



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

“Evaluación de la capacidad de distinción de elementos de interés en endodoncia de dos radiovisiógrafos comerciales”

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

Especialidad en Endodoncia

Presenta:

DCD. Lucía Ortiz Acuña

Dirigido por:

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez

Querétaro, Qro. a julio 2026

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Endodoncia

“Evaluación de la capacidad de distinción de elementos de interés en endodoncia
de dos radiovisiógrafos comerciales”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
Especialidad en Endodoncia

Presenta:

DCD. Lucía Ortiz Acuña

Dirigido por:

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez
Presidente

Mtra. Guadalupe Nolasco Villalobos
Secretaria

Dra. Rosa Martha Pérez Serrano
Vocal

Dr. Víctor Rafael Vázquez Ramos
Suplente

Dra. Claudia Adriana Rivera Albarrán
Suplente

Centro Universitario,
Querétaro, Qro. a julio 2026
México

Resumen

Introducción: La radiología es esencial en endodoncia para fines diagnósticos, planificación y ejecución del tratamiento, y la evaluación del éxito de este. La radiografía plana proporciona una imagen bidimensional, lo que obliga al clínico a realizar múltiples radiografías en diferentes proyecciones en numerosos casos para obtener una mejor representación. **Objetivo:** Determinar qué radiovisiógrafo permite al clínico una mejor distinción de elementos de interés en endodoncia. **Material y métodos:** Investigación experimental *in vitro*; se tomaron 45 radiografías digitales con tres radiovisiógrafos (Acteon, Eigtheeth y Woodpecker) de 15 dientes permanentes humanos extraídos que presentaran elementos de interés en endodoncia. **Resultados:** El radiovisiógrafo Woodpecker predominó en la capacidad de distinción de anomalías dentales (70.33%) y ápice abierto (75.66%), seguido por el Acteon (69.66% y 75%, respectivamente). El radiovisiógrafo Eigtheeth predominó en la distinción de fracturas (65.33%) e instrumentos separados (77%), seguido por el Woodpecker (63.66% y 76.33%, respectivamente). En la distinción de conductos accesorios predominaron el Woodpecker y el Eigtheeth, ambos con un 74.66%. Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los resultados. **Conclusiones:** En este modelo *in vitro* ninguno de los radiovisiógrafos evaluados demostró superioridad en la capacidad de distinción de elementos de interés en endodoncia; ya que, todos presentaron limitaciones y un alto porcentaje de deficiencia en la capacidad de distinción de los mismos.

Palabras clave: radiología, radiovisiógrafo, endodoncia, Acteon, Eigtheeth, Woodpecker.

Summary

Introduction: Radiography is essential in endodontics for diagnosis, treatment planning and execution, and evaluation of treatment success. Planar radiography provides a two-dimensional image, forcing clinicians to take multiple radiographs with different projections in many cases to obtain a better representation. **Objective:** To determine which radiovisiograph allows clinicians to best distinguish features of interest in endodontics. **Materials and methods:** *In vitro* experimental research; 45 digital radiographs were taken with three radiovisiographs (Acteon, Eighteeth, and Woodpecker) of 15 extracted permanent human teeth presenting features of interest in endodontics. **Results:** The Woodpecker radiovisiograph was superior in distinguishing dental anomalies (70.33%) and open apices (75.66%), followed by the Acteon (69.66% and 75%, respectively). The Eighteeth radiovisiograph was most effective in distinguishing fractures (65.33%) and separated instruments (77%), followed by the Woodpecker (63.66% and 76.33%, respectively). In distinguishing accessory canals, the Woodpecker and Eighteeth were both most effective at 74.66%. However, there were no significant differences between the results. **Conclusions:** In this *in vitro* model, none of the evaluated radiovisiographs demonstrated superiority in the ability to distinguish elements of interest in endodontics; since all of them presented limitations and a high percentage of deficiency in the ability to distinguish them.

Keywords: radiology, radiovisiograph, endodontics, Acteon, Eighteeth, Woodpecker.

Dedicatorias

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, quiénes me han apoyado en todo momento y quiénes con su ejemplo me enseñaron el significado de dedicación y esfuerzo.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que, de una manera u otra, han sido parte de mi formación y forjamiento como profesional en odontología y a partir del día de hoy como especialista en endodoncia.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vi
Abreviaturas y siglas	vii
I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
III. Fundamentación teórica	6
IV. Hipótesis	16
V. Objetivos	17
V.1 General	17
V.2 Específicos	17
VI. Materiales y métodos	18
VI.1 Tipo de investigación	18
VI.2 Unidad de análisis	18
VI.3 Muestra	18
VI.4 Técnicas e instrumentos	18
VI.5 Procedimientos	18
VII. Resultados	29
VIII. Discusión	37
IX. Conclusiones	47
X. Propuestas	48
XI. Bibliografía	49

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Comparación de la capacidad de distinción de anomalías dentales utilizando tres radiovisiógrafos comerciales	29
VII.2	Comparación de la capacidad de distinción de ápice abierto utilizando tres radiovisiógrafos comerciales	29
VII.3	Comparación de la capacidad de distinción de conductos accesorios utilizando tres radiovisiógrafos comerciales	32
VII.4	Comparación de la capacidad de distinción de fracturas utilizando tres radiovisiógrafos comerciales	32
VII.5	Comparación de la capacidad de distinción de instrumentos separados utilizando tres radiovisiógrafos comerciales	35

Abreviaturas y siglas

1. Radiovisiógrafo (RVG)
2. Periodontitis apical (PA)
3. Ortopantomografía (OPT)
4. Región de interés (ROI)
5. Análisis de características de clasificación visual (VGC)
6. Análisis de características operativas del receptor (ROC)
7. Fracturas verticales de la raíz (FVR)
8. Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)
9. Dispositivos de carga acoplada (CCD)
10. Semiconductores complementarios de óxido metálico (CMOS)
11. Relación señal-ruido (SNR)
12. Imágenes de alto rango dinámico (HDR)
13. Kilovoltaje (kV)
14. Miliamperaje (mA)
15. Paquete neurovascular alveolar inferior (IAN)
16. Segunda dimensión/bidimensional (2D)
17. Tercera dimensión/tridimensional (3D)
18. Milímetros (mm)
19. Micrómetro (μm)
20. Sensor de píxel activo (APS)
21. Transistor de efecto de campo (FET)
22. Pares de líneas por milímetro (pl/mm)

Introducción

El objetivo principal de la terapia endodóntica es la prevención y curación de la periodontitis apical; una gran parte de los estudios endodónticos realizados en los últimos 60 años se han centrado en encontrar tratamientos efectivos para la periodontitis apical (PA). Un examen clínico (centrado en la queja principal del paciente) y un examen radiográfico (asociado a los cambios en la densidad ósea alrededor de los ápices radiculares a lo largo del tiempo) constituyen los dos componentes esenciales del monitoreo del desarrollo de la PA (Boreak et al., 2022).

La toma de radiografías es esencial en endodoncia para fines diagnósticos, planificación, ejecución y evaluación del éxito del tratamiento. Las técnicas radiográficas convencionales presentan algunas limitaciones, como la compresión anatómica en 3D, dado que la radiografía plana proporciona una imagen bidimensional, esto obliga al clínico a realizar múltiples radiografías con diferentes proyecciones en numerosos casos para obtener una mejor representación de la anatomía de los dientes y de los tejidos adyacentes. Otra limitación corresponde a la alteración geométrica, ya que, para una reproducción anatómica precisa el receptor de imagen debe ser paralelo al eje longitudinal del diente y la fuente radiográfica perpendicular a este; una radiografía sobreangulada o subangulada reduce o aumenta la longitud de las raíces y la dimensión dental, lo que puede determinar omisiones diagnósticas de patologías perirradiculares (Lo Giudice et al., 2018).

El grado de distorsión de las estructuras anatómicas puede variar desde el 3.4 % en la radiografía periapical hasta más del 14 % en la ortopantomografía (OPT). Los obstáculos anatómicos también pueden representar una limitación, ya que algunas estructuras pueden oscurecer el área de interés, lo que dificulta la interpretación radiológica de las imágenes (Lo Giudice et al., 2018). Un endodoncista puede encontrarse con complicaciones intraoperatorias como lo son: conductos omitidos, anatomía del conducto radicular inusualmente compleja y sus variaciones, instrumental fracturado, lesiones periapicales y reabsorciones no

diagnosticadas, fisuras radiculares, fracturas corticales, presencia de comunicación apicomarginal, desarrollo de lesiones en el seno maxilar y engrosamiento de la membrana sinusal, al igual que una obturación radicular deficiente (Boreak et al., 2022).

La densidad, el contraste y la geometría de la radiación en las radiografías de pretratamiento, postratamiento y seguimiento en endodoncia deben ser uniformes. El tiempo de exposición utilizado también importante; para que un conjunto de radiografías sea comparable a lo largo del tiempo, los tres parámetros mencionados deben estar estandarizados. En algunas circunstancias, radiografías mal estandarizadas podrían dar lugar a una evaluación incorrecta, lo que significa un desafío con respecto a las técnicas tradicionales de imagen plana (Boreak et al., 2022).

Mediante el uso de radiovisiógrafos, es más sencillo diagnosticar lesiones de caries, medir la longitud radicular y detectar patologías periapicales e incluso fracturas radiculares. Al utilizarlos, se obtiene una reducción significativa de la dosis de radiación, producción de imágenes inmediatas, mayor control del contraste, capacidad de expandir ciertas regiones para la localización de instrumentos y estructuras, capacidad de almacenar imágenes en una computadora y transmitirlos posteriormente (Boreak et al., 2022).

La radiología digital se ha convertido en una herramienta esencial en endodoncia; actualmente existe una amplia gama de radiovisiógrafos en el mercado que generan imágenes digitales 2D de las estructuras dentales y sus tejidos circundantes en cuestión de segundos. Marcas económicas de radiovisiógrafos, como Woodpecker y Eighteeth, están en auge exponencial y ofrecen una propuesta de calidad a un precio más accesible. Se pretende determinar qué radiovisiógrafo permite al clínico una mejor distinción de los elementos de interés en endodoncia: el Eighteeth, el Woodpecker o el Acteon.

Antecedentes

En el año 2013 se realizó un análisis comparativo de la dosis, la latitud, la resolución espacial y la detectabilidad del contraste y de los detalles de diversos sistemas digitales intraorales disponibles comercialmente en el mercado odontológico; se analizaron veinte sistemas digitales diferentes. Se utilizaron una fuente de rayos X de corriente continua y un fantoma radiográfico. Se realizó una serie de radiografías desde el tiempo de exposición más bajo hasta que el sensor se saturó. Las imágenes fueron capturadas y almacenadas, las exposiciones incidentes se midieron con un medidor de radiación. Se evaluaron la escala de grises, la resolución espacial y la detectabilidad del contraste y del detalle. Se utilizó la presencia de 7 escalones distintos, que abarcan los niveles de gris del 0 al 255, para definir la latitud de exposición. Se determinó una exposición “óptima”; es decir, la más baja en la que se alcanzaron la máxima resolución espacial y la máxima detectabilidad de contraste/detalle. Se concluyó que un sistema digital intraoral ideal debe tener una buena resolución espacial, una buena detectabilidad de contraste y de detalle, y una buena curva de respuesta a la dosis en un amplio rango de exposiciones (Udupa et al., 2013).

En el 2016 se compararon ocho modelos distintos de sensores radiográficos basados en tecnología CMOS. Las cualidades que se compararon fueron el valor del píxel, el ruido, la uniformidad, la resolución de bajo contraste y la resolución espacial. El valor del píxel se determinó como el promedio de los píxeles dentro de una región de interés (ROI) elíptica en el centro de las imágenes. El ruido se midió como la relación entre la desviación estándar de los valores de píxel dentro de la misma ROI y el valor medio de los píxeles. La uniformidad se midió utilizando cinco regiones de interés circulares, una ROI se colocó en el centro y otras cuatro se ubicaron ortogonalmente en las posiciones “norte”, “sur”, “este” y “oeste”, adyacentes a la ROI central; la uniformidad se calculó como la relación entre el valor medio de los píxeles en cada ROI periférica y el valor medio de los píxeles en la ROI central, expresada como porcentaje de desviación. La resolución de bajo

contraste se determinó mediante un método basado en el principio de Albert Rose de 1948, relacionado con la detectabilidad de señales umbral en sistemas electrónicos que registran eventos de fotones. El software para el análisis de imágenes fue desarrollado como una macro-extensión del paquete de procesamiento y análisis de imágenes ImageJ (Hellén-Halme et al., 2016).

También en el 2016 se evaluó la calidad de la imagen generada por ocho sensores intraorales disponibles comercialmente. Dieciocho clínicos evaluaron la calidad de una radiografía de aleta de mordida obtenida del mismo sujeto con ocho sensores intraorales distintos. Los métodos analíticos empleados para evaluar la calidad de la imagen clínica incluyeron el método de análisis de características de clasificación visual (VGC, por sus siglas en inglés), que se utiliza para cuantificar opiniones subjetivas y hacerlas aptas para análisis. Se concluyó que ninguno de los sensores fue considerado capaz de generar imágenes de calidad significativamente superiores a las de los otros sensores evaluados (Teich et al., 2016).

En el 2007 se describió un método de evaluación visual para determinar la diferencia en la calidad de la imagen entre dos modalidades, denominado análisis de características de clasificación visual. En un estudio VGC, la tarea del observador consiste en calificar su nivel de confianza en el cumplimiento de los criterios de calidad de la imagen. Luego, los datos de calificación se analizan de manera similar al análisis de características operativas del receptor (ROC, por sus siglas en inglés). La medida resultante de la calidad de imagen es la curva VGC, que describe la relación entre las proporciones de los criterios de imagen cumplidos. Se propone el área bajo la curva VGC como una medida única de la diferencia en la calidad de imagen entre modalidades comparadas; también se describe cómo el análisis VGC puede aplicarse a los datos de un estudio de evaluación visual absoluta (Båth & Månsson, 2007).

En 2005, se comparó la claridad subjetiva de la imagen de dos tipos de película de diferentes velocidades y de placas de fósforo, en relación con la longitud y la homogeneidad de la obturación de los conductos radiculares. Se realizó tratamiento de conductos radiculares en 20 dientes permanentes molares

mandibulares extraídos y se obtuvieron imágenes estandarizadas de cada diente posicionado en una mandíbula seca (Akdeniz & Soğur, 2005). En 2006 se comparó el potencial diagnóstico de las imágenes digitales directas con el de las radiografías convencionales para la detección de vacíos simulados en los conductos radiculares; se utilizaron 80 incisivos maxilares extraídos con conductos rectos (Kositbowornchai et al., 2006).

En 2010 se evaluó si la precisión diagnóstica de las caries dentales proximales en radiografías digitales era similar cuando se obtuvieron en condiciones *in vivo* e *in vitro*; se recolectaron 39 dientes no cavitados de 11 sujetos. Seis observadores evaluaron todas las radiografías según una escala de 5 categorías y se realizó un análisis de la curva ROC (Li et al., 2010).

En 2016 se evaluó la precisión de la radiografía digital en el diagnóstico de fracturas verticales de la raíz (FVR). Se tomaron radiografías de veinte dientes humanos unirradiculares en los alvéolos de una mandíbula seca; luego, se retiraron las raíces de la mandíbula y se crearon fracturas verticales. Las raíces fracturadas fueron reposicionadas en los alvéolos mandibulares y se tomaron radiografías nuevamente. Tres evaluadores analizaron todas las radiografías digitales para detectar la presencia o ausencia de FVR; los datos numéricos se sometieron a análisis estadístico mediante curvas ROC (Queiroz et al., 2016).

En este mismo año, un estudio comparó la detección de instrumentos fracturados en conductos radiculares, con y sin obturación, mediante radiografías periapicales de 3 sistemas digitales e imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) con diferentes resoluciones. Se utilizaron 31 molares humanos (80 conductos). Cuatro observadores evaluaron y reevaluaron todas las imágenes para determinar la presencia o ausencia de instrumentos fracturados, usando una escala de 5 puntos. Se calcularon la sensibilidad, la especificidad y la exactitud (Ramos Brito et al., 2017).

Fundamentación teórica

La interpretación de la información capturada mediante diferentes modalidades de imágenes radiográficas es esencial para el proceso diagnóstico. Es sumamente importante capturar imágenes útiles para el diagnóstico utilizando parámetros de exposición apropiados; actualmente, es esencial visualizarlas mediante la manipulación interactiva del brillo y el contraste en un ambiente óptimo para evaluar adecuadamente la anatomía y diagnosticar patologías. La interpretación precisa de la morfología del canal radicular y de la raíz, la determinación radiográfica de la longitud del canal radicular, el diagnóstico de enfermedades radiculares y perirradiculares, y la evaluación a largo plazo de los resultados de los tratamientos endodónticos y postquirúrgicos son algunos de los ejemplos de las funciones que cumple el diagnóstico radiográfico de rutina en endodoncia (Berman & Hargreaves, 2022).

La introducción de la tomografía computarizada en la década de 1970 revolucionó el diagnóstico médico al iniciar la transición de la imagenología analógica a la digital. Durante este período, se desarrollaron equipos más especializados de procesamiento de imagen (Wakoh & Kuroyanagi, 2001).

La imagenología digital tiene un alto impacto en la práctica clínica dental. La decisión de invertir en equipos radiográficos digitales debería ser sencilla para los profesionales de la odontología, a pesar del costo que ello implica. Las tecnologías digitales tienen el potencial de mejorar el diagnóstico, facilitar los procedimientos de tratamiento de los pacientes y optimizar el almacenamiento, la transferencia y la recuperación de datos; además, brindan una copia segura de los datos imagenológicos del paciente, lo cual es fundamental para restablecer la práctica clínica ante incidentes inesperados (Farman et al., 2008).

En las últimas décadas, las radiografías digitales han reemplazado las radiografías análogas; las técnicas radiográficas digitales tienen bastantes ventajas en comparación con las técnicas análogas, tales como: dosis de radiación menor para los pacientes, posibilidad de procesamiento de imagen, rapidez en la

adquisición de la imagen, no requiere procesamiento químico y es más ecoamigable (Aziman et al., 2019).

Los profesionales en odontología deben contemplar la implementación, como mínimo, de sensores radiográficos digitales intraorales y de sistemas de radiografía panorámica digital; ambos son esenciales para toda especialidad dental. También deben considerarse sistemas con capacidad de imagen tridimensional, como la tomografía computarizada cone beam. La CBCT se ha convertido rápidamente en el estándar para la planificación y el diagnóstico de muchos procedimientos dentales (Farman et al., 2008).

El avance de los sistemas radiográficos electrónicos ha aportado numerosos beneficios en la práctica endodóntica. La producción instantánea de imágenes de alta resolución, la captura de imágenes sin necesidad de exposición adicional a la radiación, la reducción del tiempo entre la exposición y la interpretación de la imagen y la documentación digital del historial del paciente son ventajas considerables. La calidad de la imagen es de fundamental importancia en endodoncia; esta permite la interpretación de la morfología del canal radicular y, particularmente, la determinación radiográfica de su longitud, así como la verificación del resultado final del tratamiento de conductos radiculares (Akdeniz & Soğur, 2005).

Cuando se obtienen imágenes radiográficas, el propósito de un receptor radiográfico es capturar el fotón de rayos X de alta energía que emite el tejido blanco. Esto está determinado por los tejidos involucrados y la fuente de radiación utilizada. Los requerimientos geométricos deben ser optimizados por el paralelismo entre la película y el objeto, así como por angulaciones precisas del cono de rayos X (Akdeniz & Soğur, 2005).

Actualmente existen varios sistemas intraorales digitales disponibles, los cuales pueden clasificarse en técnicas digitales directas o indirectas, según el modo de adquisición (Aziman et al., 2019). Las técnicas de dispositivos de carga acoplada (CCD) y los semiconductores complementarios de óxido metálico (CMOS) fueron desarrolladas en la década de 1970, pero no fue hasta 1987 que el sensor CCD fue

introducido en odontología, el cual fue el primer receptor de imagen digital adaptado para la imagenología intraoral (Wakoh & Kuroyanagi, 2001).

En las técnicas directas, los dispositivos CCD y los CMOS, son los receptores intraorales más comúnmente utilizados; su ventaja es la presentación de imagen inmediatamente después de la exposición (Aziman et al., 2019). Los sensores CMOS ofrecen una mayor resolución, un procesamiento más rápido y un menor consumo de energía en comparación con los sensores CCD (Berman & Hargreaves, 2022).

Los sensores de estado sólido basados en CCD fueron ampliamente utilizados inicialmente en endodoncia; sin embargo, las primeras generaciones tenían un área activa más pequeña y una eficiencia limitada en la absorción y conversión de rayos X, además de ser muy voluminosos. Los sensores utilizan una matriz de elementos sensibles a la radiación que generan cargas eléctricas proporcionales a la cantidad de radiación incidente, para reducir la exposición a la radiación sin comprometer la calidad de la imagen. Se desarrolló una matriz sensible a la luz que utiliza una capa centelladora superpuesta sobre el chip CCD o incorporada mediante un acople de fibra óptica. La carga generada es leída en “cadena” y transferida a un convertidor analógico-digital en el ensamblaje del captador de cuadros de la estación de trabajo; la información digital se procesa y se forma la imagen (Berman & Hargreaves, 2022).

Los sensores CMOS poseen un transistor activo en cada ubicación del elemento, el área disponible para la generación de la señal es relativamente menor y un patrón de ruido fijo. Son menos costosos de fabricar y han demostrado ser igualmente útiles para tareas diagnósticas específicas. El chip CMOS requiere de muy poca energía eléctrica, no es necesaria una fuente de alimentación externa (Berman & Hargreaves, 2022).

Un sensor APS-CMOS integra un amplificador en cada píxel; por otro lado el sensor de imagen CMOS convencional consta de un fotodiodo y un transistor de efecto de campo (FET) que funciona como interruptor para la selección de cada píxel (píxel pasivo) y ofrece un mayor factor de llenado. En el sensor CMOS

convencional la carga eléctrica acumulada en el fotodiodo es leída por el interruptor, se envía a la línea de lectura y se emite; la corriente de salida es tan pequeña que se ve afectada por la capacitancia de la línea de lectura, la señal de salida se amplifica mediante un circuito de conversión de corriente a tensión y circuitos de amplificación. Sin embargo, la relación señal/ruido no puede mejorarse, ya que la amplificación se aplica después de que el sensor lee la señal. Esta estructura genera ruido de patrón fijo (FPN) en la imagen reproducida (Tajima et al., 2001).

Por otro lado, el sensor CMOS-APS incorpora un amplificador seguidor de fuente en cada píxel para convertir la corriente en tensión y amplificar la señal de salida. La amplificación aplicada inmediatamente después de la lectura del fotodiodo da como resultado una relación señal/ruido mejorada, en comparación con el método de píxeles pasivos descrito anteriormente (Tajima et al., 2001).

Con respecto al tamaño de los sensores, cada clínico debe evaluar qué tamaño de sensor es aceptable según su experiencia; los sensores no.1 y no.2 suelen ser de bastante utilidad. Según el grosor de los sensores intraorales CCD y CMOS, se ha observado que los sensores ligeramente más gruesos resultan más sencillos de utilizar, ya que no lesionan tanto los tejidos del paciente (Farman et al., 2008).

Como regla general, la computadora en la que se procesa la imagen requiere como mínimo 4 gigabytes de RAM. El procesador de la unidad de procesamiento central debe tener una velocidad de al menos 3 gigahertz. Un terabyte de almacenamiento no es excesivo para el servidor y es recomendable contar con discos de almacenamiento en espejo; un disco duro de 500GB es adecuado. Las especificaciones físicas y la configuración del monitor ultimadamente determinará la apariencia de cualquier imagen digital, los clínicos deben adquirir monitores de alta resolución con una amplia capacidad de contraste de grises (Farman et al., 2008).

La interpretación de imágenes con respecto a la claridad es un juicio subjetivo sobre su apariencia, que depende tanto de las cualidades técnicas de la imagen como de la experiencia, la habilidad y la percepción visual del evaluador. La

claridad de la imagen puede utilizarse, por ejemplo, para comparar y visualizar la longitud y la homogeneidad del tratamiento del conducto radicular. En una radiografía digital, la alteración del contraste y el brillo de la imagen original delinea diferencias sutiles en la radiodensidad, mejorando la distinción entre la estructura del diente y los materiales de relleno utilizados en el tratamiento del conducto radicular (Akdeniz & Soğur, 2005).

La calidad de la imagen puede describirse mediante cuatro parámetros fundamentales: resolución espacial, resolución de contraste, ruido y artefactos. La exactitud/distorsión geométrica puede considerarse otro parámetro de calidad de imagen en imágenes médicas, que incluye la calibración de distancias (Scarfe & Angelopoulos, 2018).

La resolución espacial (o nitidez) es la capacidad de distinguir pequeños detalles en la imagen y puede expresarse, por ejemplo, como la habilidad para diferenciar dos estructuras de tamaño reducido (Scarfe & Angelopoulos, 2018). La resolución espacial obtenida mediante la generación de sensores digitales es igual o superior a la de las radiografías intraorales convencionales. Una radiografía intraoral tiene una resolución de 16 pares de líneas por milímetro (lp/mm) y puede aumentar entre 20 y 24 lp/mm con magnificación. La resolución espacial se define como la capacidad de distinguir dos objetos cercanos como entidades separadas (Berman & Hargreaves, 2022).

La resolución de contraste se define como la capacidad de distinguir objetos con diferentes densidades (o diferentes niveles de atenuación) (Scarfe & Angelopoulos, 2018); a la habilidad de diferenciar diferentes áreas en una imagen. La mayoría de las tareas diagnósticas en endodoncia requieren una alta resolución de contraste. La calidad de imagen no solamente es una función de resolución espacial; también la elección de parámetros de exposición, propiedades del sensor, el procesador de imagen utilizado y las condiciones o modalidades de visor afectan directamente la precisión del diagnóstico (Berman & Hargreaves, 2022).

El ruido en imágenes radiográficas se define como la variabilidad (por ejemplo, la desviación estándar) de los valores de gris en un objeto o tejido

homogéneo (Scarfe & Angelopoulos, 2018). La relación señal-ruido (SNR, por sus siglas en inglés) debe ser optimizada para mejorar la calidad de la imagen, especialmente en condiciones de poca luz o en sistemas de imagen de alta precisión. Una SNR más alta indica menos ruido y una representación más clara de los datos reales de la imagen. La profundidad de bits determina la cantidad de tonos que una imagen puede representar. Una imagen de 8 bits puede mostrar 256 tonos de gris, mientras que una de 16 bits puede representar 65,536 tonos de gris, lo que permite gradaciones más suaves y con mayor detalle, especialmente en imágenes de alto rango dinámico (HDR, por sus siglas en inglés) (Berman & Hargreaves, 2022).

La mayoría de los sensores modernos tienen una profundidad de 12 a 14 bits, lo que les permite capturar 4,096 o 16,384 tonos de gris, respectivamente. Esta capacidad superior de captación de tonos permite aplicar técnicas de mejora de imagen para resaltar los detalles más relevantes según la aplicación, como en imágenes médicas o de teledetección. El sistema visual humano tiene una capacidad limitada para distinguir tonos de gris simultáneamente; se estima que puede distinguir entre 100 y 200 tonos de gris en una sola observación. Es fundamental el procesamiento y el ajuste de la imagen, optimizando el contraste y la visualización de los detalles más relevantes para la interpretación (Berman & Hargreaves, 2022).

Los artefactos en la radiografía son señales en la imagen que no corresponden a la realidad física. El ajuste de los parámetros de exposición, como el kilovoltaje (kV) y el miliamperaje (mA), tiene poco efecto en la reducción de estos artefactos, y cualquier aumento de la dosis de radiación no se justifica en relación con la mejora de la imagen. El mA determina la cantidad de rayos X que salen del tubo por unidad de tiempo; el mA necesario para obtener una imagen diagnósticamente aceptable está relacionado con el kV y el tiempo de exposición. El ajuste del kV tiene un efecto más complejo en la dosis de radiación que el mA. Un aumento del kV no solo incrementa la cantidad de rayos X emitidos

por unidad de tiempo, sino que también eleva la energía media y máxima de estos rayos X (Scarfe & Angelopoulos, 2018).

El tipo de sensor utilizado, el software, el procesamiento, la tarjeta de video, el monitor y las condiciones de visualización son esenciales para determinar si el sensor es adecuado para una tarea de diagnóstico específica. La calibración mejora la precisión del diagnóstico; el uso de parámetros de procesamiento óptimos mejoran la calidad de la imagen, hasta el punto de marcar una diferencia significativa en el resultado del diagnóstico (Berman & Hargreaves, 2022).

La mejora de la imagen es esencial en todas las radiografías para resaltar los elementos de interés mediante la manipulación de la escala de grises. En endodoncia se requiere de un alto contraste, una escala de grises más corta es preferible para mejorar la diferenciación de estructuras clave, como lo son conductos radiculares y lesiones periapicales (Berman & Hargreaves, 2022).

La endodoncia debe incluir la radiografía en su práctica, ya que esta es esencial para diagnóstico, terapia, seguimiento y prevención. Las radiografías periapicales con la técnica de bisectriz son especialmente adecuadas para la visualización del ápice, la radiografía intraoral realizada con la técnica de aleta o de paralelismo, la radiografía extraoral parcial (haz estrecho rotacional) y la radiografía panorámica son las evaluaciones radiográficas tradicionales utilizadas en restauraciones dentales y endodoncia (Boreak et al., 2022).

Para evaluar la extensión de las lesiones de caries primarias y detectar lesiones de caries secundarias e interproximales iniciales, la radiología es una herramienta diagnóstica útil. El desgaste cervical, el efecto de la banda de Mach, la reabsorción interna y externa, los materiales restauradores para obturaciones y subbases, y las abrasiones o erosiones son algunos de los factores que afectan la interpretación de las lesiones de caries en las radiografías. La radiología permite detectar anomalías dentales congénitas y adquiridas, que pueden afectar el curso del tratamiento; al evaluar los resultados de la odontología restauradora, las radiografías son cruciales para identificar fracturas, puntos de contacto congruentes y márgenes precisos. Además, facilita las mediciones durante el tratamiento, aporta

datos diagnósticos importantes a los tratamientos endodónticos y ofrece evaluaciones tanto a corto como a largo plazo (Boreak et al., 2022).

Las radiografías más comunes utilizadas en la terapia endodóntica son las periapicales. Antes de comenzar el tratamiento, se suelen obtener radiografías de aleta de mordida para evaluar la capacidad de restauración o detectar filtraciones coronales y lesiones de caries. Tras lesiones dentales y faciales, se utilizan radiografías cefalométricas oclusales y laterales para determinar fracturas radiculares o alveolares; la radiografía de 360 grados ofrece una mayor visualización que las periapicales o laterales (Boreak et al., 2022).

La distorsión del tamaño y la forma de la imagen puede afectar la calidad de esta; debe minimizarse para mostrar el tamaño y la forma reales del objeto. El método y la angulación empleados en radiología dental afectan la precisión (Boreak et al., 2022).

Las fracturas verticales de la raíz, de interés en endodoncia, se extienden a lo largo del eje longitudinal de un diente y suelen ser difíciles de diagnosticar clínicamente. Se ha informado que la prevalencia de las FVR en dientes tratados endodónticamente varía entre el 8.8% y el 13.4%. Es posible observar la fractura en una radiografía convencional cuando el haz de rayos X es paralelo al plano de la fractura. Los desafíos en el diagnóstico, en cuanto a la extensión y la ubicación exactas de la fractura, a menudo conducen a la extracción innecesaria de piezas dentales (Berman & Hargreaves, 2022).

Otro elemento de interés en endodoncia es la identificación del material de obturación sobreextendido en el conducto radicular; este puede causar daño a estructuras vitales como el paquete neurovascular alveolar inferior (IAN) o el seno maxilar, lo que puede generar morbilidad significativa. Las alteraciones sensoriales pueden incluir dolor, anestesia, parestesia, hipoestesia y disestesia. Las radiografías periapicales posoperatorias deben realizarse el mismo día de la finalización del tratamiento endodóntico o cuando se sospeche un evento iatrogénico; cualquier posible afectación del paquete del IAN u otras estructuras vitales debe evaluarse de inmediato (Berman & Hargreaves, 2022).

La separación de instrumentos puede ocurrir en cualquier etapa del tratamiento endodóntico y en cualquier porción del conducto radicular. Cuando el tratamiento endodóntico se realiza con un alto estándar técnico, la separación del instrumento no reduce de manera significativa el pronóstico (Berman & Hargreaves, 2022). Se ha demostrado que sensores digitales intraorales proveen imágenes diagnósticas, los primeros sistemas digitales eran útiles evaluando longitudes con limas a partir de la #15, en la actualidad el desempeño de los sistemas ya es preciso para limas #6 (Teich et al., 2016).

Una perforación se define como “una comunicación mecánica o patológica entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa del diente”. Usualmente, en un 10% de los casos están asociadas a un evento iatrogénico. Pueden ser causadas al preparar postes, en la búsqueda de conductos calcificados, en la transportación del conducto o al intentar recuperar un instrumento separado. Son difíciles de localizar mediante radiología convencional, ya que no es posible obtener información sobre las dimensiones vestibulo-linguales/palatinas (Berman & Hargreaves, 2022; Teich et al., 2016).

Un ápice abierto es un foramen apical inusualmente ancho que puede deberse a múltiples causas, como desarrollo incompleto, reabsorción apical extensa, lesión de caries que provoca necrosis pulpar o traumatismo antes de la formación radicular completa, resección del extremo radicular o, quizás, a una instrumentación excesiva. Clásicamente, existen dos tipos de ápices abiertos: el ápice en trabuco, en el que las paredes son divergentes y ensanchadas (de forma de embudo), y el ápice sin trabuco, en el que las paredes pueden ser ligeramente convergentes o casi paralelas (Hegde et al., 2022).

Al no existir un cierre apical, la formación de tejido mineralizado en él resulta imperativa para lograr un sellado apical, de modo que el material de obturación pueda adaptarse tridimensionalmente al conducto radicular. El objetivo principal del tratamiento endodóntico es lograr la obturación completa del espacio del conducto radicular y prevenir la reinfección; una vez completada la fase microbiana del tratamiento, los ápices abiertos no constituyen un tope apical, lo que permite que el

material de relleno radicular penetre en los tejidos periodontales y dificulte la obturación (Hegde et al., 2022).

Las estimaciones subjetivas de calidad pueden servir de base para una metodología objetiva de evaluación de calidad, siempre que no exista un modelo perfecto aplicable a situaciones complejas, como la calidad de una imagen de rayos X. Este enfoque es consistente con la definición de calidad de imagen como el grado en que la imagen satisface los requisitos impuestos a ella y, por lo tanto, es relevante para el usuario. La evaluación de la calidad de la imagen se considera un proceso interpretativo de alto nivel de percepción que no puede analizarse únicamente mediante características físicas de “bajo nivel”, como la nitidez, el ruido, el brillo y el contraste. En este contexto, se ha reportado una relación débil entre la fidelidad de la imagen (la capacidad de diferenciar dos imágenes en función de sus características físicas) y la calidad de la imagen (la preferencia por una imagen frente a otra) (Teich et al., 2016).

La calidad de la imagen depende en gran medida de las propiedades del sistema de detección. Actualmente, los sistemas de sensores se entregan listos para su uso, con su propio software de procesamiento y análisis. Los fabricantes, por lo general, no están dispuestos a proporcionar información propietaria sobre sus productos, lo que puede dificultar el control y la optimización de estos sistemas (Hellén-Halme et al., 2016).

Hipótesis

Hipótesis de trabajo

El radiovisiógrafo Acteon permite al clínico una mejor distinción de los elementos de interés en endodoncia en comparación con el Eighteenth y el Woodpecker.

Hipótesis nula

Los radiovisiógrafos Eighteenth y Woodpecker permiten al clínico una mejor distinción de los elementos de interés en endodoncia en comparación con el Acteon.

Objetivos

V.1 General

Determinar qué radiovisiógrafo permite al clínico una mejor distinción de los elementos de interés en endodoncia: el Eighteeth, el Woodpecker o el Acteon.

V.2 Específicos

1. Evaluar la distinción de los elementos de interés en endodoncia mediante el radiovisiógrafo Eighteeth.
2. Evaluar la distinción de los elementos de interés en endodoncia mediante el radiovisiógrafo Woodpecker.
3. Evaluar la distinción de los elementos de interés en endodoncia mediante el radiovisiógrafo Acteon.
4. Comparar la distinción de los elementos de interés en endodoncia de los radiovisiógrafos Eighteeth, Woodpecker y Acteon.

Materiales y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Experimental *in vitro*.

V.2 Unidad de análisis

Radiografías digitales tomadas con tres radiovisiógrafos comerciales (Acteon, Eighteeth y Woodpecker) de dientes permanentes humanos extraídos (incisivos, premolares y molares).

VI.3 Muestra

Cuarenta y cinco radiografías digitales: se tomaron quince radiografías con cada radiovisiógrafo evaluado. El tamaño de la muestra se determinó por conveniencia.

VI.4 Técnicas e instrumentos

Los datos se generaron a partir de la evaluación de nueve observadores expertos al analizar las radiografías que se les proporcionaron. Fueron tres observadores por grupo (tres grupos en total): dos observadores titulados como especialistas en endodoncia (con más de 5 años de experiencia profesional) y un observador residente de tercer semestre de la especialidad de endodoncia de la Universidad Autónoma de Querétaro. La información se recopiló en una hoja de captación.

VI.5 Procedimientos

El estudio que se llevó a cabo es de categoría A (sin riesgo) y respetó los principios éticos de la Declaración de Helsinki, la Ley General de Salud, las pautas de la CIOMS, el Informe Nuffield y las normas oficiales mexicanas. El protocolo fue sometido a revisión y aprobación por el Comité de Ética en Investigación y el Comité

de Bioseguridad de la Universidad Autónoma de Querétaro, antes de la ejecución del estudio.

Fase de preparación de especímenes

Para la realización de este estudio se utilizaron equipos de protección personal (EPP) adecuados y los desechos biológicos fueron tratados y eliminados conforme a las normativas vigentes. El manejo de agentes potencialmente patógenos se realizó en instalaciones certificadas para garantizar la seguridad personal y ambiental.

Los quince dientes humanos extraídos requeridos en el estudio fueron obtenidos por donación de los sujetos de quienes fueron extraídos (pacientes de la Clínica de Exodoncia y Cirugía de la Universidad Autónoma de Querétaro) y su extracción fue por razones distintas al proyecto de investigación. La utilización de estos fue necesaria, ya que el objetivo de este estudio *in vitro* es que los resultados obtenidos sean aplicables clínicamente en endodoncia.

1. Se realizó un protocolo de desinfección para los dientes extraídos.
 - a. Se realizó un lavado inicial para eliminar los restos visibles de sangre o tejido; se utilizó un cepillo dental nuevo.
 - b. Se realizó una desinfección química con hipoclorito de sodio al 5.25%. Se sumergieron los dientes en hipoclorito durante una hora.
 - c. Tras su desinfección, los dientes humanos se almacenaron en contenedores de vidrio con solución salina y fueron debidamente rotulados.
2. Se utilizaron costillas congeladas de un cerdo adulto joven (que posteriormente se emplearon para simular las corticales óseas en la radiografía).

- a. Se hirvieron las costillas dos veces (primero durante 2 horas y posteriormente durante 30 minutos) para eliminar todos los tejidos blandos de las mismas, incluidas la médula ósea y la grasa.
 - b. Se seccionaron las costillas en sentido sagital con una sierra de cinta para obtener distintos bloques. Los bloques fueron similares entre sí en cuanto al tamaño.
3. Se utilizaron quince dientes permanentes extraídos (incisivos, premolares y molares).
 - a. Se dividieron los dientes en cinco grupos (tres dientes por grupo: un incisivo, un premolar y un molar), para así representar cada uno de los elementos de interés en endodoncia que se deseaba evaluar:
 - i. Dientes extraídos con anomalías dentales.
 - ii. Dientes extraídos con ápice abierto.
 - iii. Dientes extraídos con conductos accesorios.
 - iv. Dientes extraídos con fracturas radiculares.
 - v. Dientes extraídos con instrumentos separados.
4. Como se observa en la figura 1, se fijaron las costillas de cerdo sobre bases plásticas para que fueran inmóviles (asegurando posiciones exactas y reproducibles), y se colocó cada uno de los dientes sobre ellas.

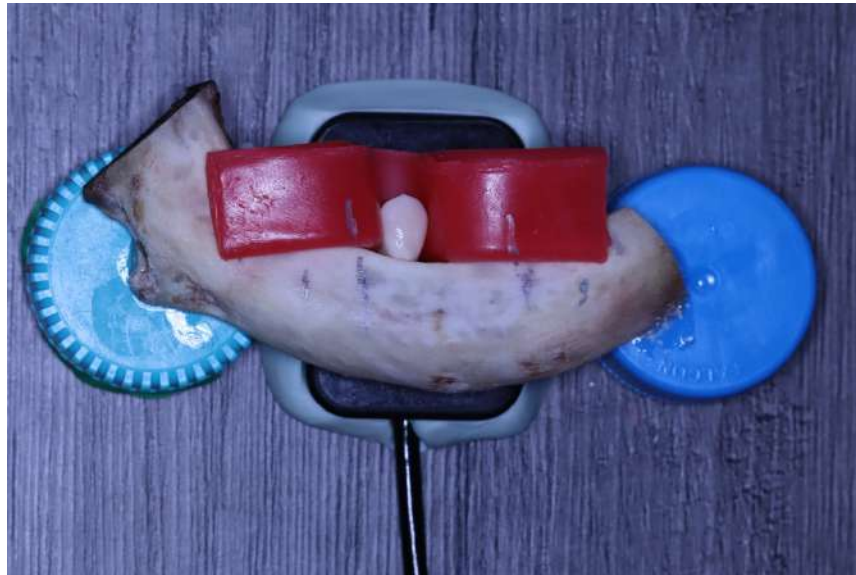


Figura 1. Base para la colocación de dientes extraídos y costilla de cerdo adulto.

Fase de toma de radiografías

Los bloques y los dientes permanentes fueron radiografiados posteriormente bajo condiciones estandarizadas con colimación rectangular, como se observa en la figura 2, a una distancia tubo-objetivo de 10 cm, con orientación central del haz y una distancia objetivo-receptor de 1.5 cm, todos con el mismo tiempo de exposición.



Figura 2. Distancia tubo de rayos X-objetivo-receptor precisa y reproducible.

- a. Las exposiciones se realizaron con un voltaje de tubo de 70 kilovoltios pico (kVp) y una corriente de 2 mA. Tiempo de exposición de 0.12 segundos. Se utilizaron tres sistemas digitales directos con sensores de estado sólido de tamaño #2; se decidió utilizar tres para de esta manera realizar una investigación de mayor alcance. El primero (marca Eighteeth, modelo NanoPix 2), el segundo (marca Woodpecker, modelo i-Sensor H2) y el tercero (marca Acteon, modelo fit T2).
- b. Los medios para calibrar los sensores individuales fueron proporcionados por los fabricantes. El software utilizado para la captura de imágenes también fue el suministrado por cada fabricante, y todas las funciones de procesamiento de imágenes fueron deshabilitadas.

Los radiovisiógrafos se colocaron en un soporte de silicona de masa putty de condensación marca Speedex (figura 3), lo que aseguró la posición exacta y reproducible de cada radiovisiógrafo probado en el estudio.

- c. Se utilizó una sola máquina de rayos X, marca Runyes, modelo RAY98(P). Como se observa en la figura 4, la misma se colocó sobre una base fija para asegurar una distancia exacta y reproducible entre el colimador y los radiovisiógrafos.



Figura 3. Soporte de silicona de masa putty utilizado para la colocación de los radiovisiógrafos.



Figura 4. Máquina de rayos X marca Runyes y base utilizada para asegurar una posición reproducible.

Se tomó una radiografía con el radiovisiógrafo Woodpecker para cada espécimen de cada grupo de la muestra, utilizando la misma angulación, el mismo voltaje y el mismo tiempo de exposición en todos los casos.

Posteriormente se repitió el mismo procedimiento utilizando el radiovisiógrafo Eighteenth y el Acteon.

Al finalizar el estudio, los residuos biológico-infecciosos fueron debidamente desechados en una bolsa de polietileno de color amarillo para desechos bioinfecciosos, conforme a lo especificado en la Norma Oficial Mexicana (NOM-087-ECOL-SSA1-2002) de Protección ambiental – Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico-infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo.

- d. Las bolsas fueron de color amarillo translúcido, de calibre mínimo de 300, impermeables, marcadas con el símbolo universal de riesgo biológico y la leyenda "Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos".
- e. Las bolsas se llenaron al 80 por ciento de su capacidad, se cerraron antes de ser transportadas al sitio de almacenamiento temporal (donde posteriormente fueron recolectadas y transportadas) y no fueron abiertas ni vaciadas.

Fase de procesamiento y análisis de datos

Se dividieron los especímenes en tres grupos (cinco dientes extraídos y quince radiografías por grupo). Cada grupo representaba un elemento de interés en endodoncia que se deseaba evaluar. En cada grupo se incluyeron las tres radiografías tomadas de cada espécimen con los tres radiovisiógrafos, de modo que fueran comparables entre sí.

Se solicitó a nueve observadores diferentes que evaluaran las radiografías, y cada grupo fue evaluado por tres observadores (dos endodoncistas titulados y un residente de tercer semestre del posgrado en endodoncia).

- a. Como se muestra en la figura 5, todas las imágenes digitales fueron evaluadas en el mismo monitor de una MacBook Pro de 14.2 pulgadas. Con la máxima iluminación del sistema y con el mismo programa de reproducción de imagen.



Figura 5. Evaluación de radiografías por un observador con su respectiva hoja de captación.

- b. Los observadores evaluaron las imágenes mediante una hoja de captación elaborada por los investigadores del estudio (figura 6). Se desarrolló un cuestionario que incluyera todos los elementos de interés en endodoncia para su evaluación.
- c. Para el procesamiento de datos, las respuestas de los observadores en las hojas de captación se calificaron de forma dicotómica (correcto = 1 / incorrecto = 0), con base en un patrón de respuestas correctas previamente establecido según las características de los órganos dentarios evaluados. Posteriormente, se calcularon la frecuencia y el porcentaje de respuestas correctas para cada una de las 15 preguntas de cada órgano dentario, considerando las evaluaciones de los tres observadores en cada radiovisiógrafo utilizado. Finalmente, estos datos se estructuraron y se presentaron en las tablas de resultados.

Nombre del evaluador:

Diapositiva No.:

Seleccione todas las opciones que considere correctas

Grupo que evalúa:

1. ¿Cuál órgano dental puede identificar?

18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

48, 47, 46, 45, 44, 43, 42, 41, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

2. ¿Cuál anomalía anatómica puede identificar?

- Ninguna - Dilaceración - Diente invaginado - Diente evaginado
- Perlas de esmalte - Cálculos pulpaes - Cámara pulpar atípica

3. ¿Cuántos conductos accesorios (sin tomar en cuenta los principales) puede identificar?

a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4 f) 5 g) 6

4. ¿Cuántas raíces puede identificar?

a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4 f) 5 g) 6

5. ¿Cuántos conductos con ápice abierto puede identificar?

a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4 f) 5 g) 6

6. ¿En cuál(es) conducto(s) puede identificar ápice abierto?

- No aplica - Conducto único - V - P/L - M - D - MV - ML - DL - DV

7. ¿Cuántos instrumentos separados puede identificar?

a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4

8. ¿En cuál(es) conducto(s) puede identificar instrumentos separados?

- No aplica - Conducto único - V - P/L - M - D - MV - ML - DL - DV

9. ¿Cuántos milímetros de lima considera separados?

a) No aplica b) 1mm c) 1.5mm d) 2mm e) 2.5mm f) 3mm

10. ¿Qué número de lima considera separada?

a) No aplica b) #6 c) #8 d) #10 e) #15 f) #20

11. ¿Qué tipo de fractura puede identificar?

a) Ninguna b) Vertical c) Horizontal d) Ambas

12. ¿Cuántas líneas de fractura logra identificar en total?

a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4 f) 5 g) 6 h) 7

13. ¿Hasta qué tercio radicular puede identificar la extensión de la(s) línea(s) de fractura?

a) No aplica b) Cervical c) Medio d) Apical

14. ¿Cuántos conductos obliterados (en cualquiera de sus tercios) puede identificar?

a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4 f) 5

15. ¿Cuál(es) conducto(s) obliterado(s) (en cualquiera de sus tercios) puede identificar?

- No aplica - Conducto único - V - P/L - M - D - MV - ML - DL - DV

Figura 6. Hoja de captación utilizada para la recolección de datos.

La presente investigación les permitirá a los clínicos conocer la calidad de cada equipo para realizar compras de manera inteligente y responsable; asimismo, se brindarán los mejores tratamientos posibles a los pacientes y la inversión económica de estos no se verá desaprovechada.

VI.5.1 Análisis estadístico

Los datos cualitativos se expresaron como frecuencias y proporciones. Las diferencias estadísticas entre las variables cualitativas analizadas se determinaron mediante la prueba exacta de Fisher, utilizando el software GraphPad. La significancia estadística fue de ($p < 0.05$).

Resultados

El cuadro 1 muestra los resultados obtenidos con los tres radiovisiógrafos utilizados para evaluar la capacidad de distinción de anomalías dentales en tres órganos dentales distintos. No se observó diferencia significativa entre los resultados.

Cuadro 1. Comparación de la capacidad de distinción de anomalías dentales utilizando tres radiovisiógrafos comerciales.

Elemento de distinción	OD	Acteon	Eighteeth	Woodpecker	Valor de p
Frecuencia (%)					
Anomalías dentales	31	2.53 (84.33)	2.20 (73.33)	2.27 (75.66)	0.7285
	34	1.80 (60.00)	1.93 (64.33)	2.00 (66.66)	
	26	1.93 (64.33)	1.60 (53.33)	2.07 (69.00)	
Promedio		2.09 (69.66)	1.91 (63.66)	2.11 (70.33)	

OD: Órgano dental. Prueba exacta de Fisher.

El cuadro 2 muestra los resultados obtenidos con los tres radiovisiógrafos utilizados para evaluar la capacidad de distinción de ápice abierto en tres órganos dentales distintos. No se observó diferencia significativa entre los resultados.

Cuadro 2. Comparación de la capacidad de distinción de ápice abierto utilizando tres radiovisiógrafos comerciales.

Elemento de distinción	OD	Acteon	Eighteeth	Woodpecker	Valor de p
Frecuencia (%)					
Ápice abierto	16	1.87 (62.33)	2.07 (69.00)	2.00 (66.66)	0.9220
	45	2.47 (82.33)	2.40 (80.00)	2.53 (84.33)	
	43	2.40 (80.00)	2.13 (71.00)	2.27 (75.66)	
Promedio		2.25 (75.00)	2.20 (73.33)	2.27 (75.66)	

OD: Órgano dental. Prueba exacta de Fisher.

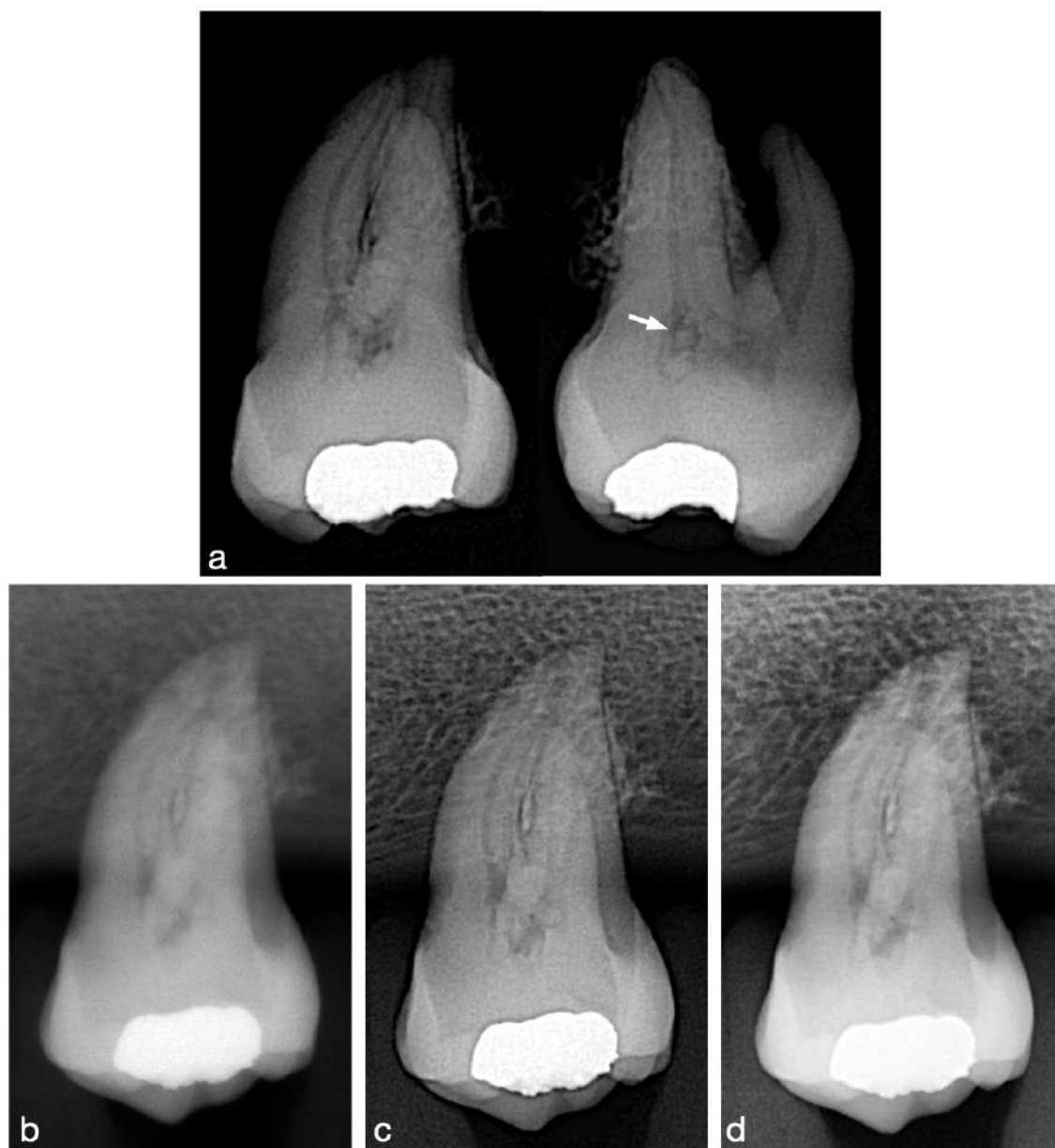


Figura 7. Ejemplo de órgano dental evaluado con anomalías dentales: OD 27 con presencia de cálculos pulpaes en la cámara pulpar. a) Radiografías de control con angulación ortorradial y distorradial, en las que se observan cálculos pulpaes. b) Radiografía periapical tomada con RVG Acteon. c) Radiografía periapical tomada con RVG Eighteeth. d) Radiografía periapical tomada con el RVG Woodpecker.

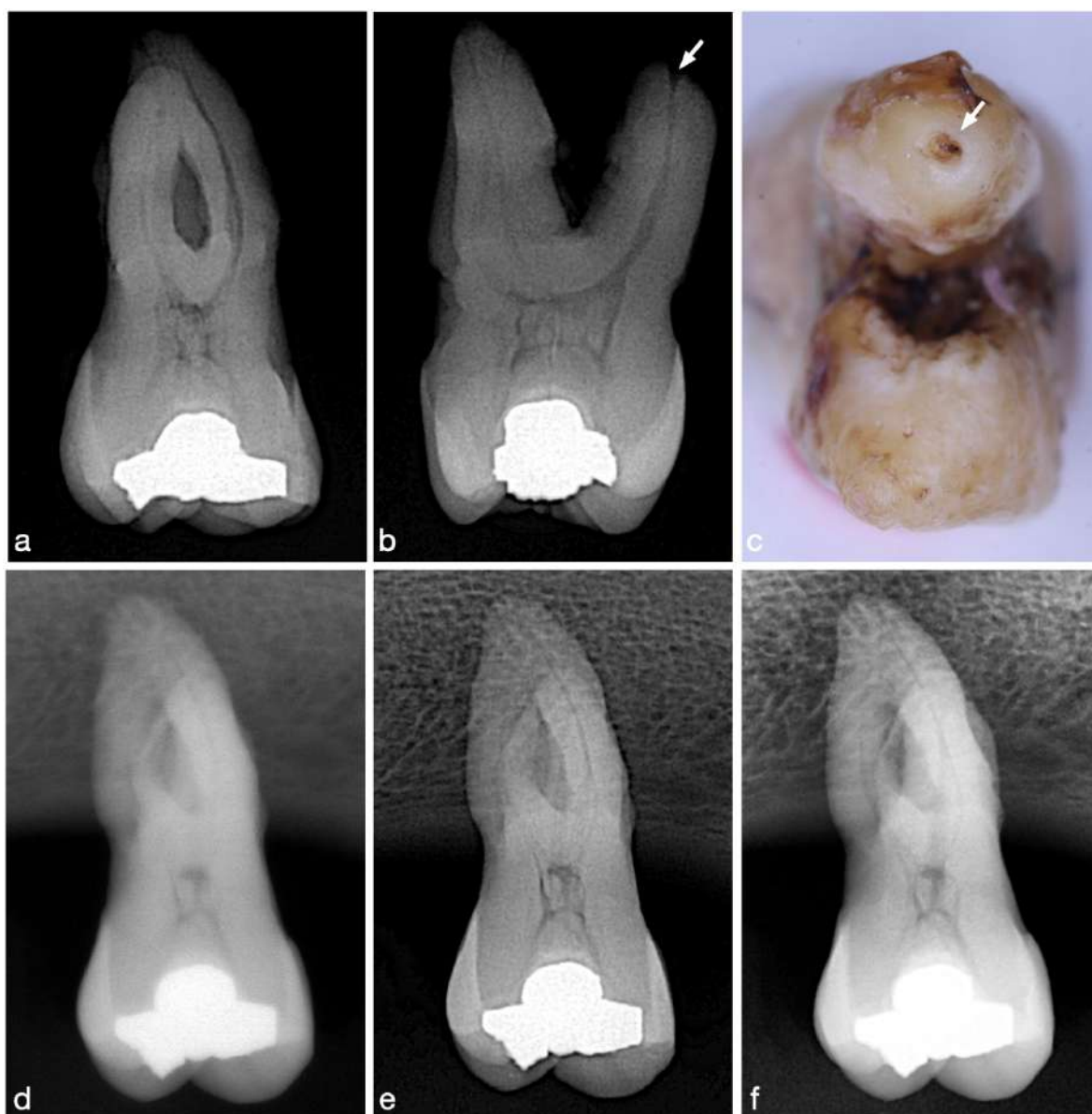


Figura 8. Ejemplo de órgano dental evaluado con ápice abierto: OD 16, con ápice abierto en el conducto palatino. a) Radiografía de control con angulación ortorradiar. b) Radiografía de control con angulación mesiorradial, en la que se observa el ápice abierto del conducto palatino (flecha). c) Registro fotográfico macro de la porción apical del OD (ápice palatino señalado con una flecha). d) Radiografía periapical tomada con RVG Acteon. e) Radiografía periapical tomada con RVG Eighteeth. f) Radiografía periapical tomada con el RVG Woodpecker.

El cuadro 3 muestra los resultados obtenidos con los tres radiovisiógrafos utilizados para evaluar la capacidad de distinción de conductos accesorios en tres órganos dentales distintos. No se observó diferencia significativa entre los resultados.

Cuadro 3. Comparación de la capacidad de distinción de los conductos accesorios utilizando tres radiovisiógrafos comerciales.

Elemento de distinción	OD	Acteon	Eighteeth	Woodpecker	Valor de p
Frecuencia (%)					
Conductos accesorios	26	2.20 (73.33)	2.33 (77.66)	2.33 (77.66)	0.9887
	35	2.07 (69.00)	2.00 (66.66)	1.93 (64.33)	
	12	2.40 (80.00)	2.40 (80.00)	2.47 (82.33)	
Promedio		2.22 (74.00)	2.24 (74.66)	2.24 (74.66)	

OD: Órgano dental. Prueba exacta de Fisher.

El cuadro 4 muestra los resultados obtenidos con los tres radiovisiógrafos utilizados para evaluar la capacidad de distinción de fracturas en tres órganos dentales distintos. No se observó diferencia significativa entre los resultados.

Cuadro 4. Comparación de la capacidad de distinción de fracturas utilizando tres radiovisiógrafos comerciales.

Elemento de distinción	OD	Acteon	Eighteeth	Woodpecker	Valor de p
Frecuencia (%)					
Fracturas	14	1.93 (64.33)	1.73 (57.66)	1.67 (55.66)	0.8255
	32	1.47 (49.00)	1.67 (55.66)	1.73 (57.66)	
	36	2.27 (75.66)	2.47 (82.33)	2.33 (77.66)	
Promedio		1.89 (63.00)	1.96 (65.33)	1.91 (63.66)	

OD: Órgano dental. Prueba exacta de Fisher.

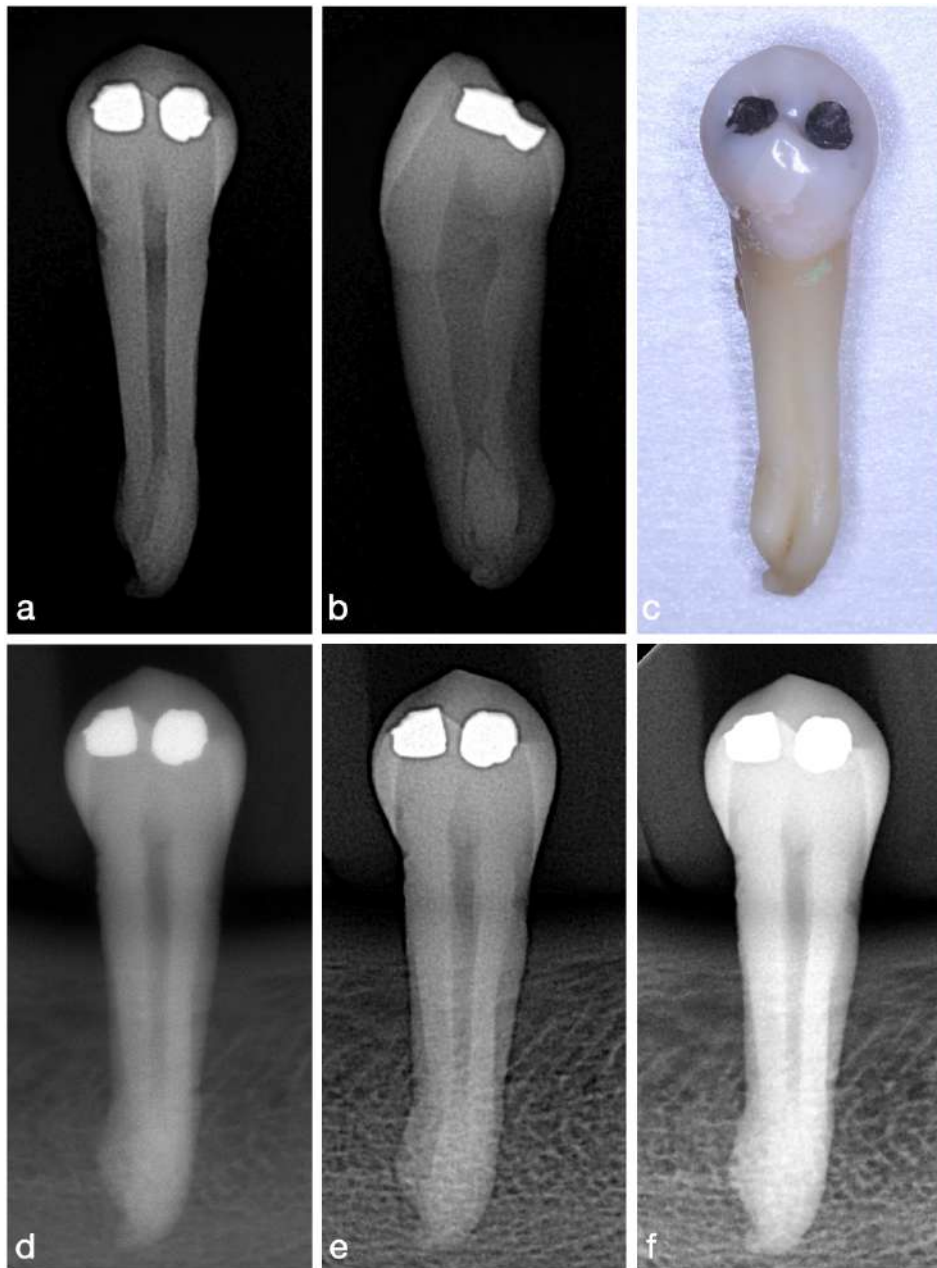


Figura 9. Ejemplo de OD (44) evaluado con presencia de conductos accesorios. a) Radiografía de control con angulación ortorradiar. b) Radiografía de control con angulación mesiorradial. En las radiografías a y b se observan las ramificaciones del conducto principal en el tercio apical. c) Registro fotográfico macro del OD (se observa la división de la raíz) d) Radiografía periapical tomada con RVG Acteon. e) Radiografía periapical tomada con RVG Eighteeth. f) Radiografía periapical tomada con el RVG Woodpecker.

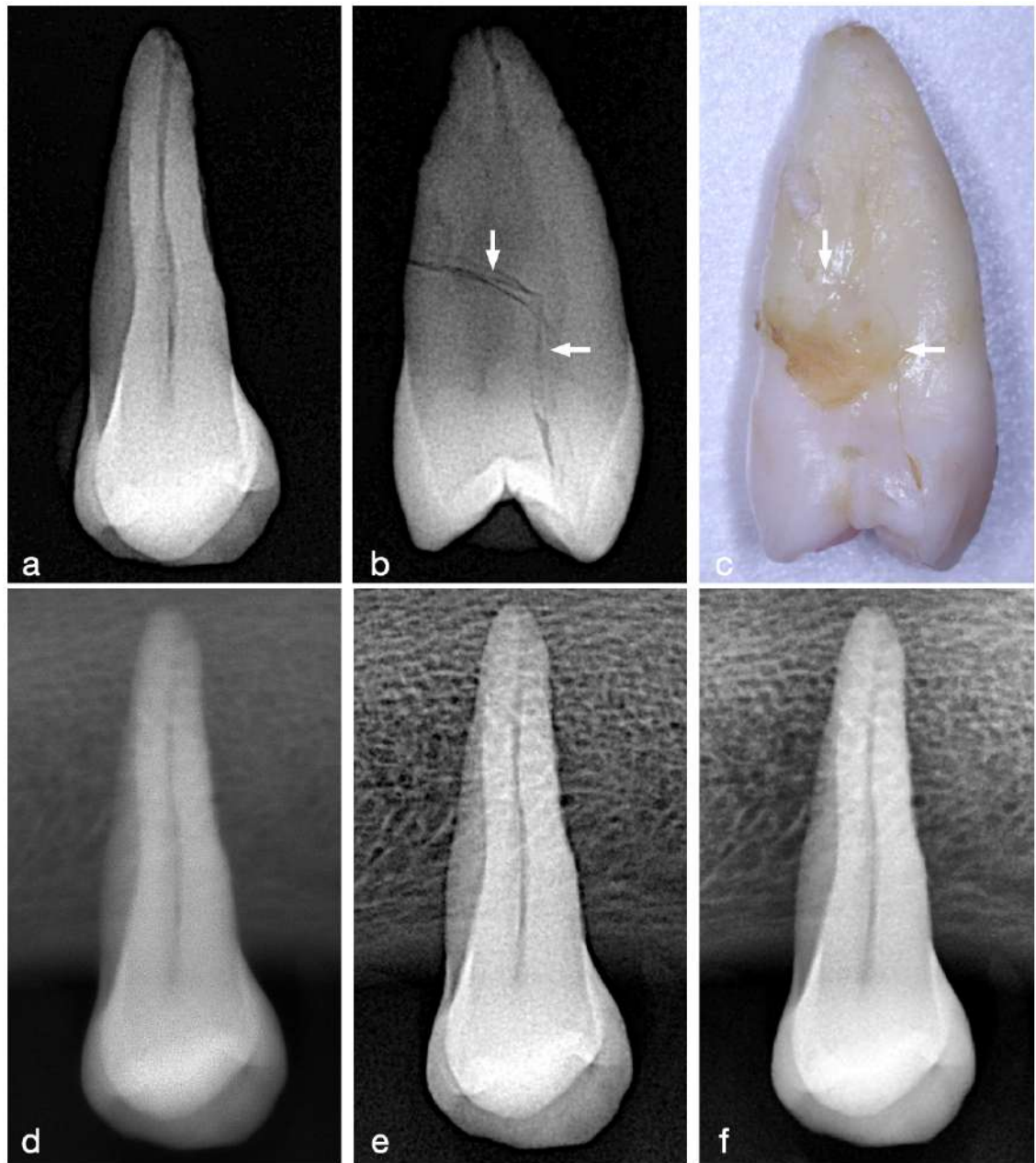


Figura 10. Ejemplo de órgano dental evaluado con fracturas: OD 14, con fracturas verticales y horizontales. a) Radiografía de control con angulación ortorradial. b) Radiografía de control con angulación distorradial, en la que se observan las líneas de fractura, tanto horizontales como verticales (flechas). c) Registro fotográfico macro del OD (con líneas de fractura visibles, indicadas con flechas). d) Radiografía periapical tomada con RVG Acteon. e) Radiografía periapical tomada con RVG Eighteeth. f) Radiografía periapical tomada con el RVG Woodpecker.

El cuadro 5 muestra los resultados obtenidos con los tres radiovisiógrafos utilizados para evaluar la capacidad de distinción de instrumentos separados en tres órganos dentales distintos. No se observó diferencia significativa entre los resultados.

Cuadro 5. Comparación de la capacidad de distinción de instrumentos separados utilizando tres radiovisiógrafos comerciales.

Elemento de distinción	OD	Acteon	Eighteeth	Woodpecker	Valor de <i>p</i>
Frecuencia (%)					
Instrumentos separados	38	1.93 (64.33)	2.00 (66.66)	2.00 (66.66)	0.9990
	42	2.40 (80.00)	2.60 (86.66)	2.53 (84.33)	
	44	2.13 (71.00)	2.33 (77.66)	2.33 (77.66)	
Promedio		2.16 (72.00)	2.31 (77.00)	2.29 (76.33)	

OD: Órgano dental. Prueba exacta de Fisher.

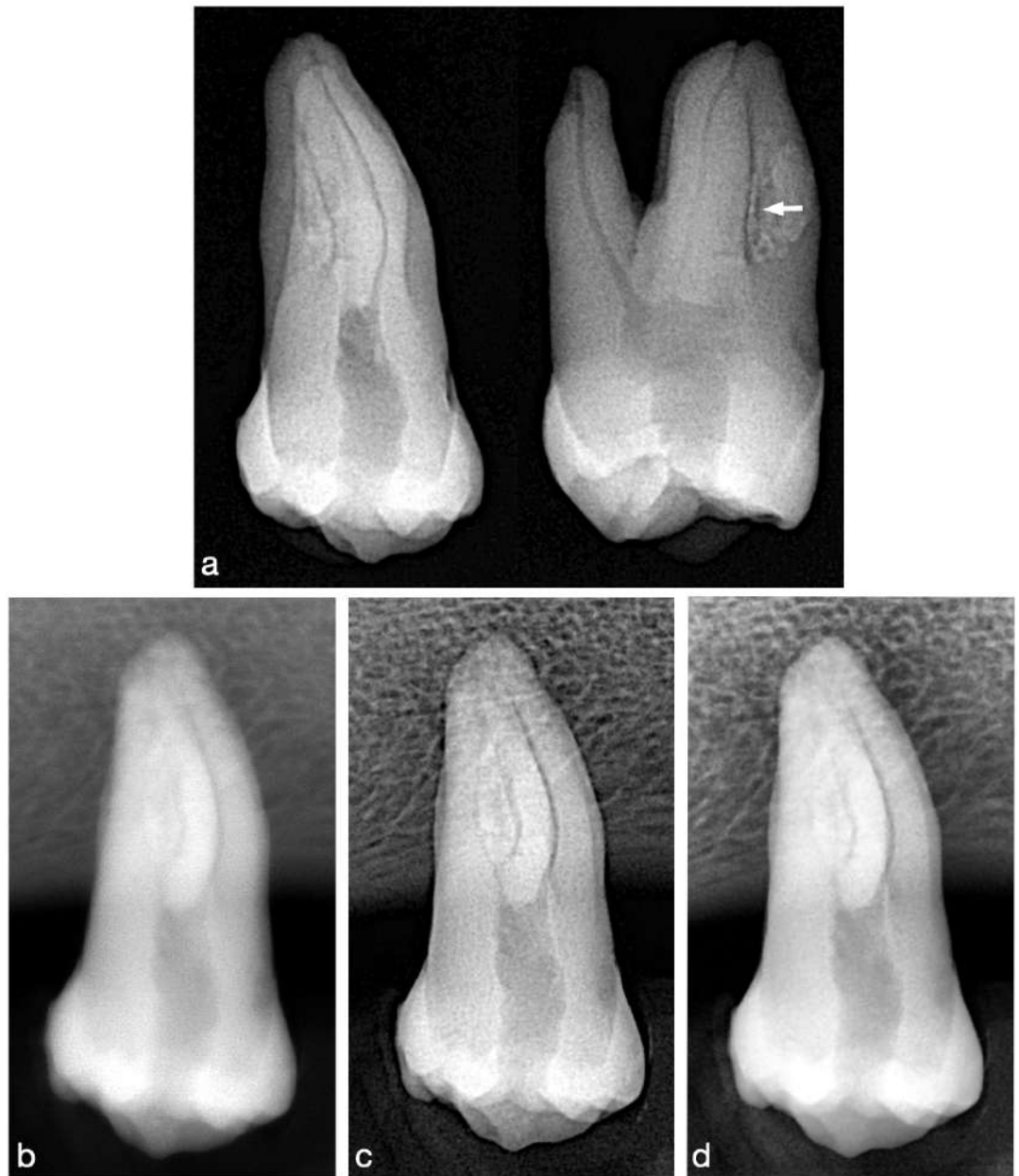


Figura 11. Ejemplo de órgano dental evaluado con presencia de instrumento separado: OD 17, con lima #8 separada en el tercio medio del conducto palatino. a) Radiografías de control con angulación ortorradial y mesiorradial, en las que se observa que la visualización del instrumento separado es limitada debido a la superposición de tejido óseo remanente en el OD (flecha). b) Radiografía periapical tomada con RVG Acteon. e) Radiografía periapical tomada con RVG Eighteeth. f) Radiografía periapical tomada con el RVG Woodpecker.

Discusión

La toma de radiografías hoy en día es esencial en la práctica odontológica; en endodoncia, la radiografía es un método de verificación y comprobación para el clínico, ya que la anatomía radicular con la que se trabaja no es visible clínicamente. El auge de la radiografía digital permite una manera más rápida y ergonómica de realizar tratamientos endodónticos; además, reduce la exposición radiográfica del paciente y permite capturar y visualizar la imagen en tiempo real.

Los radiovisiógrafos son instrumentos que, durante varios años, han sido utilizados por los clínicos; sus precios y marcas han variado con el tiempo. Hoy en día se encuentran marcas más accesibles por lo que se podría creer que son de menor calidad. El fin de esta investigación fue comprobar si algunos de los radiovisiógrafos evaluados brindan algún beneficio o aumentan la capacidad del clínico para distinguir elementos de interés en endodoncia, como las anomalías dentales, ápices abiertos, conductos accesorios, fracturas o instrumentos separados; situaciones clínicas que pueden presentarse con frecuencia. Diagnosticar y distinguir radiográficamente adecuadamente cualquiera de estos elementos puede influir en el pronóstico y el éxito del tratamiento endodóntico en curso.

Elementos de interés en endodoncia

1. Anomalías dentales

Los resultados mostraron, en primer lugar, que el radiovisiógrafo Woodpecker predominó en la capacidad de distinción de anomalías dentales (70.33%), seguido por el Acteon (69.66%), siendo así el Eighteenth el radiovisiógrafo con menor capacidad de distinción de este elemento (63.66%); esto quiere decir que existió al menos un déficit del 29.67% en la capacidad de distinción de anomalías dentales en cualquiera de los radiovisiógrafos evaluados.

En presencia de algunas anomalías dentales, por ejemplo, la dilaceración, para identificar y diagnosticar, muchas veces es necesario tomar radiografías en

diferentes angulaciones, principalmente cuando la curvatura se presenta en dirección vestibular o lingual/palatina. Aun así, las radiografías periapicales son la opción más adecuada para diagnosticar esta anomalía (Jahanimoghadam, 2016). Esto explica el déficit en la capacidad de distinguir esta anomalía en una radiografía 2D.

Otra de las anomalías evaluadas fue la presencia de perlas de esmalte; estas se encuentran habitualmente en las coronas dentales, pero pueden presentarse ectópicamente en la raíz. Se encuentran usualmente en las raíces de los molares superiores, principalmente en los terceros molares, adyacentes a la furca o al surco radicular (Jahanimoghadam, 2016). Las anomalías de desarrollo morfológico pueden predisponer al acúmulo de placa bacteriana en las áreas afectadas, por lo que su diagnóstico temprano puede mejorar el pronóstico de la pieza dental.

Adicionalmente, se evaluaron otras anomalías, como el diente evaginado. Esta es una anomalía del desarrollo que se proyecta por encima del área de la superficie del diente, exhibiendo así el esmalte que cubre un núcleo dentinario que, muy comúnmente, posee tejido pulpar. Esta anomalía se diferencia de la cúspide de Carabelli porque el diente evaginado sí presenta un núcleo pulpar (Jahanimoghadam, 2016). Todo esto la convierte en una anomalía esencial para el diagnóstico en endodoncia, ya que, para un diagnóstico y tratamiento de conductos adecuados, debe considerarse la porción pulpar que presenta. También, un diagnóstico temprano de la misma podría evitar la necesidad de un tratamiento endodóntico mediante procedimientos interceptivos (ya sean restaurativos u ortodónticos), para solucionar o evitar interferencias oclusales y así prevenir fracturas y exposiciones pulpares posteriores.

Asimismo, el diente invaginado es el resultado de una invaginación de la superficie externa de la corona dental antes de la calcificación y presenta conductos radiculares y variaciones complejas en su morfología. La apariencia radiográfica clásica de esta anomalía es una invaginación de esmalte y dentina en forma de pera, con una estructura estrecha en la abertura de la superficie del diente. Lo que

facilita su identificación radiográfica es que el pliegue del esmalte es más radiopaco que la estructura dental circundante (Jahanimoghadam, 2016). Un análisis radiográfico preoperatorio detallado es fundamental en endodoncia. Diagnosticar su extensión y forma radiográficamente es indispensable en endodoncia para determinar la mejor manera de desinfectar, instrumentar y obturar el sistema de conductos radiculares que se presenta.

Los cálculos pulpares son masas calcificadas que se forman dentro de dientes sanos o enfermos; pueden aparecer tanto en la porción coronal como en la radicular de la pulpa, ya sean libres, adheridos o incrustados. Es una anomalía que puede considerarse parte del envejecimiento; también puede desarrollarse tras enfermedades sistémicas o genéticas. Los cálculos menores de 200 μm no son visibles en radiografías 2D; los pequeños son indoloros, pero los más grandes sí pueden ser dolorosos (Jannati et al., 2019). Los cálculos pulpares no representan un impedimento para realizar tratamientos endodónticos, pero sí podrían constituir una complicación, por lo que contar con una imagen radiográfica que permita identificarlos de manera preoperatoria puede ser de gran utilidad para la planificación del tratamiento.

Con el fin de preservar la cámara pulpar durante un acceso endodóntico, es necesario conocer su morfología, variaciones y dimensiones, lo cual se logra mediante una evaluación radiográfica adecuada. La localización de los conductos radiculares también puede guiarse en gran parte por el tamaño de la cámara pulpar, y la exploración, tanto clínica como radiográfica, de esta puede ayudar a evitar iatrogenias. Los radioviosiógrafos evaluados permiten, dentro de sus funciones, medir (en mm) las dimensiones que se presentan en las imágenes, lo cual puede ayudar a calcular las dimensiones clínicas sobre las cuales se puede trabajar sin ocasionar iatrogenias. Es importante tomar en cuenta que la técnica radiográfica debe ser adecuadamente ejecutada para que esta función tenga mayor exactitud.

Tomando en cuenta todas las anomalías dentales evaluadas, un diagnóstico preoperatorio de cada una puede ayudar en la planificación y el tratamiento del órgano dental. El hecho de que aproximadamente un 30% de estas

anomalías pasen desapercibidas en un diagnóstico radiográfico preoperatorio 2D explica el por qué ocurren tantas complicaciones clínicas; estas pueden representar dificultades al acceder a la cámara pulpar, al localizar conductos radiculares, lo que puede llevar a perforaciones, transportaciones, separación de instrumentos, dificultar la desinfección, conformación y obturación del sistema de conductos radiculares; en general pueden llegar a comprometer el pronóstico y éxito del tratamiento endodóntico.

2. Ápice abierto

El segundo elemento de interés evaluado fue el ápice abierto; existen dos tipos de ápice abierto: ápice en forma de embudo (conicidad invertida) y ápice en forma de cono (paredes del conducto paralelas o ligeramente convergentes a medida que el conducto sale del ápice radicular). La interpretación radiográfica del ápice abierto puede resultar difícil. Un diente inmaduro con pulpa sana suele estar rodeado de una región radiolúcida donde el ápice abierto aún se está formando; este hallazgo puede ser difícil de diferenciar de una radiolucidez patológica resultante de una pulpa necrótica. Compararlo con el periápice del diente contralateral puede resultar de gran utilidad (Gill et al., 2024).

Comportándose de la misma manera, en la evaluación de la capacidad de distinción de ápice abierto, el radiovisiógrafo Woodpecker presentó el mayor porcentaje de distinción (75.66%); seguido del Acteon (75%), y el Eighteeth obtuvo el menor (73.33%). Esto indica que, en la mayoría de los casos, una radiografía 2D no proporcionará la información necesaria para el diagnóstico preoperatorio de esta condición; en este estudio, en un rango del 24.34%-26.67%, los ápices abiertos pasaron desapercibidos en la inspección radiográfica. Lo que demuestra que, en conjunto con la valoración radiográfica, es necesario un diagnóstico clínico detallado de la sensibilidad y la vitalidad pulpar en estos conductos y, en lo que respecta a la obturación, una radiografía 2D sí es esencial para evaluar de manera óptima el ajuste y la extensión del material obturador.

3. Conductos accesorios

Con respecto a la distinción de conductos accesorios, el radiovisiógrafo Woodpecker y el Eighteeth obtuvieron la misma capacidad de distinción (74.66%); el Acteon obtuvo 74%. Al menos el 25.34% de los conductos accesorios evaluados no fueron diferenciados por los evaluadores; esto puede ser preocupante, especialmente en diagnósticos de necrosis pulpar, donde la infección y la presencia de bacterias en el sistema de conductos radiculares deben reducirse e, idealmente, erradicarse para que el tratamiento de conductos sea exitoso y tenga un mejor pronóstico.

A pesar de las limitaciones inherentes a las radiografías convencionales (que proporcionan imágenes 2D de objetos 3D), las radiografías periapicales preoperatorias de buena calidad, con más de una proyección horizontal, facilitan la detección precisa de las bifurcaciones de los conductos radiculares y del contorno del ligamento periodontal, lo que permite interpretar la anatomía radicular tanto interna como externa (Ahmed & Hashem, 2016). Las áreas radiolúcidas laterales suelen relacionarse con conductos accesorios ubicados en el tercio medio de la raíz; los conductos accesorios del tercio apical, al igual que los deltas apicales, son una de las principales causas de periodontitis apical persistente (Ahmed et al., 2018). No considerar la presencia de conductos accesorios puede ocasionar una deficiencia en su desinfección, lo que puede conducir a índices de fracaso endodóntico más elevados.

4. Fracturas dentales

En la distinción de fracturas, el radiovisiógrafo Eighteeth predominó con 65.33% de aciertos, seguido del Woodpecker con 63.66% y del Acteon con 63%. Al tabular los resultados, se encontró que un alto porcentaje de fracturas, tanto horizontales como verticales, pasaron desapercibidas en las imágenes y no fueron correctamente identificadas por los evaluadores. Las tres piezas dentales evaluadas presentaban más de una línea de fractura, y dos de ellas presentaban ambos tipos de fractura (vertical y horizontal); sin embargo, ninguno de los evaluadores logró

distinguir en ninguna de las piezas dentales ambos tipos de fractura presentes. Los observadores no lograron distinguir todas las líneas de fractura que se presentaban en cada uno de los órganos dentales, ni su extensión. Este fue el elemento que presentó el mayor porcentaje de deficiencia en la evaluación de su distinción.

Lo expuesto sugiere que, al menos en este estudio, un 34.67% de las fracturas no fueron distinguidas por los evaluadores con ninguno de los radiovisiógrafos; lo que genera preocupación, dado que un tratamiento de conductos radiculares en un órgano dental con una fisura o fractura no diagnosticada y, por ende, mal manejada, posee una alta probabilidad de fracaso.

Las fracturas radiculares no serán clínicamente evidentes, incluso si presentan movilidad o sensibilidad a la percusión; usualmente no es posible distinguir clínicamente entre el desplazamiento dental debido a una fractura radicular y el causado por una luxación. De aquí nace la necesidad de tomar la serie estándar de radiografías periapicales como parte de la exploración inmediata posterior a traumas; la serie incluye radiografías periapicales, excéntricas y oclusales (especialmente si la fractura se localiza en el tercio apical o medio de la raíz). Puede ser necesaria una radiografía periapical de bisectriz para visualizar una fractura radicular en el tercio coronal. Es necesario realizar radiografías adicionales (controles) entre 7 y 14 días posteriores al trauma (en caso de haberse presentado); ya que, después de este tiempo la respuesta inflamatoria inevitable que se produce en una línea de fractura podría hacer visible una fractura no diagnosticada en la exploración inicial (Abbott, 2019).

Es posible que algunas fracturas radiculares no se diagnostiquen en la atención inicial posterior a un traumatismo, ya que a veces no se pueden observar mediante diferentes técnicas de imagen radiográfica. Una fractura puede no ser evidente inmediatamente después de un accidente si no se observó desplazamiento del fragmento coronal (Abbott, 2019). Si el clínico no sospecha una fractura del órgano dental porque el paciente no presenta signos o síntomas, podría incurrir en el error de no solicitar imágenes radiográficas con diferentes técnicas y angulaciones, por lo que la condición pasaría desapercibida.

En presencia de una fractura, si no se toman las radiografías adecuadas y/o un CBCT y, además, no se realizan los controles regulares en el período postraumático, esta puede permanecer sin detectarse. El CBCT puede ayudar a mostrar una fractura radicular especialmente si no ha ocurrido desplazamiento del fragmento coronal; sin embargo, estas técnicas de imagen no siempre estarán disponibles y es poco probable que cambien el manejo del caso (Abbott, 2019).

5. Instrumentos separados

Un instrumento separado en dientes con periodontitis apical puede comprometer la capacidad de tratar adecuadamente todo el sistema de conductos radiculares, así como reducir la resistencia radicular y aumentar el riesgo de perforación durante los retratamientos al intentar extraer los fragmentos o realizar un “bypass” (rodear el instrumento o pasarlo). Por lo tanto, la detección preoperatoria de estos instrumentos separados retenidos es crucial para la toma de decisiones sobre el plan de tratamiento del órgano dental y debe constituir uno de los objetivos de la evaluación preoperatoria. La radiografía periapical es la principal técnica radiográfica empleada en el diagnóstico y la planificación del tratamiento endodóntico (Rosen et al., 2016).

En la capacidad de distinguir instrumentos separados, el radiovisiógrafo Eighteenth fue el que predominó (77%), seguido por el Woodpecker (76.33%) y, en último lugar, el Acteon (72%). Al ser objetos que generan radiopacidad, es más sencillo distinguirlos en la radiografía; esto explica por qué este fue el elemento con el menor rango porcentual de deficiencias al evaluar su distinción (23%-28%). Asimismo, no se logra un 100% de distinción de estos (tanto su presencia/ausencia como su conicidad y longitud) con ninguno de los radiovisiógrafos; lo que indica que, cuando el instrumento separado posea una conicidad y extensión pequeñas, podría pasar por completo desapercibido en una radiografía 2D, debido a la superposición de estructuras e incluso en la obturación, lo que puede ocasionar fracasos endodónticos “sin explicación” según el criterio del clínico.

La CBCT permite visualizar la dentición, el esqueleto maxilofacial y las estructuras anatómicas circundantes en 3D; por ello, ha cobrado relevancia en endodoncia. En la CBCT, los vóxeles son isotrópicos (esto quiere decir que son iguales en todas las dimensiones) y varían de 0.4 mm a 0.075 mm. Debido a su carácter isotrópico, las imágenes se pueden reconstruir en cualquier plano con alta fidelidad; la capacidad de discriminar objetos separados por distancias muy pequeñas es una de sus cualidades más beneficiosas. La presencia de materiales de obturación en proximidad de instrumentos retenidos y la naturaleza metálica del propio instrumento pueden generar artefactos en las imágenes de CBCT, lo que puede reducir la eficacia diagnóstica de la CBCT y su capacidad de comparación con la radiografía periapical para distinguir instrumentos separados (Rosen et al., 2016).

La CBCT o la tomografía volumétrica digital supera las desventajas de la radiografía 2D, pero a costa de una mayor radiación y un mayor costo (Gill et al., 2024). Esta es una modalidad diagnóstica moderna que puede ser útil cuando las radiografías convencionales ofrecen información limitada y se requieren más detalles. Actualmente, muchos especialistas en endodoncia tratan casos complejos y evalúan imágenes de CBCT; en algunos casos, su uso es esencial para lograr el éxito clínico (Ahmed & Hashem, 2016).

Características de los RVGs evaluados

Los radiovisiógrafos Eighteeth (NanoPix 2) y Woodpecker (i-Sensor H2) poseen un detector de tecnología APS-CMOS, el Acteon (fit T2) posee una tecnología CMOS (Woodpecker, 2026) (Eighteeth, 2026) (Acteon, 2026). La amplificación aplicada inmediatamente después de la lectura del fotodiodo en un sensor APS-CMOS da como resultado una relación señal/ruido mejorada en comparación con el método de píxeles pasivos que utiliza un sensor con tecnología CMOS (Tajima et al., 2001), lo que puede explicar por qué los RVGs Woodpecker y Eighteeth “predominaron” en la distinción de tres de los elementos evaluados.

Con respecto a la resolución teórica, los radiovisiógrafos Eighteeth (NanoPix 2) y Woodpecker (i-Sensor H2) pueden distinguir 25 pares de líneas por milímetro (25 lp/mm); el Acteon (fit T2) posee una resolución teórica menor, de 20 lp/mm. La matriz de píxeles de los RVGs Eighteeth y Woodpecker es de 1.300 x 1.800 (de ancho x alto; ya que, la matriz de píxeles se organiza de manera bidimensional en filas y columnas), versus la del Acteon que es de 1.200 x 900 (Eighteeth, 2026) (Woodpecker, 2026) (Acteon, 2026). Esto quiere decir que el RVG Acteon posee aproximadamente 2.17 veces menos píxeles que los otros dos RVGs y, al mismo tiempo, una resolución teórica menor, lo que explica por qué no predominó.

No obstante, a bajas resoluciones, el análisis de las formas y sus relaciones espaciales se vuelve fundamental para comprender el contenido de la imagen; es imprescindible codificar las relaciones entre las regiones para lograr un buen rendimiento de reconocimiento; y, desde el punto de vista computacional, las imágenes de baja resolución se pueden procesar muy rápidamente y requieren poco almacenamiento (Torralba, 2009). Esto también explica por qué, a pesar de que el RVG Acteon posee especificaciones técnicas más limitadas, sigue siendo una opción competente frente al Eighteeth y al Woodpecker; al mismo tiempo, estos datos indican que los RVGs poseen características y especificaciones técnicas altamente similares, aunque su costo en el mercado no es el mismo.

De igual manera, la investigación mostró un alto porcentaje de déficits, con cualquiera de los tres radiovisiógrafos, en la capacidad de distinguir todos los elementos de interés en endodoncia valorados por los evaluadores. Esta evidencia indica que, sin tomar en cuenta la marca comercial que se utilice, la insuficiencia de información se genera al tratarse de una radiografía bidimensional de un objeto tridimensional, en la que la aposición de estructuras va a jugar un papel esencial. Se demuestra que estas nuevas marcas, innovadoras y mucho más económicas, también pueden ser una gran opción para el clínico; ya que, al encontrar que los resultados obtenidos entre los radiovisiógrafos no presentan una diferencia estadísticamente significativa. Ya sea que se decida invertir más dinero en adquirir

uno u otro, independientemente de su marca, la carencia de información se generará, debido al tipo de radiografía que se obtiene y no necesariamente como consecuencia del dispositivo con el cuál se obtiene la imagen.

Dentro de las limitaciones del estudio, se encuentra que cada uno de los observadores se encargó de evaluar únicamente un subgrupo de imágenes; por lo cual, para determinar la exactitud diagnóstica, se requiere un estudio (ya sea clínico o *in vitro*) en el cual los observadores evalúen todas las imágenes, y sería ideal implementar un sistema de comparación diagnóstica, como podría ser el CBCT.

Conclusiones

En este modelo *in vitro*, ninguno de los radiovisiógrafos evaluados demostró superioridad en la capacidad de distinción de elementos de interés en endodoncia, ya que todos presentaron limitaciones y un alto porcentaje de deficiencia en dicha capacidad. Los hallazgos sugieren que, independientemente de la marca comercial del radiovisiógrafo a utilizar, las radiografías bidimensionales no permiten distinguir con precisión los elementos de interés en endodoncia evaluados. Los radiovisiógrafos ofrecen ventajas en términos de simplicidad y mayor comodidad en la toma de radiografías, lo que facilitará el trabajo del profesional en su práctica clínica.

Propuestas

Resultaría oportuno realizar un estudio que muestre la vida útil de cada radiovisiógrafo, para evaluar si un equipo más costoso o de gama más alta es más duradero y determinar, de igual forma, si invertir en uno más costoso realmente ofrece un beneficio. Si se desea una mejor distinción de los elementos de interés en endodoncia, en vez de adquirir un radiovisiógrafo de alto costo esperando que resuelva o ayude a diagnosticar y planificar casos complicados, es mejor implementar y referir un estudio CBCT cuando las circunstancias así lo requieran.

Bibliografía

- Abbott, P. V. (2019). Diagnosis and Management of Transverse Root Fractures. *Journal of Endodontics*, 45(12), S13–S27. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.05.009>
- Acteon. (2026). *Ficha técnica-Acteon Fit T2*. https://www.exprodental.cl/archivos/productos/4294_4356_Catalogo_v20201021.pdf
- Ahmed, H. M. A., & Hashem, A. A. (2016). Accessory roots and root canals in human anterior teeth: a review and clinical considerations. In *International endodontic journal* (Vol. 49, Number 8, pp. 724–736). <https://doi.org/10.1111/iej.12508>
- Ahmed, H. M. A., Neelakantan, P., & Dummer, P. M. H. (2018). A new system for classifying accessory canal morphology. In *International Endodontic Journal* (Vol. 51, Number 2, pp. 164–176). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/iej.12800>
- Akdeniz, B. G., & Soğur, E. (2005). An ex vivo comparison of conventional and digital radiography for perceived image quality of root fillings. *International Endodontic Journal*, 38(6), 397–401. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.00958.x>
- Aziman, C., Hellén-Halme, K., & Shi, X. Q. (2019). A comparative study on image quality of two digital intraoral sensors. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(7). <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190063>
- Båth, M., & Månsson, L. G. (2007). Visual grading characteristics (VGC) analysis: A non-parametric rank-invariant statistical method for image quality evaluation. *British Journal of Radiology*, 80(951), 169–176. <https://doi.org/10.1259/bjr/35012658>
- Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2022). *Cohen. Vías de la pulpa*. Elsevier Health Sciences.
- Boreak, N., Hakami, A., Hakami, S., Nahari, H., Alhakami, M., Alrajhi, A., Dira, M. Al, Mahdali, H., Kariri, A., & Sultana, F. (2022). A Systematic Review of Traditional Radiology: Conservative Therapy in Endodontics. *Saudi Journal of*

- Oral and Dental Research*, 7(12), 317–327.
<https://doi.org/10.36348/sjodr.2022.v07i12.001>
- Eighteenth. (2026). *Ficha-Técnica-NanoPix-2*. <https://www.dentalclick.com.mx/wp-content/uploads/2021/09/FICHA-TECNICA-NANOPIX-1.pdf>
- Farman, A. G., Levato, C. M., Gane, D., & Scarfe, W. C. (2008). In practice: How going digital will affect the dental office. *Journal of the American Dental Association*, 139(SUPPL.), S14–S19.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0356>
- Gill, I., Mittal, S., Kumar, T., & Keshav, V. (2024). Open Apex and its Management: Review Article. In *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences* (Vol. 16, pp. S31–S34). Wolters Kluwer Medknow Publications.
https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_615_23
- Hegde, P., Sharma, A., Mahajan, R., Sharma, N., Shruthi, V., & Maheswari, E. (2022). *Management of Open Apex: A Review of Literature*.
<https://doi.org/10.9756/INTJECSE/V14I5.493>
- Hellén-Halme, K., Johansson, C., & Nilsson, M. (2016). Comparison of the performance of intraoral X-ray sensors using objective image quality assessment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 121(5), e129–e137. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2016.01.016>
- Jahanimoghdam, F. (2016). Dental Anomalies: An Update. *Advances in Human Biology*, 6(3), 112. <https://doi.org/10.4103/2321-8568.195316>
- Jannati, R., Afshari, M., Moosazadeh, M., Allahgholipour, S. Z., Eidy, M., & Hajihoseini, M. (2019). Prevalence of pulp stones: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Medicine*, 12(2), 133–139.
<https://doi.org/10.1111/jebm.12331>
- Kositbowornchai, S., Hanwachirapong, D., Somsopon, R., Pirmsinthavee, S., & Sooksuntisakoonchai, N. (2006). Ex vivo comparison of digital images with conventional radiographs for detection of simulated voids in root canal filling material. *International Endodontic Journal*, 39(4), 287–292.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01087.x>

- Li, G., Qu, X. min, Chen, Y., Zhang, J., Zhang, Z. yan, & Ma, X. chen. (2010). Diagnostic accuracy of proximal caries by digital radiographs: an in vivo and in vitro comparative study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 109(3), 463–467. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.10.022>
- Lo Giudice, R., Nicita, F., Puleio, F., Alibrandi, A., Cervino, G., Lizio, A. S., & Pantaleo, G. (2018). Accuracy of periapical radiography and CBCT in endodontic evaluation. *International Journal of Dentistry*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2514243>
- Queiroz, P. M., Nascimento, H. A. R., Da Paz, T. D. J., Anacleto, F. N., & Freitas, D. Q. (2016). Accuracy of Digital Subtraction Radiography in the Detection of Vertical Root Fractures. *Journal of Endodontics*, 42(6), 896–899. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.03.003>
- Ramos Brito, A. C., Verner, F. S., Junqueira, R. B., Yamasaki, M. C., Queiroz, P. M., Freitas, D. Q., & Oliveira-Santos, C. (2017). Detection of Fractured Endodontic Instruments in Root Canals: Comparison between Different Digital Radiography Systems and Cone-beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, 43(4), 544–549. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.017>
- Rosen, E., Venezia, N. B., Azizi, H., Kamburoglu, K., Meirowitz, A., Ziv-Baran, T., & Tsesis, I. (2016). A comparison of cone-beam computed tomography with periapical radiography in the detection of separated instruments retained in the apical third of root canal-filled teeth. *Journal of Endodontics*, 42(7), 1035–1039. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.04.016>
- Scarfe, W. C., & Angelopoulos, C. (2018). *Maxillofacial Cone Beam Computed Tomography. Principles, Techniques and Clinical Applications*.
- Tajima, K., Komuro, T., & Ishikawa, M. (2001). *CMOS Image Sensor with APS Structure for High-Speed Video Cameras*. <http://www.photron.com>
- Teich, S., Al-Rawi, W., Heima, M., Faddoul, F. F., Goldzweig, G., Gutmacher, Z., & Aizenbud, D. (2016). Image quality evaluation of eight complementary metal-

- oxide semiconductor intraoral digital X-ray sensors. *International Dental Journal*, 66(5), 264–271. <https://doi.org/10.1111/idj.12241>
- Torralba, A. (2009). How many pixels make an image? *Visual Neuroscience*, 26(1), 123–131. <https://doi.org/10.1017/S0952523808080930>
- Udupa, H., Mah, P., Dove, S. B., & McDavid, W. D. (2013). Evaluation of image quality parameters of representative intraoral digital radiographic systems. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 116(6), 774–783. <https://doi.org/10.1016/J.OOOO.2013.08.019>
- Wakoh, M., & Kuroyanagi, K. (2001). Digital imaging modalities for dental practice. In *Bull. Tokyo dent. Coll* (Vol. 42, Number 1).
- Woodpecker. (2026). *Ficha-Técnica-I-SENSOR-Woodpecker*. https://www.dentalstore.com.co/wp-content/uploads/2024/05/Ficha-Tecnica-I-SENSOR-Woodpecker.pdf?srsId=AfmBOoq0X4IWx_vJzYAteYHi96HJySA_QAY-Q1e363nGAMVZUtlvHZiS