

**DETERMINACIÓN TOMOGRÁFICA DEL RADIO Y ÁNGULO DE LA
CURVATURA RADICULAR EN MOLARES PERMANENTES**

**TOMOGRAPHIC DETERMINATION OF THE RADIUS AND ANGLE OF ROOT
CURVATURE IN PERMANENT MOLARS**

Diana Marcela Garzón Ceballos

Odontóloga, Residente Posgrado de Endodoncia
Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC

María de los Ángeles Giraldo Cardona

Odontóloga, Residente Posgrado de Endodoncia
UAN - Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC

Adriana Ximena Rocha Penagos

Odontóloga, Residente Posgrado de Endodoncia
UEB -Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC

Sara Beatriz Quijano Guauque

Odontóloga Especialista En Endodoncia, Magister En Odontología, Docente
Posgrado Endodoncia.

Universidad nacional de Colombia -Institución Universitaria Colegios de Colombia
UNICOC, Facultad de Odontología

Sandra Elizabeth Aguilera Rojas

Odontóloga Especialista En Semiología, Cirugía Oral, Magister En Ciencias
Biomédicas, Docente - Centro de Investigaciones del Colegio odontológico: CICO
Fundación universitaria San Martin-Institución Universitaria Colegios de Colombia
UNICOC. Facultad de Odontología

DETERMINACIÓN TOMOGRÁFICA DEL RADIO Y ÁNGULO DE LA CURVATURA RADICULAR EN MOLARES PERMANENTES

RESUMEN: Objetivo: Desarrollar un protocolo estandarizado para la medición del radio y ángulo de la curvatura radicular en CBCT, y describir las características del radio y ángulo de la curvatura radicular en molares permanentes en pacientes que asisten a las clínicas de UNICOC. **Métodos:** Se realizó un estudio observacional descriptivo en 156 raíces de primeros y segundos molares permanentes obtenidos a partir de 21 tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) de la base de datos de las clínicas de UNICOC, Se utilizó el software 3D CS, para la observación y mediciones de ángulo radicular según el método Schneider y la medición del radio radicular según el método de Estrela. **Resultados:** El primer molar superior izquierdo fue el diente mayormente evaluado (25%), las raíces relacionadas con el primer molar superior (MV,MD,y P) fueron predominantes en el estudio, representando cada una el 8,33% de las mediciones, el ángulo promedio de la curvatura radicular fue de 18,5° indicando curvaturas moderadas para la muestra, a su vez, el promedio de la medición del radio fue de 15.34 mm indicando radios leves. **Conclusiones:** El ángulo y radio de la curvatura radicular pueden ser medidos bajo el protocolo de medición propuesto sin mayores diferencias entre observadores entrenados, permitiendo una visualización certera de la anatomía original dental. Adicionalmente se observa que por cada grado que aumenta en el ángulo de

curvatura radicular, el valor del radio disminuye 0.19 mm demostrando una relación lineal entre los conceptos.

PALABRAS CLAVE: Endodoncia, curvatura, radio, ángulo, molar, tomografía computarizada de haz cónico.

TOMOGRAPHIC DETERMINATION OF THE RADIUS AND ANGLE OF ROOT CURVATURE IN PERMANENT MOLARS

ABSTRACT: Objective: To develop a standardized protocol for the measurement of the radio and angle of root curvature in CBCT, and to describe the characteristics of the radio and angle of root curvature in permanent molars in patients attending UNICOC clinics. **Methods:** A descriptive observational study in 156 roots of first and second permanent molars obtained from 21 cone beam computed tomography (CBCT) scans from the database of the UNICOC clinics. 3D CS software was used for the observation and measurement of root angle according to the Schneider method and the measurement of root radio according to the Estrela method. **Results:** The upper left first molar was the tooth most frequently evaluated (25%), the roots related to the upper first molar (MV,MD,and P) were predominant in the study, each representing 8.33% of the measurements, the average root curvature angle was 18.5° indicating moderate curvatures for the sample, in turn, the average radio measurement was 15.34 mm indicating mild radio. **Conclusions:** The angle and radio of root curvature can be measured under the proposed measurement protocol without major differences between trained observers, allowing an accurate visualization of the original dental anatomy. Additionally, it is observed that for each degree that the angle of root curvature increases, the value of the radios decreases 0.19 mm, demonstrating a linear relationship between the concepts.

KEY WORDS: Endodontics, curvature, radio, angle, molar, Cone-Beam computed tomography.

INTRODUCCIÓN

La terapia endodóntica tiene como objetivo mantener la salud de los tejidos periapicales mediante la eliminación químico mecánica del tejido orgánico y necrótico y los microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares (1). La alta variabilidad morfológica de la estructura dentaria requiere el conocimiento de esta para poder desarrollar adecuadamente los procedimientos endodónticos con resultados satisfactorios (2). En este sentido, la identificación del grado de curvatura radicular, definida como la desviación de la relación lineal entre la corona y la raíz (3), proporcionará una herramienta precisa para la selección de instrumentos y técnicas de preparación (1), evitando la ocurrencia de errores intraoperatorios (4,5). Las características de la curvatura tienen impacto en la transportación apical, así como en el ciclo de falla y posterior fractura de las limas rotatorias de NiTi (6)

Tradicionalmente, el análisis del grado de curvatura radicular ha sido realizado a través de la obtención de dos características geométricas: El ángulo y el radio. El ángulo se define como el resultado de la formación dental que produce una desviación o curvatura en la relación lineal de la corona y la raíz, medida en grados (3), a su vez, el radio de la curvatura (en milímetros) es el radio de un círculo en la zona más abrupta de la curvatura que coincide con el recorrido del conducto (7). Por lo que una asociación entre estos dos conceptos permitiría considerar el grado de dificultad del tratamiento importante para determinar el resultado de la instrumentación (1).

Para la obtención del ángulo de la curvatura, Schneider et al. (8) clasificaron los conductos en función del grado de la curvatura radicular, determinando un protocolo de medición en imágenes periapicales, a partir del ángulo formado por una línea paralela al eje del conducto y otra línea que pasa por el foramen apical (9). Varios métodos han surgido y se han desvanecido, pero el método de Schneider sigue siendo el método comúnmente adoptado por los endodoncistas de todo el mundo como base para determinar las curvaturas de los conductos radiculares (8).

Por su parte, el concepto radio de la curvatura fue propuesto por Pruett et al.(7) determinando un punto de unión en las líneas del eje de la porción coronal y apical del conducto, que permite la ocurrencia del eje de un círculo cuyo radio indicará el grado de la curvatura del conducto radicular (7).

En consideración a la curvatura radicular, estudios transversales han utilizado los métodos anteriormente descritos con el fin de conocer las características anatómicas para los diversos tipos de dientes. Por su parte, Schäfer et al(10) determinó en dientes permanentes humanos, la frecuencia del ángulo y radio de la curvatura, observando que el 65% de los dientes evaluados mostraban un ángulo $< 27^\circ$ con radios menores a 40 mm, el 13% mostraba ángulos entre 27° y 35° con radios no superiores a 15 mm, y el 9% de todos los conductos tenían curvas $>35^\circ$ con un radio mayor de 13 mm, así también indica que un mismo ángulo en grados por el método de Schneider podría tener diferentes radios de las curvaturas, evidenciando condiciones anatómicas diferentes con varios niveles de complejidad

que deben ser evaluados en pro de garantizar una adecuada de la instrumentación endodóntica (1).

Al respecto, errores como la separación de instrumentos, el transporte apical, la perforación y la pérdida de la longitud original del conducto radicular, provocan el debilitamiento de la estructura radicular (11), situación íntimamente relacionada con la compleja anatomía de molares maxilares y mandibulares, los cuales reportan mayor prevalencia de accidentes intraoperatorios (5,8), determinando un desafío clínico importante para el desarrollo de los tratamientos endodónticos exitosos.

En los último años, la alta incidencia reportada de fracturas verticales sugiere reconsiderar conceptos y técnicas tradicionalmente difundidas con el fin de mantener la integridad estructural dental bajo el concepto de endodoncia mínimamente invasiva (12), en el cual se indica una menor cantidad de cambios dimensionales en los tejidos duros dentales durante la cavidad de acceso y preparación del conducto radicular(12), efecto que se traducirá en mejores propiedades mecánicas del diente tratado endodónticamente, aumentando las tasas de supervivencia a largo plazo (11); Sin embargo, cavidades de acceso limitadas podrían también, aumentar la incidencia de errores intraoperatorios impactando desfavorablemente el desempeño de los instrumentos y que en conjunto con valores aumentados de curvatura radicular, podrían generar una mayor aparición de errores intraoperatorios no deseados afectando así el pronóstico integral de los dientes (12).

Es preciso indicar que la observación de imágenes bidimensionales en endodoncia es el método diagnóstico de primera elección; Sin embargo, sus limitaciones en la observación de la compleja anatomía radicular han sido difundidas (13). Con la aparición de la tomografía de haz de cono (CBCT) a finales de los años 90, la observación tridimensional permitió un mejor conocimiento de las condiciones anatómicas o patológicas con alta especificidad y sensibilidad (10,13), demostrando una mayor precisión en la obtención precisa de mediciones lineales con respecto a la realidad (10,14) de tal manera que diferentes protocolos de análisis utilizados anteriormente bajo la observación de imágenes bidimensionales han sido modificados con el fin de apropiar los beneficios de la imagen tridimensional(13); Al respecto, *Estrela 2008* describe un nuevo método para determinar el radio mediante CBCT (15), presentando un protocolo predecible, reproducible y fácil de realizar, sin embargo estudios en que evalúen ángulo y radio de la curvatura radicular bajo la observación de imágenes de CBCT en nuestra población no han sido desarrollados a la fecha, por lo que sus resultados deben ser tomados cuidadosamente al trasladarse en nuestro entorno clínico.

Con estos antecedentes, el objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar un protocolo estandarizado para la medición del radio y ángulo de la curvatura radicular dental en CBCT, y describir las características del radio y ángulo de la curvatura radicular en molares permanentes de los pacientes que asisten a las clínicas de la Institución Universitaria Colegios de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio y Selección de la muestra:

Estudio observacional descriptivo desarrollado bajo el cumplimiento de los estándares éticos de investigación, aprobado por La Institución Universitaria Colegios De Colombia. Un total de 156 raíces pertenecientes a 60 molares de los cuales 29 eran primeros molares superiores e inferiores y 31 segundos molares superiores e inferiores observadas en 21 imágenes tomográficas que fueron obtenidas de historias clínicas institucionales, las cuales fueron indicadas por consideraciones clínicas ajenas a esta investigación.

Aquellas imágenes de tomografía de haz de cono disponibles de primeros y segundos molares permanentes con formación radicular completa con archivos DICOM disponibles, con tamaño de vóxel entre 90µm y 200µm y cuyo campo de visión (FOV) no superara 5x 5 cm, fueron incluidas. Las observaciones tomográficas que indicaran trastornos del desarrollo dental o alteraciones de la forma original del conducto radicular, presencia de materiales intraconducto o signos de resorción radicular interna o externa fueron excluidos.

Muestreo:

Se realizó un muestreo por conveniencia para seleccionar las imágenes. Este método de muestreo aseguró la identificación de diferentes anatomías radiculares. Para la visualización de las imágenes tomográficas, el software 3D CS, versión 3.5.15 (Carestream Health®, Rochester, NY), fue utilizado. Las imágenes

seleccionadas se anonimizaron utilizando códigos para garantizar la confidencialidad del paciente durante todo el estudio.

Protocolo estandarizado de Medición:

Observadores: Un endodoncista, entrenado y con formación en la observación de imágenes diagnósticas en endodoncia (Exp) y dos investigadores ciegos con conocimientos en endodoncia (Obs1, Obs2) realizaron las observaciones bajo condiciones estandarizadas de luz y resolución de pantallas. El endodoncista (Exp), adicionalmente realizó entrenamientos dirigidos a los observadores ciegos para desarrollar adecuadamente los protocolos de medición. Para la estandarización se utilizaron 12 exámenes tomográficos pertenecientes a 30 raíces de molares superiores e inferiores, las mediciones se realizaron en 3 etapas cada una de a 10 mediciones.

Método de Observación:

Sobre la pestaña corte oblicuo, bajo un panel de integración ajustado a la más alta resolución que permitió cada examen tomográfico (76- 200 μ m), bajo el análisis del formato multiplanar (MPR) se ajustaron los planos de observación según la inclinación radicular. Permitiendo, lograr en cada corte la mejor observación del ángulo y radio de la curvatura radicular. Bajo la utilización de la herramienta modo

medición y modo ángulo se realizó el procedimiento para obtención del ángulo Schneider y radio de la curvatura según Estrella de la siguiente forma:

Medición del ángulo de la curvatura Schneider:

La adquisición de la curvatura se trazó según el protocolo indicado por Schneider (8) (Figura 1). Las curvaturas con valores menores a 5° se denominaron rectas, de 5° a 10° leves, moderadas de 10° a 20° y severas mayores a $25-70^{\circ}$.

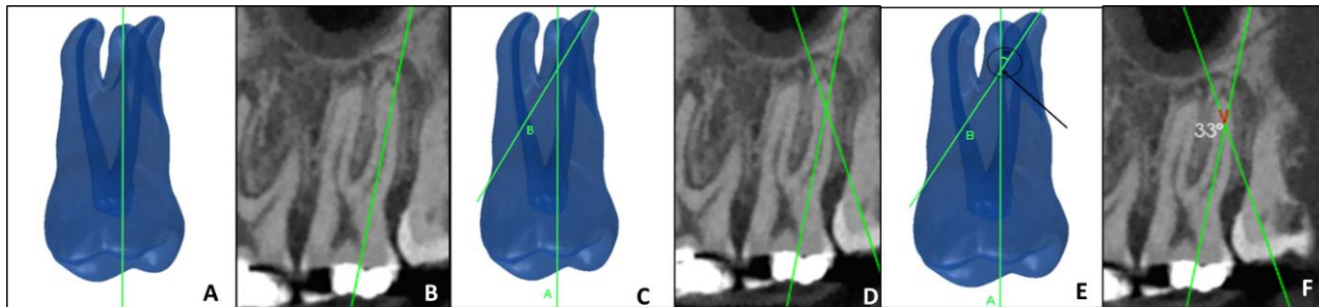


Figura 1. Secuencia para la adquisición del ángulo de la curvatura radicular según Schneider en CBCT. Inicialmente se traza una primera línea A recta desde coronal hasta apical con respecto al eje dental (A, B). Posteriormente, una segunda línea B se pasa por el ápice hasta intersectarse con la primera línea en el punto donde comienza la curvatura siguiendo la inclinación radicular (C, D). Bajo la herramienta medición modo ángulo se traza la convergencia de dichas líneas y se obtiene el valor en grados (E, F).

Medición del radio de la curvatura Estrela:

La adquisición del radio se trazó según el protocolo indicado por Estrela *et al.* (15) (Figura 2). El radio de curvatura de la raíz se clasifica; para radio pequeño (≤ 4 mm) curvaturas severas, mientras que el radio intermedio ($>4 - \leq 8$) va a ser moderado, y el gran radio (> 8 mm) va a ser leve.

Almacenamiento de Datos

Los valores obtenidos tanto para ángulo y radio de la curvatura, fueron dispuestos en un archivo de Microsoft Excel Office 365 (Microsoft Office, Loma Linda, EU) diseñado para la investigación e integrados y custodiados por un investigador ajeno al proceso de medición hasta su posterior análisis.

Análisis Estadístico:

Para determinar la estandarización de los protocolos de medición propuestos, se estimaron los coeficientes de correlación concordancia de Lin y límites de acuerdo de *Bland y Altman*. Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo univariado, seguido de un análisis de correlación ángulo Vs radio en la que una correlación de Spearman fue utilizada. Los análisis se realizaron utilizando el sistema R versión 4.2.1 3 (R Core Team, 2020).

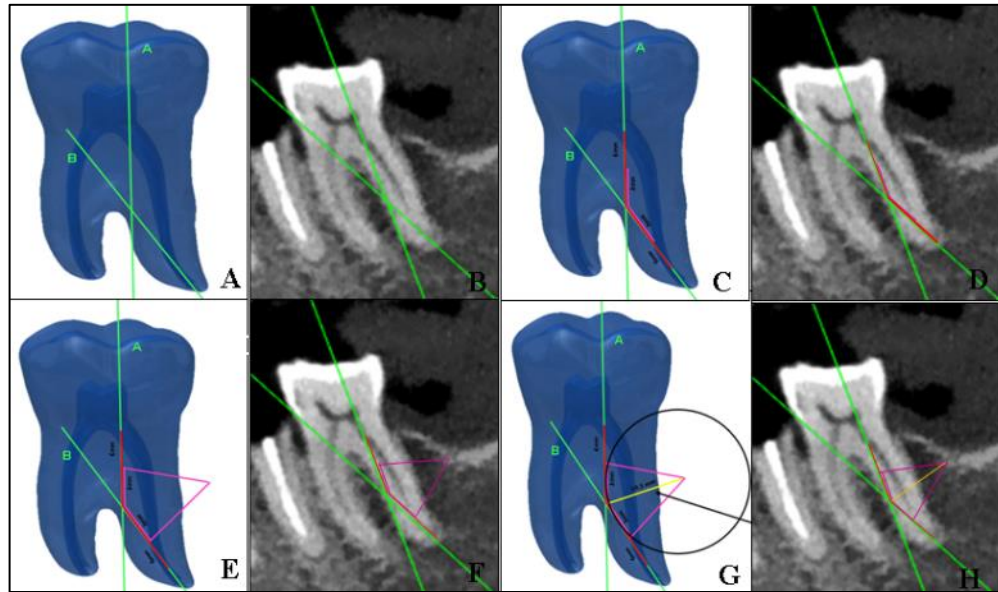


Figura 2. Secuencia para la adquisición del radio de la curvatura radicular según Estrela en reconstrucción volumétrica en CBCT. Se traza una línea recta A desde coronal hasta apical paralela al eje dental y una segunda línea B que pasa por el foramen apical hasta intersectarse con la primera línea (A,B). Se trazan dos líneas semirrectas de 6 mm superpuestas al conducto radicular. La primera línea representa la continuidad apical desde la curvatura y la segunda línea a los tercios medio y cervical (C, D). A partir de estos puntos se trazan dos líneas perpendiculares a las líneas semirrectas hasta encontrarse en un punto central que se denomina circuncentro (E, F) El radio de la curvatura está definido por la distancia entre el punto medio de las líneas semirrectas y el circuncentro (G, H).

RESULTADOS

Durante el proceso de recolección de la muestra, se realizaron un total de 156 mediciones tanto para ángulo como para radio de la curvatura radicular, pertenecientes a 60 molares de los cuales 29 eran primeros y segundos molares superiores y 31 primeros y segundos molares inferiores todos estos observables en 21 tomografías.

ESTANDARIZACIÓN PROTOCOLOS DE MEDICIÓN

Estandarización Ángulo de la curvatura radicular

Los valores de Rho de Lin sugieren una concordancia casi perfecta luego de haber ajustado por el efecto del sesgo. Los valores de C_b (factor de corrección de sesgo) son cercanos a 1, lo que da más apoyo a la coincidencia entre los diferentes evaluadores (Tabla1). Adicionalmente los valores de acuerdo de Bland y Altman presentados a continuación muestran que la mayor calidad del acuerdo está entre Obs2 y Exp; adicionalmente puede verse que no hay puntos discordantes extremos ni patrones de discordancia a lo largo del trayecto de la escala de medición (Figura3).

Tabla 1. Concordancia de Lin para ángulo radicular

	Rho Lin	IC 95%	C_b
Obs.1 – Obs.2	0.989	0.985 a 0.992	0.998
Obs.1 – Experto	0.972	0.962 a 0.979	0.994
Obs.2 – Experto	0.971	0.960 a 0.978	0.999

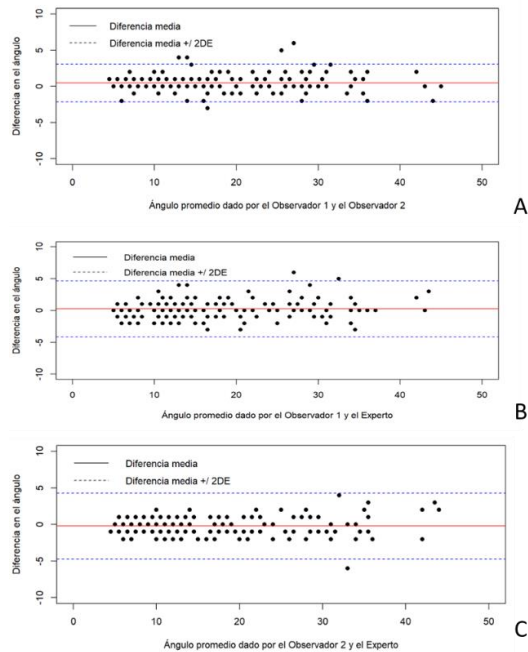


Figura 3. Valores de Acuerdo Bland y Altman. A. Diferencias entre observador 1 y 2. B. Diferencias entre observador 1 y Exp. C. Diferencias entre observador 2 y Exp.

Estandarización Radio de la curvatura radicular

Para la medición del radio de la curvatura, los valores de Rho de Lin sugieren una concordancia casi perfecta luego de haber ajustado por el efecto del sesgo (Tabla 2).

Tabla 2. Concordancia de Lin para radio de la curvatura radicular

	Rho lin	IC 95%	C_b
Obs.1 – obs.2	0.971	0.960 a 0.978	0.999
Obs.1 - experto	0.962	0.949 a 0.972	0.999
Obs.2 - experto	0.984	0.979 a 0.988	0.999

Los gráficos de bondad de Acuerdo de Bland y Altman presentados a continuación no muestran hallazgos particulares. El protocolo para la medición del radio evidencia excelentes patrones de correlación y concordancia entre todas las parejas de observadores (Figura 4).

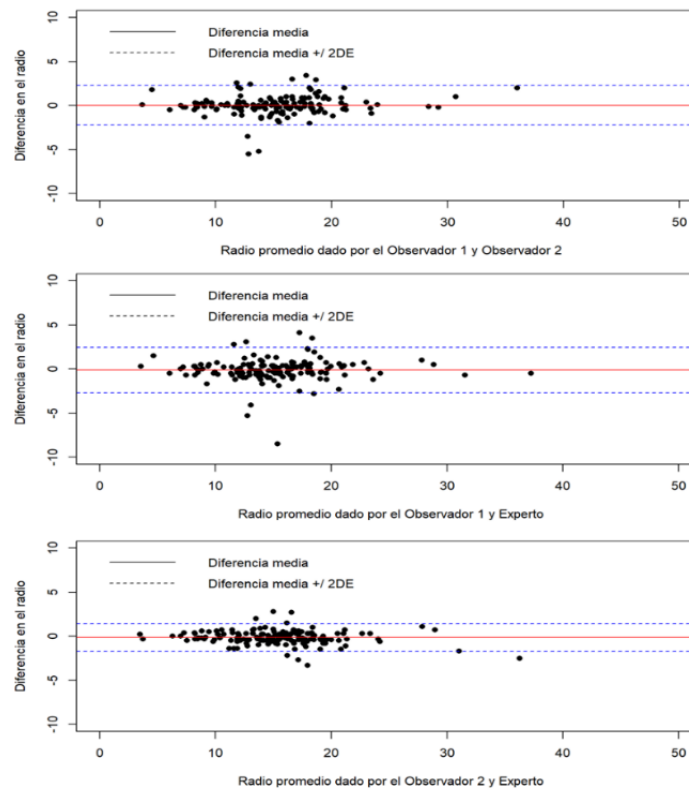


Figura 4. Valores de Acuerdo Bland y Altman. A. Diferencias entre obs1 y 2. B. Diferencias entre Obs 1 y Exp. C. Diferencias entre Obs 2 y Exp.

Análisis Descriptivo Univariado

Tipo de diente

Respecto al tipo de diente evaluado, se obtuvo que, para la muestra seleccionada, el primer molar superior izquierdo, fue el diente mayormente evaluado representando el 25% de las mediciones realizadas (Figura 5). En general los

molares superiores presentaron una mayor frecuencia que los inferiores en la muestra seleccionada. La tabla 3, indica la frecuencia de dientes analizados

Tabla 3. Frecuencia de los molares analizados en la muestra seleccionada.

Tipo de diente	n	%
16	26	16.67
17	20	12.82
26	39	25.00
27	29	18.59
36	6	3.85
37	16	10.26
46	8	5.13
47	12	7.69
TOTAL	156	100

Tipo de Raíz

Respecto al tipo de raíz evaluada, se encontró que las raíces relacionadas con el molar superior (MV, DV y P) fueron predominantes representando cada una el 8,33% de las mediciones dada la alta frecuencia de este molar en la distribución de la muestra (Tabla 4). La figura 5B presenta la distribución de dichas raíces según el tipo de diente analizado.

Ángulo de la curvatura Radicular

Para el análisis de la curvatura radicular se observa una distribución de los datos variable. Como valor mínimo se encuentra un valor de 5° (curvatura leve), un máximo de 43° (curvatura Severa) y una media de 18.35° indicando curvaturas moderadas para la muestra (Figura 6). Los valores por tipo de diente pueden observarse en la tabla 5.

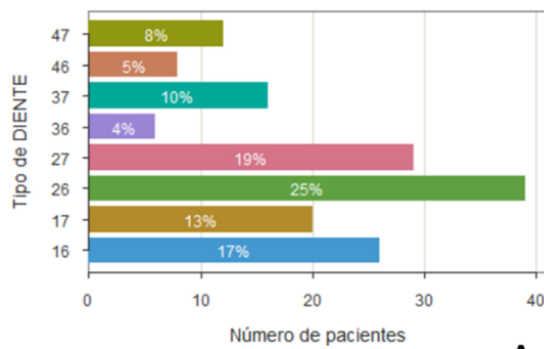
Radio de la curvatura Radicular

Para el análisis de del radio de la curvatura se observa una distribución de los datos variable. Como valor mínimo se encuentra un valor de 3.40 mm (curvatura Severa), un máximo de 37,5 mm (curvatura leve) y una media de 15.34 mm indicando curvaturas leves para la muestra (Figura 6). Los valores por tipo de diente pueden observarse en la tabla 5.

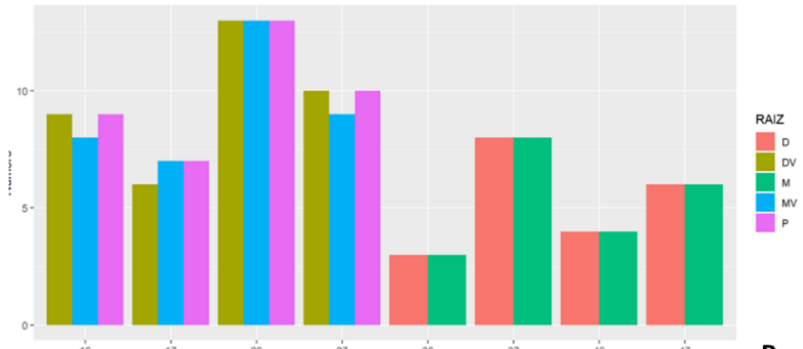
Tabla 4. Frecuencia de los molares analizados en la muestra seleccionada

		Diente								
		16	17	26	27	36	37	46	47	Total
Raíz	D	-	-	-	-	3	8	4	6	21
	DV	9	6	13	10	-	-	-	-	38
	M	-	-	-	-	3	8	4	6	21

MV	8	7	13	9	-	-	-	-	37
P	9	7	13	10	-	-	-	-	39
Total	26	20	39	29	6	16	8	12	156



A



B

Figura 5. Distribución de la muestra. A. distribución de la muestra según el tipo de diente. B Distribución de la muestra por tipo de raíz.

Tabla 5. Promedio de valores por tipo de diente

Diente	Promedio	
	Ángulo	Radio
16	17,92081448	15,22345679
17	16,98753894	15,27333333
26	17,63690476	17,56764706
27	16,91836735	17,47105263
36	17,64186047	17,44878049

37	18,3872679	17,04583333
46	19,47540984	14,52
47	17,38076923	17,57272727

Análisis de correlación entre evaluadores utilizando diferentes escalas de medición (Ángulo de Schneider vs. Radio de Estrela):

El coeficiente de correlación de Pearson (-0.394) y el modelo de regresión lineal con un coeficiente de -0.19, ($p = 0.020$). Indica que por cada grado que aumenta el valor para el ángulo, el radio disminuye en 0.19 unidades (Figura 7)

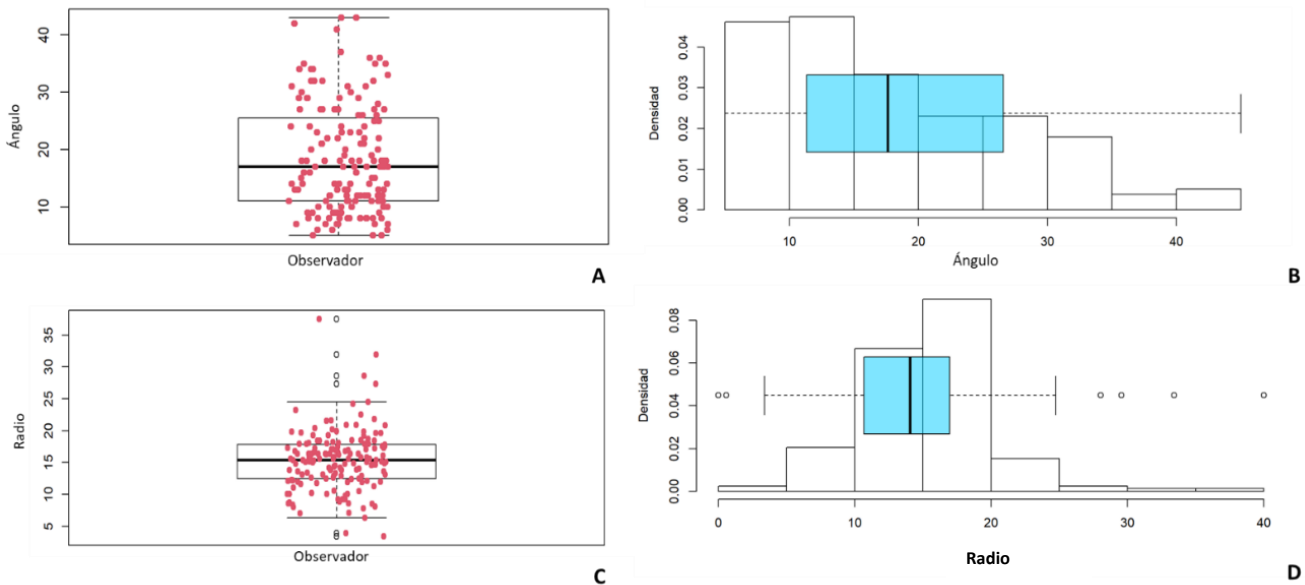


Figura 6. Distribución de los datos para ángulo y curvatura radicular. A- B.
Distribución de las mediciones para el ángulo para el observador experto C- D
Distribución de las mediciones para radio de la curvatura por el observador experto.

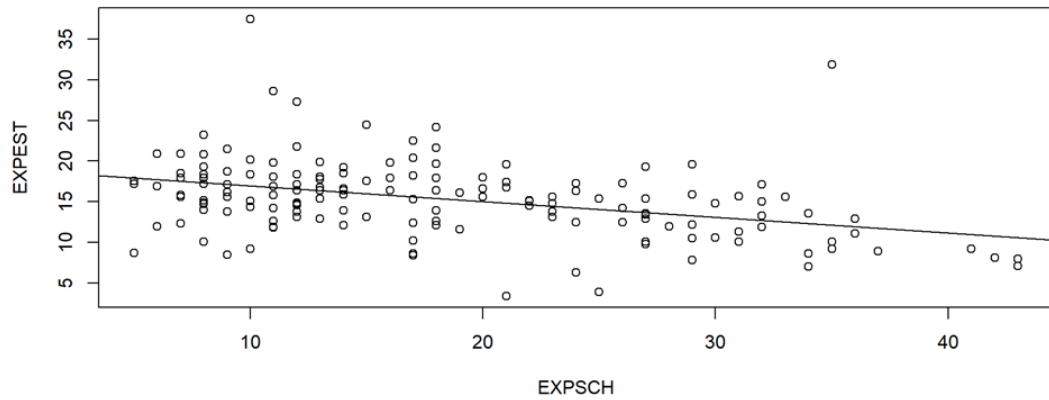


Figura 7. Análisis coeficiente de correlación de Pearson y el modelo de regresión
lineal observador experto

DISCUSIÓN

La preparación biomecánica exitosa del conducto radicular requiere del análisis de la curvatura del conducto radicular, ya que dicha característica podría afectar el apropiado abordaje en búsqueda del proceso de desinfección biomecánica(2), el propósito de este estudio fue desarrollar un protocolo estandarizado para la medición del radio y ángulo de la curvatura radicular dental en CBCT, y describir las características del radio y ángulo de la curvatura radicular en molares permanentes de los pacientes que asisten a las clínicas de Unicoc.

Durante el desarrollo, se realizaron un total de 156 mediciones tanto para ángulo como para radio de la curvatura radicular, pertenecientes a 60 primeros y segundos molares observables en 21 tomografías de haz cónico.

En endodoncia, la interpretación de imágenes es una herramienta fundamental en el desarrollo integral del procedimiento endodóntico, la aplicación de los protocolos de observación del ángulo y radio de la curvatura radicular bajo la observación de imágenes tomográficas describió la metodología para definir el entrenamiento, la estandarización y el grado de acuerdo entre observadores ciegos, herramienta que podrían mejorar la validez interna en estudios en endodoncia cuyo objeto estudio es también el análisis de la curvatura radicular (7). Los resultados de este estudio presentan una concordancia casi perfecta tanto para protocolo del ángulo como radio de la curvatura radicular, presentando un método reproducible de posible utilidad para futuros estudios.

Aunque la literatura menciona que gracias al difundido uso de las imágenes CBCT en endodoncia y específicamente en la observación de variaciones morfológicas y el estudio de la curvatura radicular que permiten datos más exactos y precisos (13–18), las observaciones para los métodos objeto de estudio no han sido evaluados. Hasta el momento en la literatura no se observan estudios estandarizados en los que se realice la observación mediante CBCT y la medición de ángulo y radio de la curvatura teniendo en cuenta los métodos de Schneider y Estrela en simultáneo. Sin embargo, la observación de los valores obtenidos bajo el análisis de imágenes bidimensionales, indican resultados variados.

Para ángulo de la curvatura Sadeghi *et al* (4) midieron en radiografías periapicales el ángulo radicular de 135 molares mandibulares humanos permanentes posterior a su extracción, sus resultados demostraron que la media en cuanto a su medición fue de 19.5°. Dichos resultados fueron semejantes a los reportados en este trabajo, donde la media posee un valor de 18.35°, situación que podría corresponder a diferencias en raza y género específicas de la población objeto de estudio. Fuentes *et al* en 2015 demostraron que en 70 observaciones tomográficas de 126 premolares mandibulares se encontraron en un 65% curvaturas radiculares, con un ángulo promedio de 13.9° comparado con 13.1° en este estudio, sugiriendo que es importante señalar que, en ambos casos, dicha media angular está asociada a dientes rectos (19). En el caso de Chávez, cuando utilizó la técnica de Schneider para estudiar el ángulo de curvatura radicular, presentó resultados para curvaturas radiculares mesiales, 26% moderado y 74% severo, sin muestras que presentaran

ángulos de clasificación leves, por otro lado, las raíces distales se clasificaron como leves un 2%, moderadas 32% y severas 66% (20).

Estrela et al.(15) con su método realizó mediciones del radio de la curvatura radicular en 1.200 raíces de molares permanentes maxilares y mandibulares; determinando una mayor frecuencia de radios grandes, curvaturas leves a moderadas en comparación con las otras categorías al igual que en el presente estudio. En comparación Schäfer (10), utilizó un enfoque radiográfico para medir los ángulos y los radios de las curvaturas y la longitud de la curva tanto en una vista vestibular como proximal, a partir de 700 dientes seleccionados al azar, determinando que, de los 1163 conductos radiculares examinados,980(84%) eran curvos y el 65% mostraba un ángulo $< 27^\circ$ con radios < 40 mm. El 13% mostraba ángulos entre 27° y 35° con radios no superiores a 15 mm, y el 9% de todos los conductos que se investigaron tenían curvas $> 35^\circ$ con un radio mayor de 13 mm. El mayor ángulo de todos los dientes fue de 75° con un radio de 2 mm. resultados similares a los obtenidos en este trabajo. Por su parte Balseca et al determinaron la curvatura radicular mediante la medición del grado del ángulo y radio en conductos mesovestibulares de primeros molares superiores, en 50 radiografías periapicales, presentando una clasificación severa del 2%, 34% moderada y 64% leve(21).

Finalmente, el análisis de la correlación ángulo y radio de la curvatura radicular, evidenció un coeficiente de correlación de Pearson (-0.394) y el modelo de regresión lineal con un coeficiente de -0.19, ($p = 0.020$). En comparación Schäfer (10), en su estudio, utilizó un enfoque radiográfico mientras que para Estrela (15), la correlación

entre el grado y el radio de curvatura del conducto radicular no fue consistente, indicando ninguna relación entre los valores de radio y ángulo de la curvatura. Sin embargo, los resultados de nuestra investigación demuestran que el ángulo de la curvatura y especialmente el radio son parámetros importantes que determinan el propósito de la preparación biomecánica del conducto radicular y están íntimamente relacionados (18).

Aunque existe una ausencia de consenso sobre el método ideal para lograr este objetivo, es de gran importancia dar a conocer que algunos métodos sean más adecuados para el uso clínico. Es probable que factores como la preferencia del operador, la practicidad y la facilidad de uso, la morfología del conducto radicular (p. ej., presencia de curvas en "forma de S"), así como el acceso a las diversas técnicas de imagen y software de imagen, influyan en la elección de técnica para medir la curvatura del conducto radicular (6). Teniendo esto en cuenta, los métodos utilizados en este estudio han sido elegidos por ser sencillos y fácilmente reproducibles, ya que han sido ampliamente utilizados en estudios previos, que establecen su fiabilidad.

Es importante resaltar que, para los resultados obtenidos, las diferencias podrían radicar en el tamaño de la muestra empleado y las características de la población estudiada, sin embargo, en el protocolo de medición y los valores de estandarización, pueden ser el punto de partida para clínicos e investigadores como un método imprescindible para el diseño y evaluación de estudios clínicos futuros en endodoncia donde se incluyan terceros molares y/o la medición de la curvatura radicular teniendo en cuenta ángulo y radio en sentido vestibulo-lingual.

CONCLUSIONES

El ángulo y radio de la curvatura radicular pueden ser medidos bajo la observación tomográfica bajo el protocolo de medición propuesto sin mayores diferencias entre observadores entrenados, permitiendo una visualización certera de la anatomía original dental. El ángulo de la curvatura para primeros y segundos molares se relaciona en promedio con curvaturas moderadas, mientras que el radio de la curvatura relaciona curvaturas leves demostrando que los métodos propuestos evalúan características geométricas diferentes y que por lo tanto deben ser tomadas en cuenta para un adecuado desarrollo clínico y que en conjunto determinarían la complejidad del procedimiento. Adicionalmente se observa que por cada grado que aumenta en el ángulo de curvatura radicular, el valor del radio disminuye 0.19 mm demostrando una relación lineal entre los conceptos.

LIMITACIONES

Durante el desarrollo de este trabajo existieron dificultades en la adquisición de la muestra, en las características de adquisición de las imágenes tomográficas: vóxel, campo de visión, y disponibilidad de archivos DICOM impidió la selección de una muestra más representativa.

REFERENCIAS

1. Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access angle in curved canals. *J Endod.* 2005;31(11):796–8.
2. Al-Qudah AA, Awawdeh LA. Root and canal morphology of mandibular first and second molar teeth in a jordanian population. *Int Endod J.* 2009;42(9):775–84.
3. Çolak H, Bayraktar Y, Hamidi MM, Tan E, Çolak T. Prevalence of root dilacerations in central anatolian Turkish dental patients. *West Indian Med J.* 2012;61(6).
4. Sadeghi S, Poryousef V. A novel approach in assessment of root canal curvature. *Iran Endod J.* 2009;4(4):131–4.
5. Anous W, Al-Ashry S, Ali M, Kataia M. Effect of different kinematic cutting motion in multiple versus single-file concept on dentinal crack formation: An in vitro study. *J Int Oral Heal.* 2020;12(7):S30–40.
6. Hartmann RC, Fensterseifer M, Peters OA, de Figueiredo JAP, Gomes MS, Rossi-Fedele G. Methods for measurement of root canal curvature: a systematic and critical review. *Int Endod J.* 2019;52(2):169–80.
7. Pruett, John P.; Clement, David J.; Carnes DL. SCIENTIFIC ARTICLES Cyclic Fatigue Testing of Nickel-Titanium Endodontic Instruments. 1997;23(2):77–85.

8. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1971;32(2):271–5.
9. Manjunatha D, Malur M, Chandra A. Schneider Angle Along With Curvature Height and Distance-a New Paradigm Inthe Measurement of Root Canal Curvature and Its Comparison With Canal Access Angle. 2017;(October).
10. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod.* 2002;28(3):211–6.
11. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* 1975;1(8):255–62.
12. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and Reducing Risks for Potential Fractures in Endodontically Treated Teeth. *J Endod.* 2010;36(4):609–17.
13. Patel S, Dawood A, Pitt Ford T, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J.* 2007;40(10):818–30.
14. Willershausen B, Kasaj A, Tekyatan H, Roehrig B, Briseno B. Radiographic Investigation of Location and Angulation of Curvatures in Human Maxillary Incisors. *J Endod.* 2008;34(9):1052–6.
15. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J.* 2008;19(2):114–8.
16. Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly RD, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in Endodontics – a review of the literature. *Int Endod J.*

2019;52(8):1138–52.

17. Llena C, Fernandez J, Ortolani PS, Forner L. Cone-beam computed tomography analysis of root and canal morphology of mandibular premolars in a Spanish population. *Imaging Sci Dent*. 2014;44(3):221–7.
18. Abesi F, Ehsani M. Radiographic evaluation of maxillary anterior teeth canal curvatures in an Iranian population. *Iran Endod J*. 2011;6(1):25–8.
19. Fuentes R, Arias A, Navarro P, Ottone N, Bucchi C. Morfometría de Premolares Mandibulares en Radiografías Panorámicas Digitales; Análisis de Curvaturas Radiculares Morphometric Study of Mandibular Premolars in Panoramic Digital Radiographs; Analysis of Root Curvatures. *Int J Morphol*. 2015;33(2):476–82.
20. Chavez, Roddy; Guaman, Veronica; Quisiguiña, Sandra; Gavilanes, Natalia; Sigcho C. Analisis de la curvatura radicular para definir tratamiento endodontico de molares inferiores. 2019;5:749–73.
21. Burbano Balseca MJ, Cortés Naranjo DG, Carrillo Rengifo KJ, Espinosa Torres EE. Evaluación radiográfica del grado y radio de curvatura en conductos mesio vestibulares de primeros molares superiores. *Odontol (Habana)*. 2017;19(1):22–32.