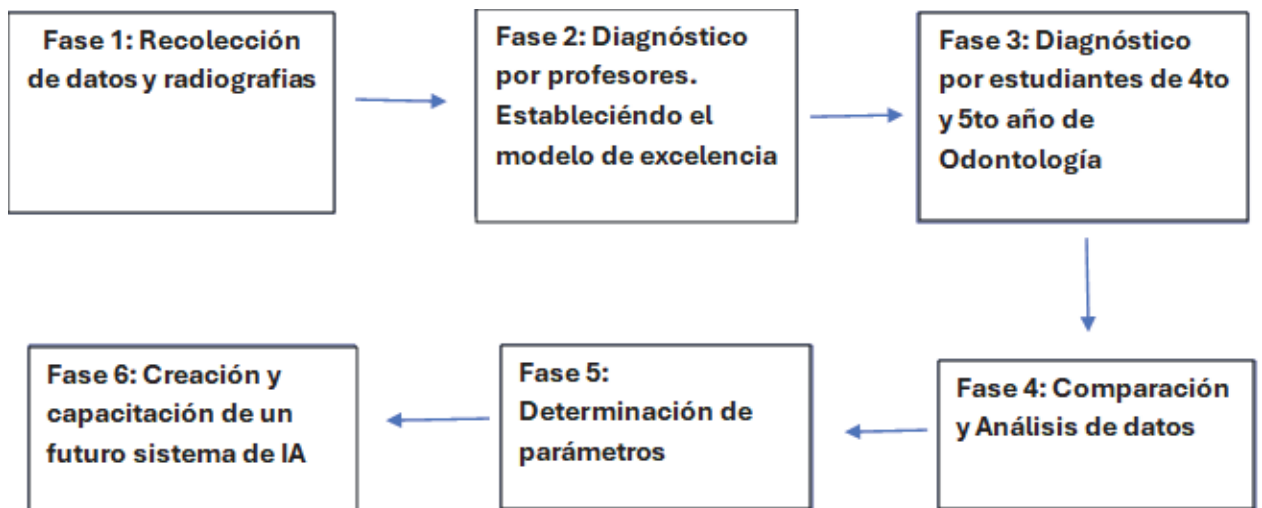
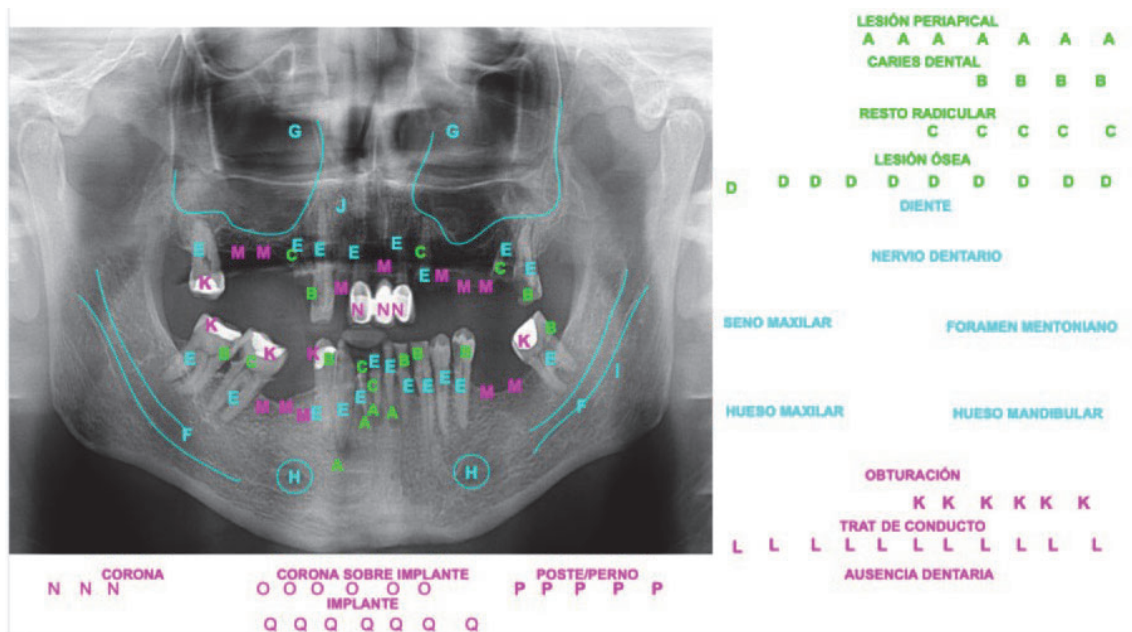


Figura 2

Ítem	Patrón de excelencia	Alumnos 4to	Alumnos 5to
Lesión periapical	100%	20%	10%
Caries dental	100%	35%	55%
Resto radicular	100%	10%	15%
Lesión ósea	100%	50%	100%
Dientes	100%	95%	100%
Nervio dentario	100%	100%	95%
Seno maxilar	100%	80%	100%
Foramen mentoniano	100%	10%	15%
Hueso maxilar	100%	100%	100%
Hueso mandibular	100%	100%	100%
Obturación	100%	45%	50%
Trat. De conductos	100%	55%	65%
Ausencia dentaria	100%	75%	85%
Corona	100%	60%	70%
Corona sobre implante	100%	40%	20%
Poste/Perno	100%	15%	15%
Implante	100%	100%	85%

Tabla 2 Tabla comparativa entre estudiantes de 4° y 5° año y expertos

Ortopantomografía	Coincidencia 4to curso (%)	Coincidencia 5to curso (%)	Diferencias 4to-5to curso (%)
1	75%	100%	25%
2	95%	85%	10%
3	91%	95%	4%
4	90%	89%	1%
5	95%	90%	5%
6	79%	86%	7%
7	95%	100%	5%
8	75%	91%	16%
9	81%	85%	4%
10	75%	95%	20%

Tabla 3: Comparativa por Opg alumnado 4to-5to vs examinadores.

Radiographic Labeling Training as a Basis for the Development of Artificial Intelligence in Dentistry: A Pilot Study

Authors:

1

2

Victoria Hernández, Estefanía Sayas Balaguer, Juan Antonio Blaya

1. 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

2. Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.

3. Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.

Correspondence

Victoria Hernández

Paseo Alameda 7, Valencia 46010, Valencia, Spain

Victoriahernandezl14@gmail.com

Introduction: Artificial intelligence (AI) has emerged as an innovative tool in dentistry, optimizing the diagnosis and treatment of various conditions. The application of AI in dentistry requires robust and well-labeled databases for its correct training. This research proposes that collaborative work between teachers and students, by systematically classifying images, can constitute a solid basis for feeding AI models. It is proposed that this process will not only favor technological development, but will also improve students' diagnostic skills through the critical analysis of clinical images.

Material and methods: Ten orthopantomographies were selected according to criteria of quality, anatomical and pathological variety. Ten 4th and 5th year students and a committee of 3 experts participated. A standardized labeling guide (17 items) was developed that included pathologies, anatomical structures and previous treatments. Each student analyzed the images individually, following technical specifications and marking the corresponding items. Subsequently, a comparative ordinal statistical analysis was applied between the three groups.

Results: The 5th year group achieved an overall average of 77.2% diagnostic accuracy and the 4th year group achieved an average of 70.3% agreement with the reference standard established by the experts. In 6 of the 10 radiographs analyzed, the students of the 5th year obtained better results. In 3 cases, the 4th graders outperformed their peers and in 1 case both groups showed similar accuracy. The total difference between groups, although moderate, is statistically relevant and suggests formative progress according to the academic level.

Conclusion: The results of this study show that the systematic analysis and labeling of orthopantomographies by dental students is an effective tool both for clinical learning and for the development of AI systems. The collaboration between teachers and students has made it possible to generate an accurate, diversified and clinically relevant radiographic database. The future implementation of this database in AI systems will make it possible to train algorithms capable of identifying pathologies, structures and treatments with high accuracy, which represents a significant advance in the integration of technology in dental practice.

Key words: Artificial Intelligence, AI Dentistry, Dentistry, Neural networks

Introduction:

Artificial intelligence (AI) represents one of the most relevant technological innovations in the current healthcare field, and its application in dentistry is profoundly transforming the way oral pathologies are diagnosed and treated. AI, through algorithms capable of analyzing large volumes of clinical data, has proven to be especially useful in the analysis of radiographic images, improving diagnostic accuracy and supporting clinical decision making in an efficient and objective manner. In addition to its impact on clinical practice, AI has proven to be a valuable educational tool. In education, its ability to provide interactive simulations, immediate feedback and personalized learning environments has led to significant improvements in student training, especially in radiographic diagnosis.

Several investigations have shown that AI-based systems outperform the human eye in the detection of caries, periodontal diseases, root fractures, and even in the early diagnosis of oral cancer (5, 7-11). Moreover, their integration into training environments has allowed the development of adaptive learning tools that reinforce students' diagnostic skills and provide immediate feedback, promoting more robust clinical learning (5).

However, the use of AI also poses significant challenges. One of the main ones is the need for extensive, standardized and high-quality databases, since a poorly trained system can generate erroneous results or false diagnoses. Another limitation is the limited training of professionals in the use and interpretation of these systems. A study by Collado-Mesa et al. revealed that 36% of the radiologists surveyed had never read articles on AI in medicine, and although 29% claimed to use it on a daily basis, many did not clearly understand how it works (6).

Despite its potential, the use of AI in dentistry also poses challenges, such as the need for specific training, the scarcity of standardized data, and the ethical implications associated with diagnostic automation. Recent studies show that many practitioners still lack adequate knowledge about its operation, which could limit its adoption and

responsible use (6). Therefore, the importance of implementing AI as a complementary tool to clinical judgment, not as a substitute, and always under human supervision, especially in training and clinical contexts, is emphasized. However, the effective use of AI depends on its training with high quality, properly labeled and validated databases. In this context, the present study aims to build a database of radiographic images specifically orthopantomographies by means of a systematic labeling process carried out by 4th and 5th year students of the Degree in Dentistry of the European University of Valencia, under the supervision of expert teachers. This database aims to be the first step for the future training of an artificial intelligence system oriented to clinical diagnosis.

In addition, the specific objective of the study is to compare the diagnostic accuracy of students in both courses, to analyze their degree of agreement with the expert committee's judgment, and to assess the formative impact of the labeling process on their clinical development. The main hypothesis is that this collaborative methodology allows both the creation of a useful database for AI and the improvement of students' diagnostic skills, identifying their strengths and areas for improvement in radiographic interpretation.

Material and Methods

This study adopts an experimental approach with the aim of building a radiographic database to serve as a training tool for a future artificial intelligence (AI) system oriented to dental diagnosis. The design contemplates the participation of students and teachers in the process of analysis and labeling of orthopantomography's.

Sample selection

The radiographic sample consisted of ten anonymized digital orthopantomographies, selected intentionally from an institutional database. The inclusion criteria contemplated aspects such as the technical quality of the image, the presence of clearly delimited anatomical structures and an adequate representation of frequent clinical conditions, such as dental caries, absences, restorative treatments and osseointegrated implants. The aim of this selection was to ensure the diversity and diagnostic relevance of the cases, guaranteeing the applicability of the results in a real training and clinical context.

Participants

Twenty students of the Degree in Dentistry of the European University of Valencia participated, divided into two groups, 10 students in the 4th year and 10 students in the 5th year. An expert committee composed of three professors with extensive clinical and teaching experience in dental radiology was used as a diagnostic reference. This committee acted as a standard of excellence for the comparison of results.

Design of the evaluation protocol

Each student individually analyzed the 10 orthopantomographies. To ensure uniformity in the analysis process, a standardized radiographic labeling protocol was developed, which included a total of 17 diagnostic items, distributed in three major categories:

- Anatomical structures: maxillary bone, mandibular bone, maxillary sinus, inferior dental canal and mentonian foramen.
- Oral pathologies: dental caries, periapical lesions, missing teeth and malpositions.
- Previous treatments: fillings, endodontic treatments, posts or pins, implants, crowns on teeth and crowns on implants.

To facilitate the analysis, interactive presentations were designed with clear instructions, a radiographic image and a list of items to be marked. Students had to record the presence or absence of each item in each image.

Annotation guidelines

- Labeling according to the classification patterns (Table 1).
- Establishment of labeling guidelines and specifications.
- Clear labeling of each item using the specified system (Fig. 1).

Validation and comparison

The expert committee also evaluated the same radiographs following the same protocol, generating a diagnostic reference standard. The data collected by the students were subsequently compared with this pattern, allowing the calculation of coincidence percentages per item, per image and per academic group (4th vs. 5th grade).

Statistical analysis

The analysis of each item was performed in percentage terms. Through a simple rule of three, a percentage average was calculated for each case, which was subsequently categorized on an ordinal rating scale, composed of three levels:

- **0:** Incorrect answer (diagnostic error/no answer).
- **1:** Partial correctness (equivalent to 50% coincidence with the standard).
- **2:** Completely correct (100% match to the reference standard).

Description of the procedure (figure 2)

1. Image collection and expert labeling:

The radiographs were first evaluated by a committee of expert professors, who defined a “gold standard” diagnostic reference.

2. Student participation:

Ten 4th-year and ten 5th-year dental students analyzed the same images, identifying clinical items based on the established parameters.

3. Comparison of results and Educational and technological goal:

Diagnostic agreement was measured between students and experts, as well as between student groups. Accuracy was assessed on a 0 to 2 ordinal scale and through individual percentage scores. The results not only contribute to the training of an AI system but also serve as an educational tool to strengthen students' radiographic diagnostic skills.

4. Future AI development:

The AI system will be progressively improved through continuous learning: the more annotated images it receives, the more precise it becomes. The final

objective is its clinical application as a decision-support tool for dental diagnosis.

Results

The results are organized in two levels of analysis: performance of the groups in the analysis by orthopantomography and detailed analysis by diagnostic items.

Results of the diagnostic performance of 4th and 5th grade students in front of the Expert Committee by item (table 2)

When analyzing the results by diagnostic item, consistent patterns of strengths and weaknesses were identified in both groups. The items that presented the highest levels of agreement with the expert pattern in both groups were: maxillary bone 4th: 100%, 5th: 100%, mandibular bone 4th: 100%, 5th: 100% and teeth 4th: 95%, 5th: 97%. These structures were correctly identified by most participants, regardless of academic level, indicating adequate mastery of basic radiographic anatomy.

Regarding the inferior dental canal, the 4th grade group obtained an accuracy of 90%, while the 5th grade group reached 95%, showing a high and even performance in this item. On the other hand, the maxillary sinus was correctly identified in 82% of the cases by the 4th grade students and in 88% by the 5th grade students.

Among the items with a lower degree of coincidence, the mentonian foramen, intraradicular posts or pins and periapical lesions stand out. The mentonian foramen was correctly identified by 10% of the students in 4th grade and by 15% of those in 5th grade, revealing a shared difficulty in locating this anatomical structure. In the case of posts or pins, both groups were 15% correct, while periapical lesions were correctly identified in 20% of cases by the 4th year group and only 10% by the 5th year group, indicating that this pathology represents a diagnostic difficulty even for the more advanced students.

With regard to pathologies and treatments, there were notable differences between groups. In the detection of dental caries, the 4th grade group achieved 55%

agreement, while the 5th grade group achieved 75%, reflecting a difference of 20 percentage points. Tooth absences were correctly identified by 70% of 4th graders and 80% of 5th graders, while for root canal treatment the accuracy was 60% in 4th grade and 70% in 5th grade. A particular finding was observed in the identification of crowns on implants, where the 4th grade group outperformed the 5th grade group, with 75% accuracy versus 65%, respectively.

9.2 Results of the diagnostic accuracy of the orthopantomography by groups (table 3)

When analyzing the diagnostic performance for each of the ten orthopantomography evaluated, it was observed that the 5th graders outperformed the 4th graders in six of the ten images, while the 4th graders showed superior performance in three radiographs. On one particular image, the performance of both groups was virtually equivalent (with a difference of less than 2%). In orthopantomography 1, the 5th grade group achieved 100% agreement, compared to the 75% obtained by the 4th grade group, marking the biggest difference between the two. On the other hand, in orthopantomography 2, the 4th year students obtained 95% diagnostic accuracy, surpassing the 5th year group, which reached 85%.

Overall, the 5th year group achieved an average of 77.2% agreement with the expert criteria, while the 4th year group achieved an average of 70.3%, reflecting a difference of 6.9 percentage points in favor of the group with more clinical experience.

Discussion

The present study focused on the systematic structuring of data through a standardized protocol for the classification of radiographic images and their corresponding clinical diagnoses. The study also included a comparative analysis of diagnostic ability between two groups of fourth and fifth year dental students versus a group of expert examiners, as well as a direct comparison between the two groups of students.

This collaborative approach not only facilitates the standardization and classification of radiographic data, but also makes it possible to evaluate the diagnostic competence of the students. Through this analysis, we seek to determine if there are

differences in performance between the different academic levels, as well as between the students and the evaluating professionals, which will contribute to the strengthening of clinical training in the field of dental radiology. By means of the aforementioned, we will enter into a detailed examination of the results obtained in the present study.

Overall, 5th year students obtained an average agreement rate of 77.2%, compared to 70.3% for 4th year students, reflecting a difference of 6.9% in favor of the group with more clinical experience. The incorporation of non-analytical reasoning strategies, such as formulating diagnostic hypotheses before analyzing specific features on radiographs, has been shown to improve diagnostic accuracy in students. Baghdady et al. demonstrated that students applying this approach had higher diagnostic accuracy compared to those using a traditional analytical approach (8).

However, both groups show common difficulties in certain diagnostic items. In particular, the identification of the mentonian foramen presents an accuracy of 10% in 4th year students and 15% in 5th year students. Similarly, the detection of posts or pins is only 15% in both groups, while periapical lesions are correctly identified in 20% of cases in the 4th year and 10% in the 5th year. These low levels of coincidence are consistent with the article (9) who emphasize that artificial intelligence can surpass the human eye in the detection of periapical lesions, reaching accuracies of up to 96.66%.

The identification of the maxillary sinus shows a particularly high performance in the 5th year group, with an accuracy of 100%, compared to 80% in the 4th year group, both approaching the expert level. This data is relevant if we consider that orthopantomography has diagnostic limitations compared to techniques such as CBCT, although studies such as that of Malina-Altzinger et al. support its formative usefulness when combined with adequate training (10).

The pedagogical value of the labeling exercise should also be emphasized. It allows students to objectively recognize their hits and misses, promoting self-reflection and improvement of their diagnostic skills. This methodology is aligned with that

proposed by Thurzo et al. who recommend the integration of AI in dental training to optimize the accuracy and quality of learning (11).

On the other hand, Ducret et al. highlight the strategic role of AI not only in improving diagnosis, but also in promoting sustainable clinical practices aligned with the 2030 Agenda and the WHO oral health strategy (12). These authors defend the need to integrate AI from an ethical and sustainable perspective, which reinforces the approach adopted in the present work.

The development of this database also had a significant impact on the training of dental students, who actively participated in the process of evaluation, analysis and labeling of radiographic images. Comparing the diagnoses made by fourth and fifth year students, similar accuracy percentages were observed, indicating a comparable diagnostic performance between both levels. Fourth year students showed a promising performance, approaching in many cases the accuracy level of the experts, although the need to further strengthen certain diagnostic skills was identified. On the other hand, fifth-year students obtained encouraging results, comparable to those of the experts, reflecting a solid and effective training.

This educational experience contributed to the strengthening of their diagnostic skills at both radiographic and clinical levels. Through this activity, students were able to objectively identify their strengths and areas of opportunity in the interpretation of orthopantomographies, promoting meaningful and clinically oriented learning. As mentioned in the article (11), artificial intelligence (AI) offers students a unique experience not only in the diagnosis, but also in the treatment of diseases.

AI has become a valuable support system that facilitates decision making. In this regard, the article by Ducret et al. analyzes the applicability of artificial intelligence in the field of dentistry, emphasizing its contribution to sustainability and its alignment with the goals of the 2030 Agenda for Sustainable Development, as well as with the World Health Organization's oral health strategy. The study concludes that artificial intelligence has

great potential to transform dentistry, also promoting more sustainable practices consistent with the global sustainable development goals (12).

In a context where artificial intelligence (AI) is rapidly transforming the practice of dentistry, it is critical that students maintain a continuous learning attitude. A study by Eschert et al. focused on assessing the knowledge, perceptions and concerns of healthcare professionals regarding AI revealed that most respondents had an average to limited knowledge of the technology. However, they maintained the conviction that AI would improve and advance dentistry, especially in the diagnostic field (13).

From an ethical and pedagogical approach, the importance of progressively incorporating artificial intelligence into the training of dentists is emphasized, not as a replacement for clinical judgment, but as a complement to strengthen evidence-based decision making. To this end, it is essential to train future professionals not only in diagnostic techniques, but also in digital skills, understanding of algorithms and critical thinking.

Limitations of the study

Despite the positive results, the study has limitations that may influence the applicability of its conclusions. The quality, diversity and representativeness of the data used are fundamental for the correct functioning of AI systems; if the data do not adequately reflect the general population, the results may not be extrapolable to other clinical contexts.

Clinical experience remains essential, especially in complex or atypical cases where algorithms may fail. On the other hand, the adoption of these technologies faces economic barriers, since their implementation involves high costs that could limit access in resource-constrained settings. Finally, it is essential to comply with ethical and legal regulations, guaranteeing the protection of clinical data and the patient's informed consent.

Future prospects for AI optimization in dentistry

To maximize the potential of artificial intelligence in dentistry, there is a need to integrate radiographic data with clinical information, medical history and patient habits, which will enable more personalized and accurate diagnoses. In addition, the development of more accessible and economical platforms.

Finally, the importance of training professionals through digital literacy programs, ensuring their preparation to effectively integrate these technologies into daily practice, is emphasized.

Conclusion

We can conclude that:

- It has been possible to compile a set of radiographic images, which were evaluated and classified in an exhaustive manner, allowing the establishment of accurate diagnoses made by expert professionals.
- The process of evaluation, analysis and labeling of radiographic images carried out by the students allows significantly to strengthen their diagnostic skills, both in the radiographic field and in its clinical application.
- The comparative analysis of diagnostic performance between fourth and fifth year students reveals a similarity in their overall performance, with no notable differences in the accuracy of their answers.
- The fourth-year dental students demonstrate satisfactory performance and considerable potential, obtaining results that, in many instances, approach the level of diagnostic accuracy of the expert group of professionals.
- Fifth-year dental students also obtain encouraging results, which in a significant number of cases were comparable to those achieved by the expert group.

References:

2. Nagi R, Aravinda K, Rakesh N, Gupta R, Pal A, Mann AK. Clinical applications and performance of intelligent systems in dental and maxillofacial radiology: A review. *Imaging Sci Dent.* 2020;50(2):81-92.
3. Devito KL, de Sousa MC, Leite AF. Artificial neural networks for detecting dental caries on bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37(6):327-31.
4. Rahman HA, Harun SW, Arof H, Irawati N, Musirin I, Ibrahim F, Ahmad H. Classification of reflected signals from cavitated tooth surfaces using an artificial intelligence technique incorporating a fiber optic displacement sensor. *J Biomed Opt.* 2014;19(5):057009.
5. Geetha V, Aprameya KS, Hinduja DM. Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network. *Health Inf Sci Syst.* 2020;8(8).
6. Alotaibi F, Ramsay DS, Li J, Osborn J. Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss. *J Periodontol.* 2021;92(6):880-91
7. Papantonopoulos G, Takahashi K, Bountis T, Loos BG. Artificial neural networks for the diagnosis of aggressive periodontitis trained by immunologic parameters. *PLoS One.* 2014;9(3):e89757.
8. Collado-Mesa F, Alvarez E, Arheart K. The Role of Artificial Intelligence in Diagnostic Radiology: A Survey at a Single Radiology Residency Training Program. *J Am Coll Radiol.* 2018;15(2):351-5.
9. Baghdady M, Carnahan H, Lam EW, Woods NN. Dental and dental hygiene students' diagnostic accuracy in oral radiology: effect of diagnostic strategy and instructional method. *J Dent Educ.* 2014;78(9):1276-1285.
10. Abesi F, Vaziri PB, Bagheri H, Amiri M, Khafri S. Diagnostic accuracy of deep learning in detecting periapical lesions using CBCT images. *Iran Endod J* . 2021;16(4):225–30.
11. Malina-Altzinger J, Damerau G, Grätz KW, Stadlinger B. Evaluation of the maxillary sinus in panoramic radiography—a comparative study. *Int J Implant Dent.* 2015;1:17.

12. Thurzo A, Strunga M, Urban R, Surovková J, Afrashtehfar KI. Impact of Artificial Intelligence on Dental Education: A Review and Guide for Curriculum Update. *Educ Sci.* 2023;13(2):150.
13. Ducret M, Mörch CM, Karteva T, Fisher J, Schwendicke F. Artificial intelligence for sustainable oral healthcare. *J Dent.* 2022 Dec;127:104322. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104322. PMID: 36273625.
14. Eschert T, Schwendicke F, Krois J, Böhner L, Vinayahalingam S, Hanisch M. A Survey on the Use of Artificial Intelligence by Clinicians in Dentistry and Oral and Maxillofacial Surgery. *Medicina.* 2022;58(8):1059.

Category	Ítem	Classification
Pathologies	Periapical lesion	A
	Dental cavity	B
	Root remant	C
	Bone lesion	D
Anatomical structures	Teeth	E
	Dental nerve	F
	Maxillary sinus	G
	Mental foramen	H
	Maxillary bone	I
	Mandibular bone	J
Performed treatments	Filling	K
	Root canal treatment	L
	Missing tooth	M
	Crown	N
	Implant supported crown	O
	Post	P
	Implant	Q

Tabla 1

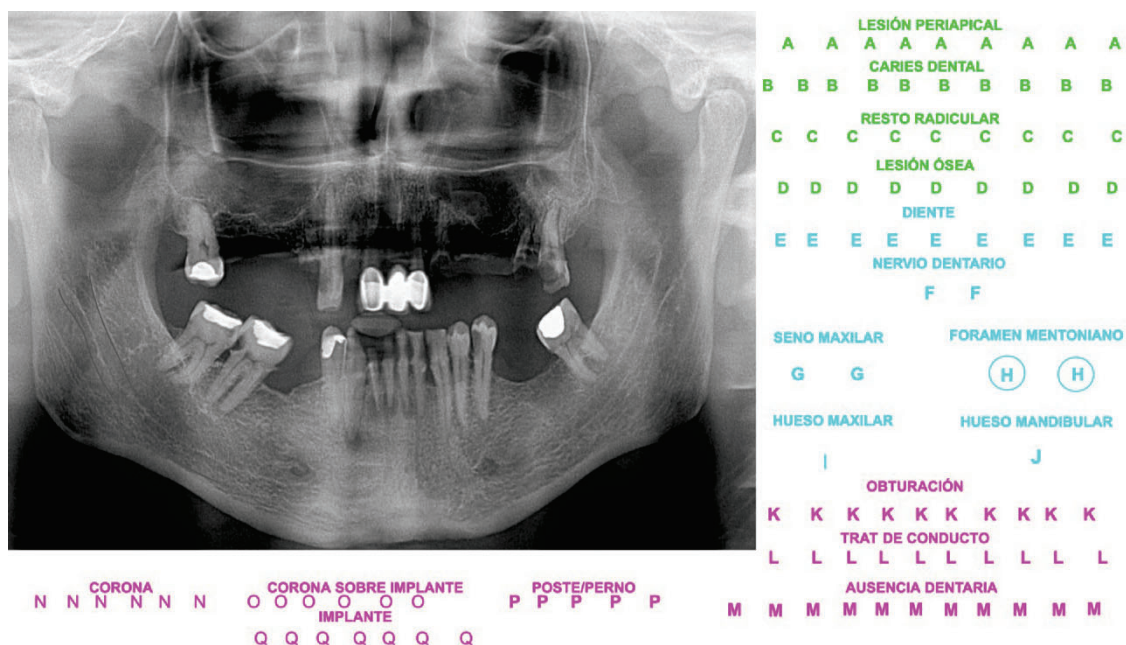


Figure 1. Example of radiographic image labeling.

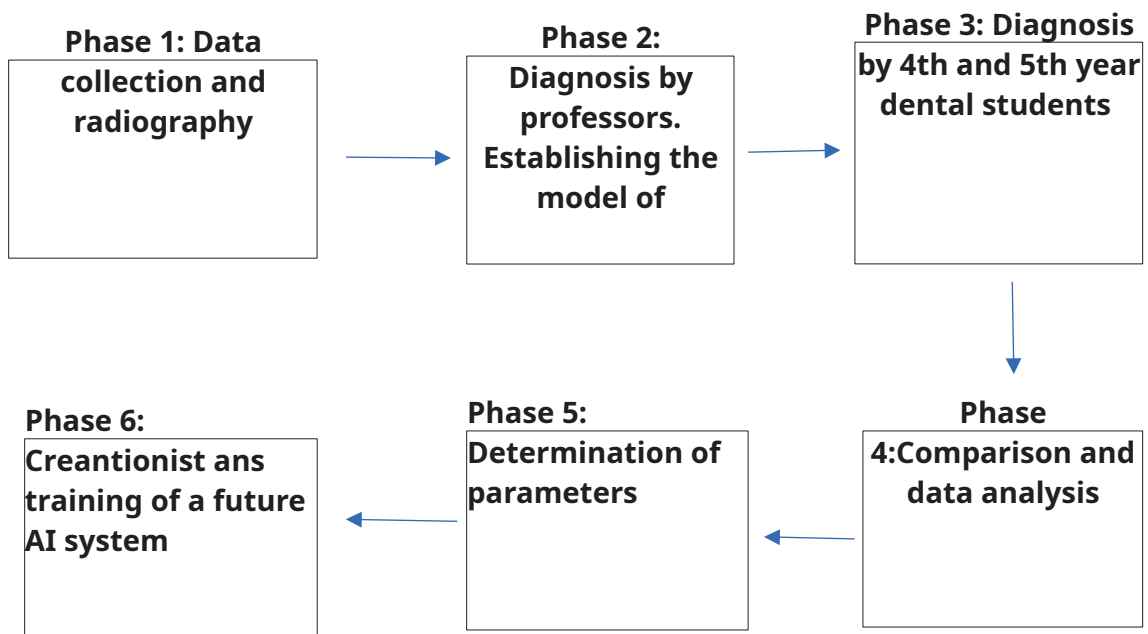
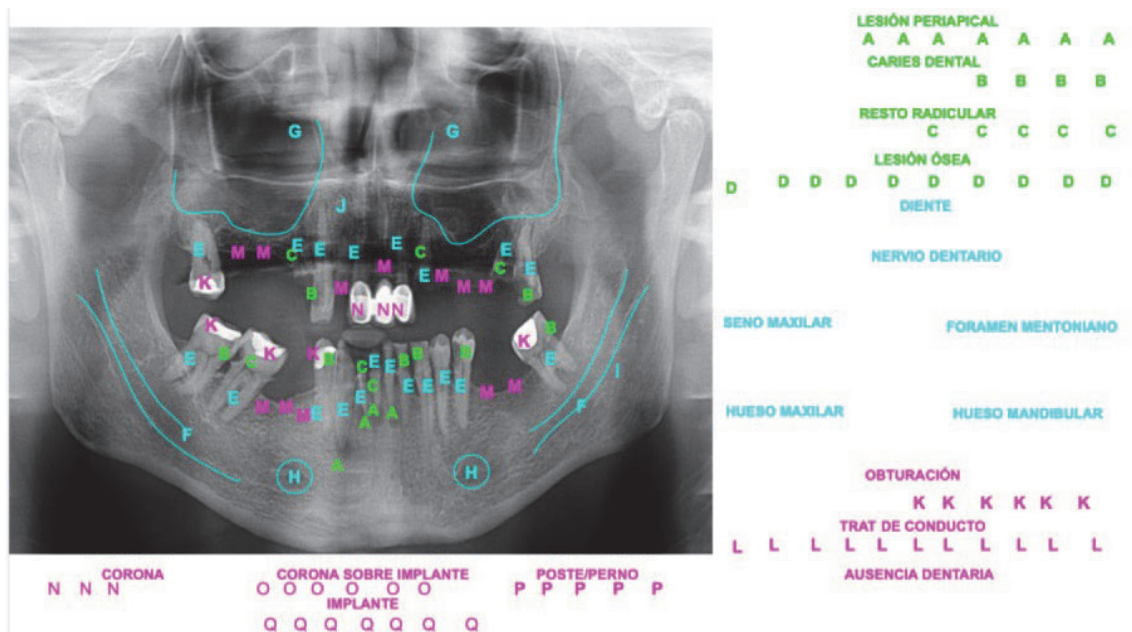


Figure 2

Ítem	Standard of excellence	4th grade students	5th grade students
Periapical lesion	100%	20%	10%
Dental cavity	100%	35%	55%
Root remnant	100%	10%	15%
Bone lesión	100%	50%	100%
Teeth	100%	95%	100%
Dental nerve	100%	100%	95%
Maxillary sinus	100%	80%	100%
Mental foramen	100%	10%	15%
Maxillary bone	100%	100%	100%
Mandibular bone	100%	100%	100%
Filling	100%	45%	50%
Root canal Treatment	100%	55%	65%
Missing tooth	100%	75%	85%
Crown	100%	60%	70%
Implant supported crown	100%	40%	20%
Post	100%	15%	15%
Implant	100%	100%	85%

Table 2Comparative table between 4th and 5th year students and experts

Ortopantomography	4th year agreement (%)	5th year agreement (%)	Difference 4th-5th year (%)
1	75%	100%	25%
2	95%	85%	10%
3	91%	95%	4%
4	90%	89%	1%
5	95%	90%	5%
6	79%	86%	7%
7	95%	100%	5%
8	75%	91%	16%
9	81%	85%	4%
10	75%	95%	20%

Table 3 Comparison by OPG – 4th and 5th year students vs. examiners