



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Precisión y exactitud de la medición tomográfica y radiográfica del tejido periapical. Un Análisis de concordancia

Ángela Viviana Caicedo Rosero

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Odontología

Bogotá, Colombia

2016

Precisión y exactitud de la medición tomográfica y radiográfica del tejido periapical. Un Análisis de concordancia

Angela Viviana Caicedo Rosero

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Endodoncia

Directora:

Mg. Hania Gicella Camargo Huertas

Codirector:

Mg. Mauricio Rodríguez Godoy

Línea de Investigación:

Pronostico en endodoncia

Grupo de Investigación:

INVENDO

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de odontología

Bogotá, Colombia

2016

A mis padres y hermano, por su incondicional apoyo y amor.

Agradecimientos

Mi gratitud a la Universidad Nacional de Colombia, a todas las personas que me acompañaron en este proceso de formación académica, a mis docentes y compañeros del posgrado de Endodoncia de la Universidad Nacional de Colombia.

Gracias a la doctora Hannia Gicella Camargo Huertas, directora del presente trabajo de investigación por su valioso aporte, tiempo y dedicación, al doctor Mauricio Rodríguez Godoy, codirector del trabajo, por su participación en el proceso y desarrollo del mismo, a la doctora Claudia Carmiña García Guerrero, por su dedicación y confianza para el logro del presente trabajo, sin su contribución no hubiese sido posible culminar exitosamente este proyecto.

Resumen

Introducción: Se diseñó un estudio de concordancia para estimar el grado de acuerdo de tres observadores enmascarados que fueron entrenados en la observación de imágenes diagnósticas: tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y radiografías bidimensionales digitales, para evaluar el tejido periapical de dientes tratados endodónticamente previo y posterior a un entrenamiento por expertos, los datos se analizaron estadísticamente para identificar el grado de acuerdo interobservador. La variable continua (CBCT) se evaluó con el coeficiente de correlación de Lin y la variable categórica (radiografías) con Kappa. **Objetivo:** Estimar el grado de acuerdo entre tres observadores y la variabilidad interobservador al momento de analizar imágenes tomográficas y radiográficas bidimensionales del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente. **Metodología:** Tres observadores enmascarados analizaron tomografías y radiografías del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente en dos momentos de observación. Un radiólogo experto entrenó a los observadores en la medición de imágenes tomográficas y un endodoncista experto asesoró en el análisis de radiografías del tejido periapical; las observaciones se realizaron en dos momentos, el primero previo al entrenamiento y el segundo momento posterior al entrenamiento de los expertos. **Resultados:** El análisis estadístico permitió estimar el grado de acuerdo entre tres observadores al momento de evaluar el tejido periapical de dientes tratados endodónticamente y evidenció que el entrenamiento impartido por un radiólogo experto permite un mayor grado de acuerdo interobservador en el análisis de imágenes tomográficas del tejido periapical.

Palabras clave: Estadística como Asunto, Investigación Dental, Tomografía computarizada de haz cónico, periodontitis periapical, endodoncia, Imagen Tridimensional, Diagnóstico por Imagen, Precisión de la Medición Dimensional, Tejido Periapical

Abstract

Introduction: A concordance study was designed to estimate the agreement of three blind observers who were trained in observing diagnostic imaging: Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and digital radiography to evaluate the periapical tissue of teeth with endodontic treatment, pre- and post-training experts, data were statistically analyzed to identify the degree interobserver agreement. The continuous variable (CBCT) was evaluated with the correlation coefficient of Lin and categorical variable (radiography) with Kappa. **Objective:** To estimate the degree of agreement between three observer when they analyze CBCT and radiographic images of periapical tissue of teeth with endodontic treatment. **Methodology:** Three blind observers analyze radiographs and CBCT of periapical tissue of teeth treated endodontically in two moments of observation, an expert radiologist trained observers to analyze tomographic images, an expert endodonticist advised in the analysis of the periapical tissue in radiography image, the observations were made in two stages, the first pre-training and second post-training expert. **Results:** statistical analysis allows to estimate the degree of agreement between three observers to assess the periapical tissue of teeth with endodontic treatment and evidence that the training taught by an expert radiologist allows a higher degree of interobserver agreement in analyzing tomographic images of the periapical tissue.

Keywords: Statistics as topic, dental research, Cone-Beam Computed Tomography, Periapical Periodontitis, Endodontics, Imaging, Three-Dimensional, diagnostic imaging, Dimensional Measurement Accuracy, Periapical Tissue

Contenido

	<u>Pág.</u>
Resumen	V
Lista de Gráficos	VIII
Lista de Figuras	IX
Lista de tablas	X
Lista de abreviaturas	XI
Introducción	1
1. Marco teórico	3
2. Diseño metodológico	12
Etapas de la investigación.....	12
2.1 Muestra	12
2.2 Tamaño de muestra.....	12
2.3 Instrumentos de medición	14
2.4 Variables y operacionalización de variables.....	15
2.5 Definición de variables.....	16
2.6 Método de Observación.....	19
3. Resultados	20
3.1 Descripción y distribución de la muestra	20
3.2 Análisis descriptivo para observaciones radiográficas de tipo categórico	21
3.3 Análisis de concordancia para las mediciones tomográficas de tipo continuo	23
3.3.1 Análisis de similitud.....	23
3.3.2 Análisis de concordancia: coeficiente de correlación de Lin para mediciones tomográficas de tipo continuo	24
4. Discusión	32
5. Conclusiones y recomendaciones	36
5.1 Conclusiones	36
5.2 Recomendaciones	36
A. Anexo: Análisis gráfico de similitud entre los observadores	38
Bibliografía	45

Lista de Gráficos

	<u>Pág.</u>
Gráfico 1: Tamaño de muestra de imágenes en CBCT	14
Gráfico 2. Distribución de la muestra	20
Gráfico 3. Distribución de las observaciones por corte (coronal, sagital y axial)	21

Lista de Figuras

	<u>Pág.</u>
Figura 1 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte coronal entre Obs1 y Obs2	27
Figura 2 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte coronal entre Obs2 y Obs3	27
Figura 3 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte coronal entre Obs3 y Obs1	28
Figura 4 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Sagital entre obs1 y Obs2	28
Figura 5 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Sagital entre Obs2 y Obs3	29
Figura 6 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Sagital entre Obs3 y Obs1	29
Figura 7 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Axial entre Obs1 y Obs2	30
Figura 8 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Axial entre Obs2 y Obs3	30
Figura 9 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Axial entre Obs3 y Obs1	31

Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 1. Tamaño de muestra de imágenes radiograficas	13
Tabla 2. Instrumentos de medición.....	15
Tabla 3. Definición de las variables	18
Tabla 4. Calculo del acuerdo mediante Kappa para el primer momento de observación	22
Tabla 5. Calculo del acuerdo mediante Kappa para el segundo momento de observación	22
Tabla 6. Promedio de medición para cada observador en los dos momentos de observación en los tres planos (coronal, sagital y axial)	23
Tabla 7. Coeficiente de correlación de Lin. Corte Coronal.....	24
Tabla 8. Coeficiente de correlación de Lin. Corte Sagital	25
Tabla 9. Coeficiente de correlación de Lin. Corte Axial.....	26

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura Término

<i>CBCT</i>	Tomografía computarizada de haz cónico
<i>FOUN</i>	Facultad de odontología Universidad Nacional de Colombia
<i>FOV</i>	Campo de Visión
MSCT	tomografía computarizada multicorte
Obs	Observador
SEE	La Sociedad Europea de Endodoncia
AAE	Asociación Americana de Endodoncia
AAOMR	Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial

Introducción

El resultado de un tratamiento endodóntico es el producto de una evaluación clínica que determina la presencia o ausencia de signos o síntomas, en asociación con la observación del tejido periapical en condiciones de normalidad o enfermedad, detectada en una imagen diagnóstica.

La alteración patológica del tejido periapical se reconoce como periodontitis apical, término que corresponde a una inflamación crónica local, ocasionada por agentes etiológicos que desarrollan un proceso infeccioso primario o secundario. El proceso inflamatorio generado por la periodontitis apical se acompaña de cambios en la estructura ósea producto de la reabsorción del tejido periapical mineralizado, identificable radiográfica y tomográficamente como una lesión radiolúcida o hipodensa respectivamente (1,2).

La cicatrización del tejido periapical se da por regeneración ósea que se caracteriza por una reducción gradual de la radiolucidez que se observa radiográficamente (3), observar la evolución del tejido periapical post tratamiento, definirá el resultado a mayor tiempo de observación. En este sentido, la cicatrización del tejido periapical es el objetivo último del tratamiento endodóntico, proceso que incluye todos los principios biológicos y moleculares generales propios de los tejidos conjuntivos.

A pesar del reconocimiento de la actividad celular que interviene en el proceso de cicatrización, en la clínica es el análisis de imágenes diagnósticas, lo que certifica los cambios tisulares. La observación de cada imagen, estará directamente influenciada por diferentes factores inherentes a la técnica, a la condición propia de la producción de la imagen, a la estructura anatómica observada y a la interpretación del observador (2).

En endodoncia, las radiografías periapicales, digitales o análogas son el método más utilizado para evaluar la presencia, progresión, regresión o persistencia de la periodontitis apical. Sin embargo, es la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT por su sigla en Inglés), desarrollada por Mozzo et al., a finales de los 70, la prueba actual más sensible para la observación del tejido periapical (4) No obstante, la popularidad de la imagen bidimensional o la exactitud de las imágenes tomográficas, sumado al esfuerzo de los autores por estandarizar el proceso, no logran una evaluación del estatus periapical 100% reproducible, aumentando el sesgo de medición en la investigación en endodoncia, reduciendo la validez interna de los estudios desarrollados (5,6,7)

Para compensar las dificultades ante la subjetividad de la medición, la aplicación de un análisis de concordancia permite medir estadísticamente el nivel de coincidencia, entre los observadores que analizan la imagen (8). Es importante aclarar que un estudio de concordancia puede diseñarse para comparar dos métodos de medición o de diagnóstico, (método de referencia vs método de comparación) (9) o de otro modo puede evaluar la variabilidad de un observador con respecto a sí mismo o con otros observadores, en referencia a un objeto observado (9). Condiciones tales como el entrenamiento, la formación y la capacidad individual de los observadores deben ser tomadas en cuenta. En endodoncia, garantizar precisión y validez a la hora de analizar imágenes y métodos diagnósticos del tejido periapical disminuirá el sesgo en la medición para los estudios clínicos post tratamiento (9, 10).

Para llevar a cabo un análisis de concordancia, la aplicación de pruebas tales como: el índice de Kappa, el índice de kappa ponderado, el Coeficiente de correlación intra-clase y coeficiente de correlación de Lin (9) sirven para analizar estadísticamente la diferencia entre la proporción del acuerdo observado y la proporción del acuerdo esperado por el azar (8). Su aplicación estará condicionada por el tipo de variables y mediciones a analizar. Los resultados de concordancia pueden ser analizados mediante la aplicación de escalas que categorizan la medición que incluyen las de Landis y Koch (11).

Por otro lado para determinar la precisión o exactitud de las mediciones, es indispensable cuantificar la diferencia entre el resultado de una medida y el valor de la misma (valor verdadero, valor real o estándar). A este mecanismo se reconoce como el error de incertidumbre, en mediciones radiológicas este aspecto debe ser tomado en cuenta.

Con este planteamiento y las herramientas teóricas y estadísticas disponibles, se desarrolló un estudio que permitió estimar el grado de acuerdo entre tres observadores al momento de analizar imágenes tomográficas y radiográficas bidimensionales del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente en dos momentos de observación, determinar el grado de acuerdo interobservador, al momento de clasificar imágenes radiográficas bidimensionales digitales del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente en dos momentos de observación: el primero previo y el segundo posterior a la asesoría de un endodoncista experto en observación de imágenes radiográficas y determinar el grado de acuerdo interobservador al momento de realizar mediciones sobre imágenes en CBCT del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente, en dos momentos de observación: el primero previo a un entrenamiento y el segundo momento posterior al entrenamiento impartido por un radiólogo experto.

1. Marco teórico

La periodontitis apical es una inflamación crónica causada por agentes etiológicos que desarrollan un proceso infeccioso primario o secundario. El proceso inflamatorio generado por la periodontitis apical se acompaña de cambios en la estructura ósea producto de la reabsorción del tejido periapical mineralizado, identificable radiográfica y tomográficamente como una lesión radiolúcida o hipodensa respectivamente (1, 2).

El análisis de imágenes diagnósticas, está influenciado por diferentes factores inherentes a la técnica, a la condición propia de la producción de la imagen, a la estructura anatómica observada y a la interpretación del observador (2).

En endodoncia, las lesiones apicales pueden llegar a ser observables mediante una radiografía periapical cuando el proceso de reabsorción ha avanzado, diferentes investigaciones han demostrado que las lesiones de menor tamaño, confinadas dentro del hueso esponjoso no pueden ser detectadas bajo una imagen bidimensional. Para tal efecto se hace necesario que la resorción ósea alcance en promedio un 30 a 50% de pérdida de mineral para ser visible radiográficamente (2). Adicionalmente, la superposición de estructuras anatómicas con mayor o menor grado de densidad, limitan la identificación en forma y tamaño de una imagen tridimensional vista en dos dimensiones (5).

A pesar de esto son las radiografías periapicales, digitales o análogas el método más utilizado para evaluar la presencia, progresión, regresión o persistencia de la periodontitis apical. Actualmente, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) desarrollada por Mozzo et al., a finales de los 70, es considerada como la prueba más sensible para la observación del tejido periapical (4).

Con lo anterior y tomando en cuenta, el carácter tridimensional de la imagen tomográfica, junto a la capacidad de observación sin superposición y a la obtención de un tamaño de imagen 1:1, el CBCT, se reconoce como una herramienta importante al momento de la planificación, diagnóstico y control del tratamiento endodóntico (12).

Para el análisis del tejido periapical, los investigadores han diseñado métodos que clasifican radiográfica y tomográficamente, las lesiones periapicales. Estableciendo categorías, que corresponden al tamaño de la destrucción ósea y su compromiso con las corticales relacionadas.

Los métodos más conocidos son el Índice periapical (PAI), propuesto por Orstavick et al., en 1985 (13), diseñado para su aplicación en imágenes radiográficas periapicales,

representado por una escala ordinal en 5 rangos que clasifica desde la No enfermedad hasta lo que para el autor considera una patología periapical severa.

Este índice publicado inicialmente por Brynolf en 1970 (14) y adaptado en 1986 por Orstavick et al (13), ha permitido a clínicos e investigadores estandarizar en cierto modo la observación del tejido periapical en el campo del diagnóstico y pronóstico en endodoncia.

Con las limitaciones propias de las imágenes bidimensionales y la implementación de la tomografía computarizada de haz cónico (1), en la observación periapical en endodoncia, autores como Estrela et al., en el año 2008 desarrollaron lo que hoy se reconoce como Índice periapical en imágenes tomográficas (CBCT PAI) (5).

Recientemente, Venskutonis *et al.*, en 2015 (15), desarrollaron lo que se conoce como la escala del estatus periapical en endodoncia (PESS), una adaptación del “*complex periapical index*” (COPI), que clasifica; lesiones periapicales y cuantifica la calidad de obturación. Los autores utilizan el índice (ETTI), para dientes tratados endodónticamente analizados mediante una imagen radiográfica y tomográfica (15).

No obstante, la exactitud de las imágenes tomográficas y el esfuerzo de los autores por estandarizar el proceso, no logra una evaluación del estatus periapical 100% reproducible, ya que cada observación, es dependiente de investigadores y expertos, por lo tanto debe ser cuantificada y calificada estadísticamente, para la obtención de resultados objetivos, reproducibles, precisos y exactos, en pro de una evaluación con calidad que disminuya el sesgo de medición en la investigación odontológica y aumente la validez interna de los estudios en endodoncia (5,6).

Por lo tanto, la precisión en la observación del tejido periapical, puede verse afectada por variables dependientes del observador, en referencia a su entrenamiento y formación, lo que comúnmente se ha denominado *error del examinador*. De igual manera el manejo de imágenes diagnósticas, las condiciones de toma y calibración del instrumento de medición, permitirá grados de variabilidad asociados directamente a la validez de la observación (8).

Para compensar las dificultades ante la subjetividad de la medición, la aplicación de un análisis de concordancia permite medir el nivel de coincidencia, al evaluar la calidad y precisión de la observación (8).

Con esto, el desarrollo de un análisis de concordancia está basado en:

1. La comparación de un nuevo método, técnica o instrumento de medición, con otro ya establecido, lo cual permitirá determinar la asociación entre los métodos comparados concluyendo si son iguales o si uno es mejor que otro, confirmando el remplazo del uno por otro. La aplicación de los métodos evaluados debe garantizar condiciones muy similares o mínimas diferencias para asegurar la confiabilidad en los resultados (9).

2. Por otro lado, un análisis de concordancia, puede diseñarse, para evaluar la variabilidad de un observador con respecto de sí mismo y/o el acuerdo entre observadores, en referencia al análisis de un objeto observado. Por lo tanto, mediante el análisis de concordancia es posible determinar la variabilidad de la observación, en relación al entrenamiento, formación y capacidad individual de los observadores. El objetivo, obtener mayor precisión a la hora de realizar una prueba y, por tanto, mayor validez del resultado. Por medio de la concordancia alcanzada, al examinar y clasificar una serie de elementos (pacientes, imágenes diagnósticas, muestras biológicas, etc.) disminuirá el sesgo en la medición (9).

Acorde con el vocabulario internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (3ª edición) (ISO, 2007), comúnmente conocido como VIM (17). Es indispensable definir términos que comprometen el desarrollo de este trabajo:

Concordancia-Consistencia: es el grado en que dos o más observadores, métodos, técnicas u observaciones están de acuerdo sobre el mismo fenómeno observado (16).

Concordancia-Conformidad: es el acuerdo establecido entre una prueba, instrumento o método de elección, contra su equivalente considerada prueba de referencia o “Gold” estándar (9,16,17), generalmente evalúa la validez o el desempeño operativo de una prueba o instrumento, estadística, en referencia a las mediciones realizadas por 1 o 2 observadores.

Precisión: se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor es la precisión. Una medida común de la variabilidad es la desviación estándar de las mediciones y la precisión se puede estimar como una función de ella. Es importante resaltar que la automatización de diferentes pruebas o técnicas puede producir un aumento de la precisión. Esto se debe a que con dicha automatización, lo que logramos es una disminución de los errores manuales o su corrección inmediata (9, 17, 18).

Exactitud: se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido. En términos estadísticos, la exactitud está relacionada con el sesgo de una estimación. Cuanto menor es el sesgo más exacta es una estimación. Cuando se expresa la exactitud de un resultado, se expresa mediante el error absoluto que es la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero. Así pues, una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de la medida (9, 17, 18).

Para llevar a cabo un análisis de concordancia, pruebas estadísticas tales como: el índice de Kappa, el índice de kappa ponderado, el Coeficiente de correlación intra- clase y el coeficiente de correlación de Lin, entre otras (9) permitirán analizar estadísticamente, la diferencia entre la proporción del acuerdo observado y la proporción del acuerdo esperado por el azar (8). Su aplicación estará condicionada al tipo de variables y

mediciones a analizar. Una vez estimado el acuerdo, los resultados serán analizados mediante la aplicación de escalas que categorizan la medición (11).

Por otro lado para determinar la precisión o exactitud de las mediciones, es indispensable cuantificar la diferencia entre el resultado de una medida y el valor de la misma (valor verdadero, valor real o estándar). A este mecanismo se reconoce como el error de incertidumbre, en mediciones radiológicas este aspecto debe ser tomado en cuenta.

Con este planteamiento y las herramientas teóricas y estadísticas disponibles, para el desarrollo de esta investigación se llevará a cabo un estudio de concordancia consistencia mediante observaciones interobservador con el uso de imágenes diagnósticas de tomografía computarizada de haz cónico y de imágenes periapicales bidimensionales en radiografía digital, que analizaran el tejido periapical en relación a la presencia o ausencia de patologías de origen endodóntico (2).

Como se mencionó anteriormente, la enfermedad periapical es una lesión de tipo Inflamatorio, observable mediante imágenes diagnósticas radiográficas o tomográficas, a nivel del periodonto apical. Autores como Friedman et al. (19) o Guttman et al. (20) han definido criterios estrictos que determinan un estado clínico de salud o enfermedad. La presencia de una imagen radiolúcida o hipodensa, indica presencia de microorganismos, responsables de la enfermedad de origen endodóntico (20); La imagen observable en imágenes diagnósticas (23), corresponde a la pérdida del tejido óseo en apical, representada por los cambios en la estructura mineral, que inicia la disminución de la densidad ósea local, hasta incluso comprometer tejidos en zonas de tercio medio y cervical de la raíz para el diente afectado (23). La observación de esta imagen pondrá en evidencia la necesidad de un tratamiento endodóntico para la resolución de la patología.

El resultado posterior a la aplicación del tratamiento indicado por endodoncia, primario, retratamiento o un procedimiento quirúrgico deberá ser observado y cuantificado, a través de imágenes radiográficas.

Es así como la imagen radiográfica y el CBCT se han definido como las mejores herramientas para la identificación de lesiones y la determinación de una cronicidad (24) que se hace evidente como un área radiolúcida bien definida o un cambio en la densidad que puede o no coincidir con el ápice del diente. Estos cambios radiográficos muchas veces pueden o no estar asociados con una lesión periapical, pero los cambios en la imagen son indicadores para un diagnóstico (25).

De acuerdo a esto, se ha incluido a la imagen radiográfica como un determinante en el diagnóstico de las lesiones apicales, para el 2003 la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), definió a la periodontitis periradicular crónica como una inflamación y destrucción del periodonto apical, que aparece como un *área radiolúcida periradicular* y no produce síntomas clínicos. Posteriormente hacia el año 2007 se definió teniendo en cuenta las lesiones que producen una imagen radiolúcida:

- Periodontitis apical sintomática como una inflamación, usualmente del periodonto apical que produce síntomas clínicos que incluyen dolor a la masticación y percusión que puede o no estar asociado a un área radiolúcida apical.
- Periodontitis apical asintomática: inflamación y destrucción del periodonto apical, de origen pulpar que aparece como un área radiolúcida apical que no produce síntomas.

Por otro lado, Gutmann *et al.* en 2009 (25) definió que la lesión más común asociada con un área radiolúcida es la periodontitis apical asintomática, la cual no está métricamente asociada con el tamaño de la radiolucidez ya que puede variar en cada caso; además del absceso apical agudo, en referencia con la imagen radiográfica que puede o no estar asociada, pero sí será evidente un cambio en la imagen del ligamento periodontal.

Actualmente, la tecnología ofrece múltiples alternativas que permiten una observación adecuada de las estructuras dentales, alternativas que incluyen las imágenes en dos dimensiones análogas o digitales, o tridimensionales con formatos multiplanares, que utilizan algoritmos, para reproducir las imágenes en tercera dimensión como la tomografía computarizada (26).

En odontología el uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), está basado en la imagen producida por un haz de rayos X y un rango de escaneo con un restringido campo de visión (FOV) en la dimensión axial con respecto al tomógrafo computarizado multicorte, además tiene beneficios como un costo menor, un tamaño de dispositivo pequeño y baja dosis de radiación que un tomógrafo computarizado de multicorte (MSCT) (26).

Las imágenes tomográficas son proporcionadas por equipos de escáner que emiten rayos X que son captados simultáneamente por un detector con un movimiento de traslación envolvente sobre el paciente, lo que permite una adquisición de datos continuos con los que se logra la reconstrucción de la imagen que es archivada; algoritmos especiales permiten la reorganización multiplanar de dos dimensiones a tres dimensiones en el computador, el plano de las imágenes es perpendicular (ortogonal) a la curvatura del arco dental. Dependiendo de los ajustes de imagen utilizados, la dosis efectiva de un CBCT es 15 a 74 veces mayor que la de una radiografía panorámica convencional (25, 26, 27).

La CBCT ha sido una tecnología revolucionaria para los propósitos en endodoncia, ya que permite observar de forma clara todas aquellas estructuras de interés, como la morfología de la raíz y de los conductos radiculares, permite evaluar fracturas alveolares o dentales y es de gran importancia en la planeación quirúrgica. Esta nueva tecnología permite que una imagen análoga tenga volumen, lo que hace evidente cambios en la densidad ante la presencia de lesiones, lo que favorece un diagnóstico certero y no invasivo (5).

La Sociedad Europea de Endodoncia (SEE) y actualmente la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), han definido una clara posición en referencia a la utilización de imágenes en CBCT, con el objeto de determinar indicaciones puntuales para diagnóstico, planificación de tratamiento y control de la cicatrización, sin apartarse del análisis de la dosis efectiva y la calidad de la imagen tomográfica (27):

- Diagnóstico de signos radiográficos periapicales cuando existe un desacuerdo entre la clínica (signos y /o síntomas) y la observación radiográfica
- Confirmación de patologías de origen no odontogénico como un diagnóstico diferencial
- Evaluación y/o manejo del trauma Dentoalveolar, luxación, sospecha de fractura y alteraciones no observables con radiografías convencionales
- Anatomías del conducto radicular extremadamente complejas y evaluación en planeación en dientes con tratamiento no quirúrgico.
- Evaluación del tratamiento endodóntico primario y sus complicaciones, cuando la vista del examen radiográfico convencional resulta insuficiente.
- Evaluación y manejo de reabsorciones radiculares.
- Previo a microcirugía endodóntica, cuando las condiciones anatómicas lo requieran (dientes posteriores).
- Evaluación objetiva del pronóstico en endodoncia (27).

Estos criterios planteados para el uso de imágenes diagnósticas, con radiación ionizante, parten del principio ALARA “tan bajo como sea razonablemente alcanzable” (27), particularmente en referencia a los potenciales efectos de la radiación ionizante. El uso de imágenes radiográficas o tomográficas, estará soportado en estrictas indicaciones para el tratamiento endodóntico.

Posteriormente la AAE y la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial (AAOMR), publican en el presente año su declaración de posición en referencia al uso de las imágenes diagnósticas CBCT en endodoncia, con el objetivo de proporcionar una guía de uso, en busca de un mejor diagnóstico libre del error de las imágenes en dos dimensiones, conociendo las limitantes del CBCT en cuanto a su alta dosis efectiva para el paciente, la posibilidad de ruido en la imagen, dispersión y la distribución de la dosis efectiva en el volumen de interés (28).

Teniendo en cuenta que la dosis efectiva de un estudio CBCT es más alta que una radiografía intraoral, se recomienda considerar, sí el uso de un CBCT no requerirá el uso de una imagen adicional en el futuro, el FOV debe ser lo más pequeño posible al igual que el tamaño del voxel, el tiempo de exposición debe ser corto, se debe evaluar cada caso en particular para evitar una dosis innecesaria especialmente en los pacientes pediátricos y seguir las recomendaciones para el diagnóstico, tratamiento inicial, retratamiento no quirúrgico, retratamiento quirúrgico y casos particulares entre los que encontramos (28):

- Considerar las radiografías intraorales como primera elección para evaluar un paciente en endodoncia
- El CBCT debe ser considerado para pacientes que presenten un diagnóstico contradictorio o inespecífico relacionado con dientes sin tratar o previamente tratados
- CBCT pre-operatorio en dientes con sospecha de morfología compleja o anomalías dentales
- Si el examen clínico y la radiografía 2D no es concluyente para la detección de fracturas radiculares verticales
- En dientes con tratamiento endodóntico sin resolución de la lesión que requieran otro tratamiento
- Para evaluar complicaciones en el tratamiento endodóntico previo
- Planificación de tratamiento quirúrgico
- Manejo quirúrgico de implantes, trauma dentoalveolar, reabsorción interna y externa, para tratamiento y pronóstico adecuado.

Los diferentes tipos de CBCT tienen variaciones técnicas que intervienen en su resolución espacial de acuerdo al tamaño de adquisición del voxel del cual depende la exactitud de la medida y a su vez la reconstrucción en tres dimensiones con eficacia y de manera reproducible, su aplicación clínica se basa en el tamaño del campo de visión (FOV) donde un FOV pequeño ofrece una mejor resolución y un tamaño de voxel pequeño (menor a 200 micrometros) ofrece una reproducción de la imagen en 3D que permite la segmentación adecuada (29).

Las radiografías pueden informar la presencia de una patología periapical en el 40% de los casos mientras que con la CBCT en el 61% (5), los beneficios que la CBCT ofrece son: la precisión y exactitud para la localización de las lesiones al momento de comparar con las radiografías bidimensionales (5).

Los cambios radiográficos apicales son un factor determinante en el diagnóstico y la elección del tratamiento, es así como en la cicatrización del tejido periapical, en los casos de periodontitis apical crónica o persistente se presenta un cambio en la apariencia radiográfica, se debe tener en cuenta las estructuras anatómicas que rodean al diente, su estructura ósea, la localización de la lesión para determinar cómo evoluciona la misma con el tiempo, para ello se requiere de la interpretación periódica de imágenes radiográficas, donde se evalúa el tejido de regeneración ósea, ligamento periodontal y cemento, donde se verá con un incremento en la densidad radiográfica, pero con una apariencia diferente al hueso sano, siendo el nuevo hueso menos organizado (23).

Los criterios para determinar el éxito o fracaso en la resolución de una lesión apical con base en las radiografías, según Huuonen & Orstavik en 2002 se define como:

Éxito: cuando el contorno, ancho y estructura del margen periodontal es normal o cuando el contorno periodontal se ensancha alrededor del relleno óseo.

Fracaso: aumento en la rarefacción periradicular; rarefacción periradicular sin cambios; aparición de nueva rarefacción o incremento de la inicial.

Incierto: radiografías con técnica insatisfactoria, el diente se extrae antes de 3 años de seguimiento por tratamiento insatisfactorio o por raíces sin tratar (23).

Sin embargo, no hay una estandarización del criterio diagnóstico de las lesiones periapicales que involucre la incidencia y prevalencia de la enfermedad, que ayude a establecer las necesidades reales de tratamiento y a su vez relacionar tratamiento con resultado, por ello se han propuesto diversos métodos que permitan hacer un análisis epidemiológico clínico y comparativo del tratamiento de la periodontitis apical (12).

Autores como Rud *et al.*, 1972 (7) Molven *et al.*, 1987 (6) y más recientemente Estrela *et al.*, 2008 (5) han buscado esa estandarización en el diagnóstico de las lesiones periapicales, usando las imágenes radiográficas y la CBCT como criterio para crear un índice periapical.

Inicialmente Rud *et al.*, en 1972 (7), observaron imágenes radiográficas análogas pertenecientes a dientes sometidos a cirugía apical con diagnóstico de periodontitis apical. Los autores, clasificaron el proceso de cicatrización periapical en 4 grupos, que definieron desde ese momento las cuatro categorías de cicatrización que aún se utilizan en los estudios de pronóstico: cicatrización completa; cicatrización incompleta (con tejido de cicatrización); cicatrización incierta y cicatrización insatisfactoria (7). Años más tarde, Molven *et al.*, 1987 (6), aplicó la clasificación propuesta por Rud *et al.* (7) sobre imágenes radiográficas de 474 casos, controlados a 1 año posterior al procedimiento de cirugía apical. El autor confirma la utilización de las cuatro categorías para clasificar la cicatrización periapical post tratamiento (6).

Actualmente, la implementación de una imagen en CBCT, permite cuantificar con precisión el tamaño de una patología periapical y su asociación con estructuras anatómicas adyacentes (5), permitiendo evaluar cualitativa y cuantitativamente el proceso de cicatrización mediante las condiciones tecnológicas de la imagen digital. Sin embargo, y a pesar de la validez en la observación de los tejidos, la variabilidad entre las condiciones de medición y observación se hace evidente.

Al respecto, los estudios de concordancia permiten calificar la observación de los evaluadores, buscando la coincidencia, para limitar el sesgo de medición ante las estructuras seleccionadas como objeto de una investigación (5, 8). Términos como precisión y exactitud, son dependientes del observador y la menor variabilidad probablemente se logre con un adecuado entrenamiento y manejo del sistema de imágenes que pretenda utilizar, esto permitirá la prevención del *error del examinador*. (9).

El grado de acuerdo entre observadores, se cuantifica a través de pruebas estadísticas que permiten identificar la variabilidad del fenómeno a observar, esto estará ligado al tipo de variable evaluada. Es así como para las variables de tipo categórico, un coeficiente

Kappa, simple o ponderado creado por Cohen en 1960, estimará la diferencia entre la proporción de acuerdo observado y la proporción de acuerdo esperado por el azar (8).

Para las variables continuas que son medibles o cuantificables se puede emplear el índice de correlación concordancia de Lin (9) que propone identificar la reproducibilidad deseable, que evalúa el acuerdo entre dos lecturas u observaciones de una misma muestra (30) y puede estar influenciado por la variabilidad entre grupos (9).

La medida de concordancia se compone de observadores independientes; sirve para medir el grado de acuerdo o coincidencia entre los observadores, más no se refiere a la calidad de la observación, por lo tanto es necesario tener una estandarización entre los observadores en cuanto a las mediciones que se van a realizar, si existe un acuerdo perfecto entre los observadores el valor del índice será 1, nunca habrá un resultado negativo, de no existir coincidencia el valor será 0 (8).

El grado de concordancia una vez aplicada la prueba debe ser evaluado mediante una escala de calificación según los rangos que determinan la categoría de acuerdo, descrita por Landis y Koch, desde 1977 (31, 32). Esto determina la fuerza de acuerdo entre examinadores que los categoriza de la siguiente manera (32):

Pobre (poor): **0.0**
Leve (Slight): **0.01 – 0.20**
Aceptable (fair): **0.21 – 0.40**
Moderada (Moderate): **0.41 – 0.60**
Buena o sustancial (Substantial): **0.61 – 0.80**
Casi perfecta (Almost perfect): **0.81 – 1.0**

El Acuerdo observado y calificado por un índice puede predecir la coincidencia en la clasificación o medición interobservador o intraobservador en relación al total de elementos examinados, en este caso tomografías dentales (32) y radiografías bidimensionales del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente, al mismo tiempo las pruebas realizadas permiten identificar el grado de similitud en las observaciones intraobservador que se define cómo el análisis de correspondencia o parecido entre objetos que van a ser agrupados y puede ser medible, pero no indica concordancia.

2. Diseño metodológico

Tipo de estudio

Estudio de Concordancia y consistencia para imágenes tomográficas (CBCT) y radiográficas bidimensionales que evalúan el tejido periapical de dientes tratados endodónticamente. El presente trabajo cuenta con la aprobación del comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (FOUN), bajo acta 20-15 del 15 de diciembre 2015

Etapas de la investigación

2.1 Muestra

Imágenes tomográficas (CBCT) y radiográficas bidimensionales digitales del tejido periapical, de pacientes con dientes tratados endodónticamente, que hacen parte del registro de la línea de pronóstico en Endodoncia del Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (FOUN).

Al utilizar las bases de datos de imágenes tomográficas y radiográficas tomadas con anterioridad para fines distintos a los del presente trabajo, la muestra utilizada posee un carácter secundario, en razón a que la recolección de imágenes no generó contacto, ni intervención adicional sobre los pacientes (33). Las imágenes tomográficas y radiográficas fueron anonimizadas y codificadas, mediante la herramienta del software tomográfico y radiográfico, para ser diferenciadas solamente por el director de la línea de pronóstico en endodoncia.

2.2 Tamaño de muestra

El cálculo del tamaño de muestra se realizó tomando en cuenta las variables a medir, la potencia definida para la elaboración del estudio y los valores de la escala de concordancia a seleccionar.

Previo al cálculo del tamaño de muestra un planteamiento de hipótesis, para cada variable a analizar, se hace necesario.

Variables Categóricas

Ho: La concordancia observada es igual a cero, con un 95% de confianza una potencia del 80% y un error tipo I 0.05, para obtener 12 imágenes observables.

Ho: $K \leq 0.40$.

Pobre, **0.0**

Leve: **0.01 – 0.20**

Aceptable: **0.21 – 0.40**

Ha: La concordancia observada es diferente a cero, con un 95% de confianza una potencia del 80% y un error tipo I 0.05, para obtener 12 imágenes observables.

Ha: $K > 0.41$

Moderada: **0.41 – 0.60**

Buena o sustancial: **0.61 – 0.80**

Casi perfecta: **0.81 – 1.0**

Variables Continuas

Ho: La concordancia observada es menor o igual a la esperada, siendo la esperada igual al 0.95, con poder del 0.8 y alfa de 0.05, para que sean 20 tripletas de observaciones.

Ho: $CCC \leq 0.95$

Ha: La concordancia observada es mayor a la esperada, siendo la esperada igual al 0.95, con poder del 0.8 y alfa de 0.05, para que sean 20 tripletas de observaciones.

Ha: $CCC > 0.95$

Kappa no ponderado		
Error tipo 1	Potencia	Tamaño de muestra
0.01	0.8	12
0.02	0.8	11
0.03	0.8	10
0.05	0.8	8
0.01	0.9	15
0.02	0.9	14
0.03	0.9	12
0.05	0.9	11

Tabla 1. Tamaño de muestra de imágenes radiograficas

Numeric Results

Power	Sample Size (n)	Lin's	Lin's	$\rho(Y, X)$		$\sqrt{(\sigma_Y \sigma_X)}$		σ_Y / σ_X		Alpha
		CCC (CCC0)	CCC (CCC1)	H0 (p0)	H1 (p1)	H0 (u0)	H1 (u1)	H0 (w0)	H1 (w1)	
0.2784	10	0.950	0.973	0.970	0.975	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.4431	20	0.950	0.973	0.970	0.975	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.5740	30	0.950	0.973	0.970	0.975	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.6775	40	0.950	0.973	0.970	0.975	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.3844	10	0.950	0.978	0.970	0.980	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.6183	20	0.950	0.978	0.970	0.980	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.7711	30	0.950	0.978	0.970	0.980	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.8664	40	0.950	0.978	0.970	0.980	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.5308	10	0.950	0.983	0.970	0.985	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.8064	20	0.950	0.983	0.970	0.985	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.9263	30	0.950	0.983	0.970	0.985	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05
0.9735	40	0.950	0.983	0.970	0.985	0.150	0.050	1.150	1.050	0.05

References
 Lin, Lawrence I-Kuei. March, 1989. 'A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility.' Biometrics 45, 255-268.
 Lin, Lawrence I-Kuei. June, 1992. 'Assay Validation Using the Concordance Correlation Coefficient.' Biometrics 48, 599-604.
 Lin, Lawrence I-Kuei. March, 2000. 'A Note on the Concordance Correlation Coefficient.' Biometrics 56, 324-325.
 Lin, L., Hedayat, A.S., Sinha, B, and Yang, M. 2002. Statistical Methods in Assessing Agreement. JASA, 97(457), Pages 257-270.
 Lin, L., Hedayat, A.S., Wu, W. 2012. Statistical Tools for Measuring Agreement. Springer, New York.

Gráfico 1: Tamaño de muestra de imágenes en CBCT

Las imágenes fueron seleccionadas por conveniencia, por el director de la línea de pronóstico en endodoncia y quien reconoce la base de datos, para asegurar que los tres examinadores se capaciten en la identificación y reconocimiento de diferentes condiciones del tejido periapical observado tanto en imágenes tomográficas como radiográficas, con el fin de lograr un grado de acuerdo entre examinadores (17, 34, 35).

2.3 Instrumentos de medición

Software	Tipo de imagen	Instrumentos	Variable
Sistema de imagen digital Carestream RVG (Radio Visio Graphy® 5100® y software Dental Imaging de Carestream®).	Radiografía bidimensional del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente	Observación directa en monitor de alta resolución: monitor de 19 pulgadas con una resolución de pantalla de 1440 x 900 píxeles y una profundidad de color de 32 bits	Categorica

software tomográfico CS 3D Imaging, versión 3.5.15 de la casa Carestream Health® Observación en el corte oblicuo en los tres planos (coronal sagital y axial).	Tomografía computarizada de haz cónico del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente	Observación directa en monitor de alta resolución: monitor de 19 pulgadas con una resolución de pantalla de 1440 x 900 píxeles y una profundidad de color de 32 bits	Continua
---	---	--	-----------------

Tabla 2. Instrumentos de medición

Criterios de inclusión

- Imágenes tomográficas y radiográficas dentales del tejido periapical, de pacientes con dientes tratados endodónticamente, que forman parte del registro de la línea de pronóstico en Endodoncia del Posgrado de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (FOUN).

Criterios de exclusión

- Imágenes radiográficas o tomográficas cuya calidad o condición no permita la observación completa y definida del objeto de estudio.

2.4 Variables y operacionalización de variables

Observadores

Un radiólogo experto en el manejo de imágenes tomográficas. Un endodoncista experto en observación radiográfica de tejido periapical para dientes tratados endodónticamente. Tres observadores enmascarados (Obs1, Obs2 y Obs3), quienes posteriormente a la realización de las mediciones fueron evaluados estadísticamente para determinar el grado de acuerdo posterior al entrenamiento y asesoría impartido por los expertos (radiólogo y endodoncista).

2.5 Definición de variables

Variable de tipo categóricas

Para imágenes radiográficas bidimensionales de dientes tratados endodónticamente.

NORMALIDAD PERIAPICAL (ausencia de lesión periapical).

ENFERMEDAD PERIAPICAL (presencia de lesión periapical).

Variable de tipo continuo

Para imágenes tomográficas (CBCT) del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente.

ALTO DE LA LESIÓN: es la medida en mm, de la distancia entre los límites superior e inferior de la lesión observada en su altura máxima, observada EN EL CORTE CORONAL OBLICUO.

ANCHO DE LA LESIÓN: es la medida en mm de la distancia tomada entre los límites Mesial y Distal de la zona hipodensa observada en EL CORTE SAGITAL OBLICUO. Esta medida corresponderá al diámetro mayor de la lesión.

PROFUNDIDAD DE LA LESIÓN: es la medida en mm de la distancia entre los límites vestibular y lingual o palatino de la lesión observada en su profundidad máxima, observada en EL CORTE AXIAL OBLICUO.

Nombre de la variable	DESCRIPCIÓN	IMAGEN	EJECUTOR	TIPO DE VARIABLE	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	INDICADOR	
Variable categórica:	Observación del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente. Acorde con la descripción radiográfica de las categorías de diagnóstico periapical: Tejido apical Normal.(Ausencia) Periodontitis Apical Asintomática (Presencia) (36).	Radiografía periapical digital	Examinadores (Obs1,Obs2, Obs3)	Categórica	kappa	Presencia o ausencia	
Ancho de la lesión	Distancia medida entre los límites mesial y distal de la zona hipodensa observada en su diámetro horizontal máximo	Tomográfica sobre el eje dental sagital oblicuo	examinadores (Obs1,Obs2, Obs3)	Continuo	coeficiente de correlación de concordancia de LIN	milímetros	

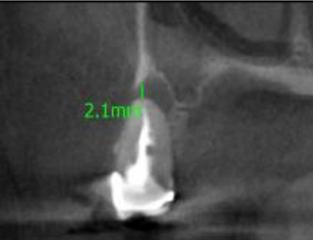
							
Alto de la lesión	Distancia medida entre los límites superior e inferior de la zona hipodensa observada en su altura máxima	Tomográfica sobre el Eje dental coronal oblicuo	examinadores (Obs1,Obs2, Obs3)	Continuo	coeficiente de correlación de concordancia de LIN	Milímetros	
Profundidad de la lesión	Distancia medida entre los límites vestibular y lingual o palatino de la zona hipodensa observada en su profundidad máxima	Tomográfica sobre el eje dental axial oblicuo	examinadores (Obs1,Obs2, Obs3)	Continuo	coeficiente de correlación de concordancia de LIN	Milímetros	

Tabla 3. Definición de las variables

2.6 Método de Observación

La observación se basó en mediciones de tipo continuo (en tomografías) y mediciones de tipo categórico (en radiografías bidimensionales digitales), realizadas en dos momentos de observación, antes y después de un entrenamiento realizado por un radiólogo experto y la asesoría de un especialista en endodoncia.

Cada imagen observada, fue medida en dos oportunidades por cada observador, de manera independiente con un intervalo mínimo de dos semanas. El acuerdo inter observador, se determinó mediante una comparación de los dos momentos de medición, tanto para las mediciones de tipo continuo, como para las de tipo categórico:

Primer momento de medición: Tres observadores enmascarados a la procedencia de la imagen (Obs1) (Obs2) (Obs3) sin entrenamiento previo, realizaron, de manera independiente, las mediciones tomográficas y la apreciación de las radiografías periapicales seleccionadas.

Entrenamiento: un radiólogo experto diseñó y enseñó a los observadores ciegos un protocolo de medición sobre imágenes tomográficas de dientes tratados endodónticamente, en referencia a la ubicación de los planos, la selección de los cortes del reformato multiplanar (MPR), la determinación del eje longitudinal dental y el nivel preciso sobre el cual se realizarían las mediciones del tejido periapical; dicho protocolo se diseñó haciendo uso de la herramienta del software denominada “corte oblicuo” del software tomográfico CS 3D Imaging, versión 3.5.15 de la casa Carestream Health®. De la misma manera un endodoncista experto asesoró a los observadores ciegos en la apreciación y análisis de radiografías de dientes tratados endodónticamente, para establecer la presencia o ausencia de una lesión periapical (36).

Segundo momento de medición: Posterior al entrenamiento se repitieron por parte de los observadores enmascarados a la procedencia de la imagen y de manera independiente, las mediciones tomográficas y la apreciación de las radiografías periapicales seleccionadas, manteniendo los mismos parámetros de la medición inicial.

Los pacientes seleccionados, fueron reidentificados mediante códigos para mantener la reserva y confidencialidad de los datos personales a lo largo de todo el estudio.

La información recolectada de las observaciones realizadas fue registrada en una base de datos en Microsoft Excel (Microsoft Office®, EE.UU), bajo un código de anonimización para cada imagen evaluada, manejado de la misma manera para la lectura de radiografías y tomografías, protegiendo la identidad del paciente. Los cálculos realizados, para el estudio de concordancia, se efectuaron en la versión 3.2.2 del software estadístico R [<https://www.r-project.org/>].

3.Resultados

Un total de 19 imágenes tomográficas del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente fueron analizadas por cada uno de los observadores. Confirmando una distribución equitativa de las imágenes, Gráfico 1.

De las imágenes tomográficas seleccionadas, se excluye una, dado que no es posible la observación completa del tamaño de lesión por un campo de visión insuficiente. En total se evalúan 19 imágenes en CBCT del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente.

3.1 Descripción y distribución de la muestra

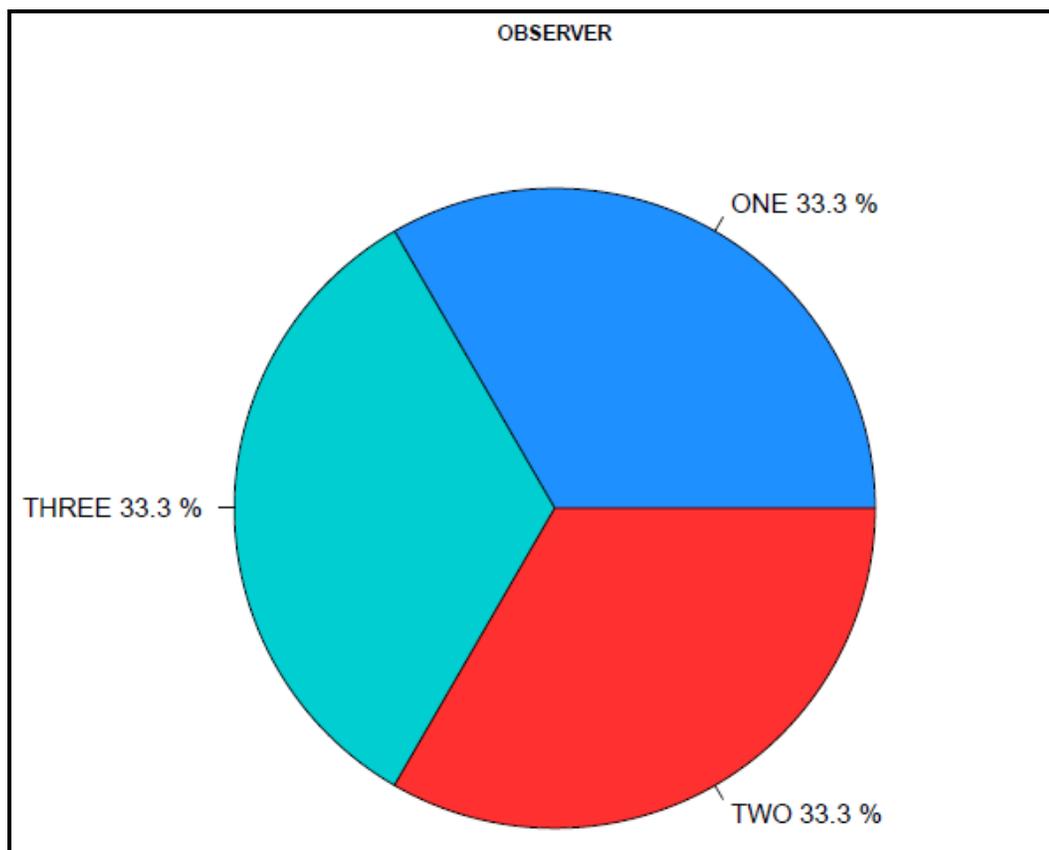


Gráfico 2. Distribución de la muestra

Cada imagen fue observada en los tres planos para obtener 57 observaciones por evaluador para el primer y segundo momento de medición, completando así, un total de 114 mediciones por observador. Adicionalmente se confirmó que el 33.3% de las observaciones provienen de cada uno de los tres observadores. (Gráfico 2)

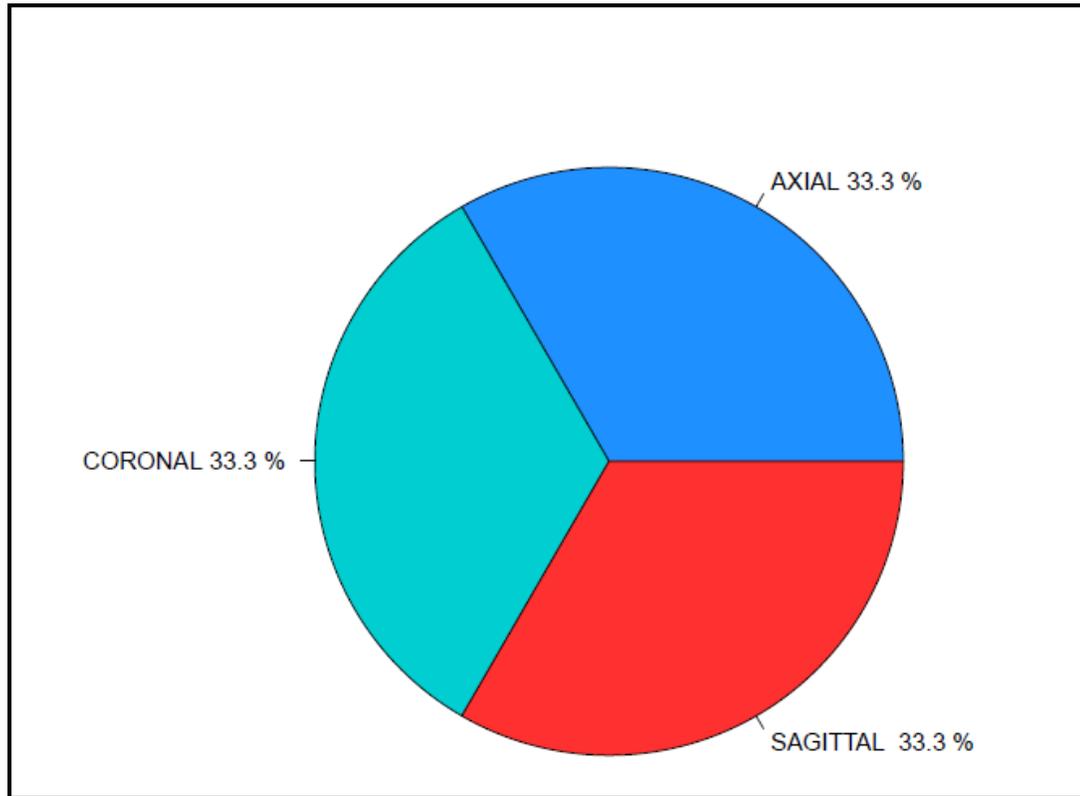


Gráfico 3. Distribución de las observaciones por corte (coronal, sagital y axial)

3.2 Análisis descriptivo para observaciones radiográficas de tipo categórico

Un total de 12 imágenes radiográficas del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente fueron analizadas por los observadores. Cada imagen fue observada dos veces por cada uno de los tres observadores. Un primer momento previo a la asesoría en observación de imágenes radiográficas por el endodoncista experto y la otra posterior a dicha asesoría. Completando así, un total de 24 observaciones por evaluador.

Los resultados se analizan estadísticamente mediante el coeficiente Kappa para determinar el grado de acuerdo entre los observadores encontrando:

Primer momento de observación						
Observador	Vs	Observador	Límite inferior	KAPPA ESTIMADO	Límite superior	Concordancia
1	Vs	2	0.01	0.56	1.1	Moderada
1	Vs	3	0.43	0.8	1.2	Buena
2	Vs	3	0.43	0.8	1.2	Buena

Tabla 4. Cálculo del acuerdo mediante Kappa para el primer momento de observación

Segundo momento de observación						
Observador	Vs	Observador	Límite inferior	KAPPA ESTIMADO	Límite superior	Concordancia
1	Vs	2	0.01	0.56	1.1	Moderada
1	Vs	3	0.43	0.8	1.2	Buena
2	Vs	3	0.43	0.8	1.2	Buena

Tabla 5. Cálculo del acuerdo mediante Kappa para el segundo momento de observación

Se evidencia:

1. Grado de acuerdo entre los observadores: el acuerdo fue mayor entre los Obs1 y Obs3; Obs1 y Obs2 tuvieron el menor grado de acuerdo en la comparación por pares de observadores en el primer momento de observación.
2. Los resultados reflejan que no existe diferencia en la comparación de observaciones entre el primer momento y segundo momento (posterior al entrenamiento por parte del endodoncista experto).
3. Persiste en el segundo momento de observación el menor grado de acuerdo entre Obs1 y Obs2.
4. El entrenamiento no refleja diferencia en el grado de acuerdo arrojado por los resultados.

3.3 Análisis de concordancia para las mediciones tomográficas de tipo continuo

3.3.1 Análisis de similitud

La identificación de la similitud entre las mediciones tomográficas, se estableció mediante un análisis de variabilidad, que estimó el promedio de la medición realizada por cada observador, en cada uno de los dos momentos de medición, en los tres planos: coronal, oblicuo, sagital oblicuo y Axial oblicuo, en la tabla 6 se puede observar la medida de resumen de la mediana. (Ver anexo A: Análisis gráfico de similitud entre los observadores, representación en cajas y bigotes).

PLANO	Obs1		Obs3		Obs2	
	<i>Primer momento</i>	<i>Segundo momento</i>	<i>Primer momento</i>	<i>Segundo momento</i>	<i>Primer momento</i>	<i>Segundo momento</i>
coronal oblicuo	2.87	3.75	3.36	3.81	3.2	3.25
Sagital oblicuo	5.76	5.89	6.37	5.66	5.95	5.77
Axial oblicuo	6.27	6.24	6.81	6.57	6.54	6.25

Tabla 6. Promedio de medición para cada observador en los dos momentos de observación en los tres planos (coronal, sagital y axial)

La tabla 6 evidencia:

- Hay similitud entre las mediciones realizadas por los observadores. Sin embargo, esto no implica que exista algún grado de concordancia.
- La similitud interobservador fue mayor después del entrenamiento en el segundo momento de medición.

3.3.2 Análisis de concordancia: coeficiente de correlación de Lin para mediciones tomográficas de tipo continuo

Los valores de concordancia obtenidos fueron ajustados a las categorías de Landis y Koch (10), para cada uno de los tres cortes tomográficos (Tablas 7, 8 y 9)

Coeficiente de correlación de Lin. Corte Coronal					
Observador	Momento de observación	Coeficiente de concordancia	Límite inferior	Límite superior	Fuerza de la concordancia (Landis y Koch)
Obs1 Vs Obs2	Primer momento de medición	0.89	0.75	0.95	Casi perfecto
	Segundo momento de medición	0.55	0.19	0.78	Moderado
Obs2 Vs Obs3	Primer momento de medición	0.37	-0.7	0.70	Bajo
	Segundo momento de medición	0.70	0.42	0.86	Bueno
Obs3 Vs Obs1	Primer momento de medición	0.41	0.00	0.70	Moderado
	Segundo momento de medición	0.90	0.75	0.96	Casi perfecto

Tabla 7. Coeficiente de correlación de Lin. Corte Coronal

Coeficiente de correlación de Lin. Corte <i>Sagital</i>					
Observador	Momento de observación	Coeficiente de concordancia	Límite inferior	Límite superior	Fuerza de la concordancia (Landis y Koch)
Obs1 Vs Obs2	Primer momento de medición	0.83	0.63	0.93	Casi perfecto
	Segundo momento de medición	0.90	0.77	0.96	Casi perfecto
Obs2 Vs Obs3	Primer momento de medición	0.76	0.50	0.90	Bueno
	Segundo momento de medición	0.89	0.75	0.96	Casi perfecto
Obs3 Vs Obs1	Primer momento de medición	0.77	0.52	0.90	Bueno
	Segundo momento de medición	0.96	0.90	0.98	Casi perfecto

Tabla 8. Coeficiente de correlación de Lin. Corte Sagital

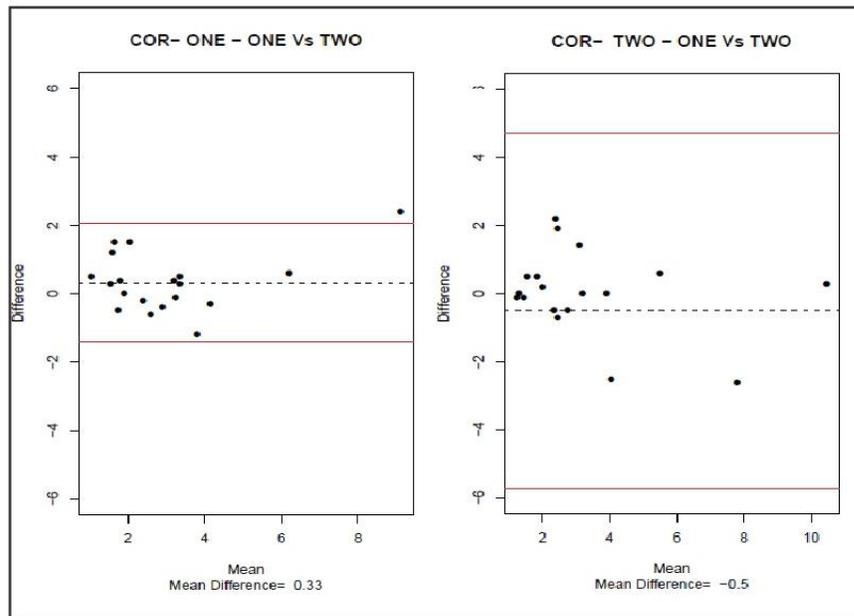
Coeficiente de correlación de Lin. Corte <i>axial</i>					
Observador	Momento de observación	Coeficiente de concordancia	Límite inferior	Límite superior	Fuerza de la concordancia (Landis y Koch)
Obs1 Vs Obs2	Primer momento de medición	0.82	0.62	0.92	Casi perfecto
	Segundo momento de medición	0.90	0.79	0.95	Casi perfecto
Obs2 Vs Obs3	Primer momento de medición	0.65	0.29	0.85	Bueno
	Segundo momento de medición	0.80	0.56	0.92	Bueno
Obs3 Vs Obs1	Primer momento de medición	0.38	- 0.5	0.69	Bajo
	Segundo momento de medición	0.86	0.69	0.94	Casi perfecto

Tabla 9. Coeficiente de correlación de Lin. Corte Axial

Los resultados medidos en la categoría de Landis y Koch, se registran en las tablas 7, 8 y 9. El grado y la fuerza del acuerdo interobservador, se expresó mediante las figuras de Bland y Altman (Figura 1 a 9).

Se observó, un mayor acuerdo, posterior al entrenamiento para las medidas tomográficas en todos los planos evaluados, excepto en la medición de “alto de la lesión” sobre el eje coronal, entre los Obs 1 y Obs 2, donde se evidenció que la fuerza del acuerdo disminuyó en el segundo momento de medición de casi perfecta a moderada (0.89 en el primer momento de observación a 0.55 en el segundo momento de observación) como se evidencia tanto en la tabla 7 y en la Figura 1.

Figura 1 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte coronal entre Obs1 y Obs2



La comparación de las graficas de Bland y Altman en los dos momentos de observación por pares, hace evidente que en el corte coronal entre los observadores 1 y 2 el grado de dispersión es mayor para el segundo momento de observacion, indicador de menor precisión en las medidas, de igual forma es evidente un rango más amplio en los limites de concordancia indicando un acuerdo menor posterior al entrenamiento.

Figura 2 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte coronal entre Obs2 y Obs3

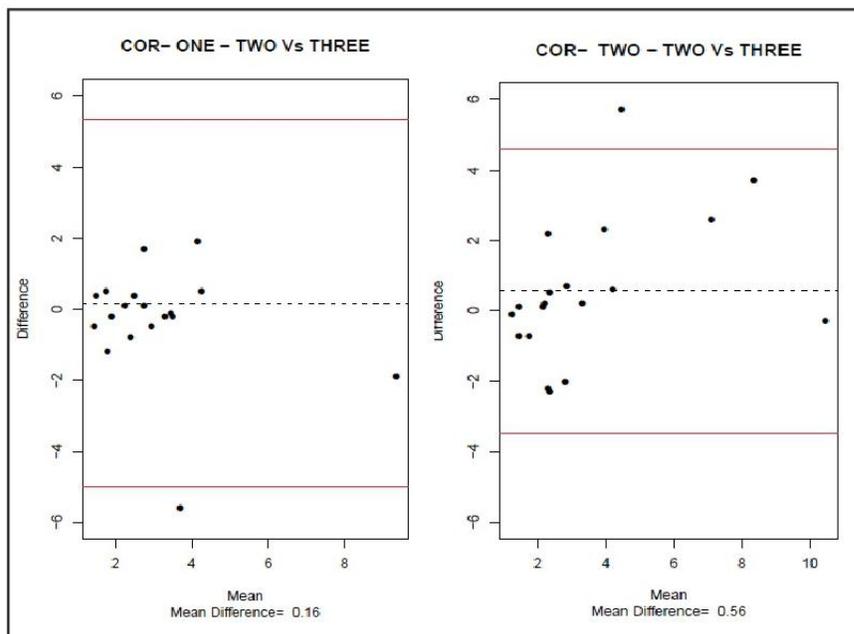


Figura 3 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte coronal entre Obs3 y Obs1

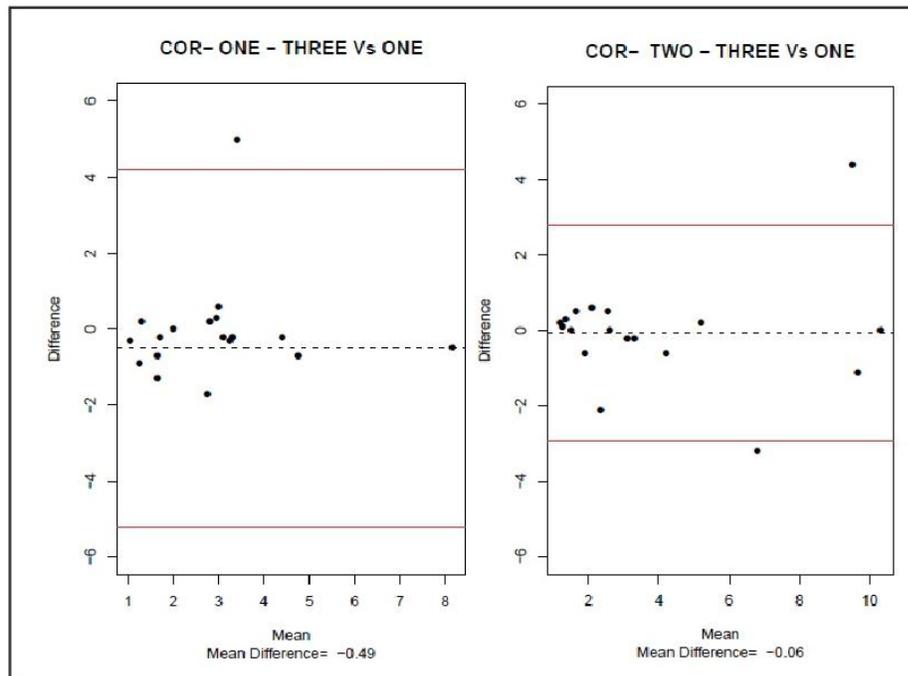


Figura 4 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Sagital entre obs1 y Obs2

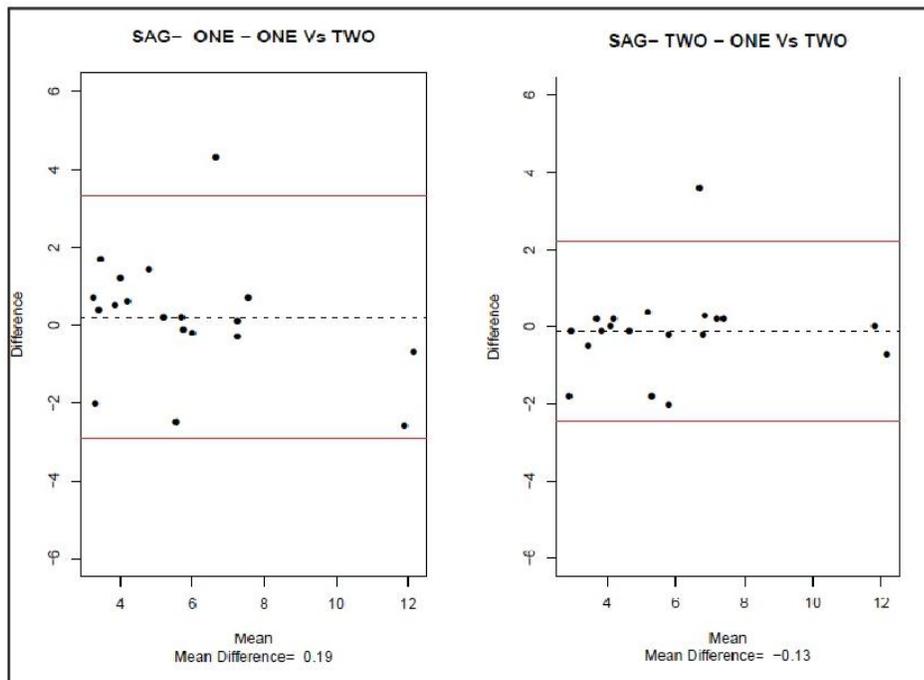


Figura 5 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Sagital entre Obs2 y Obs3

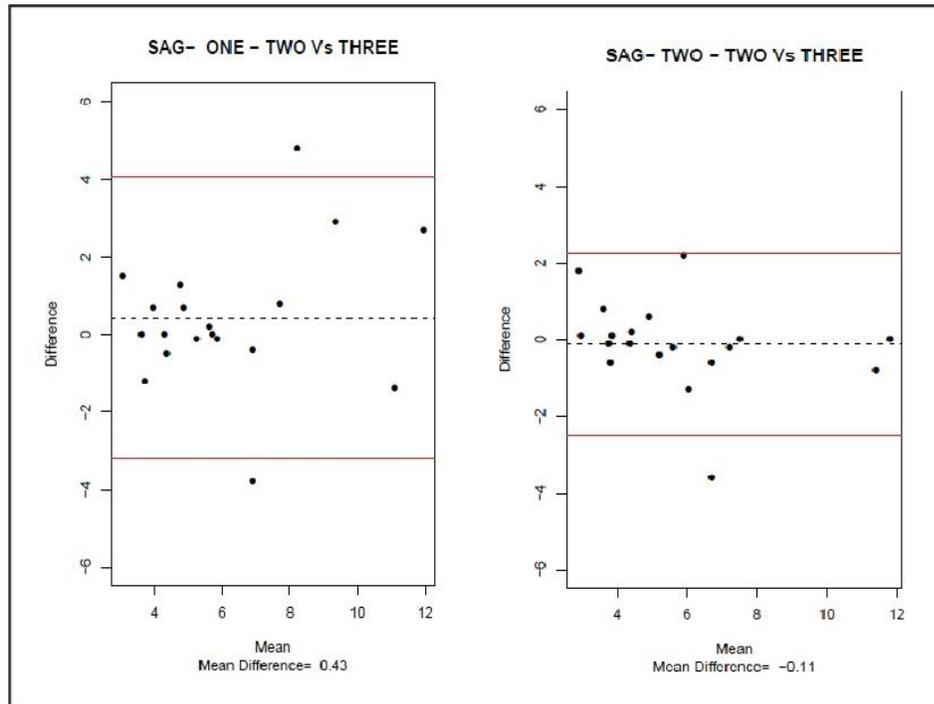


Figura 6 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Sagital entre Obs3 y Obs1

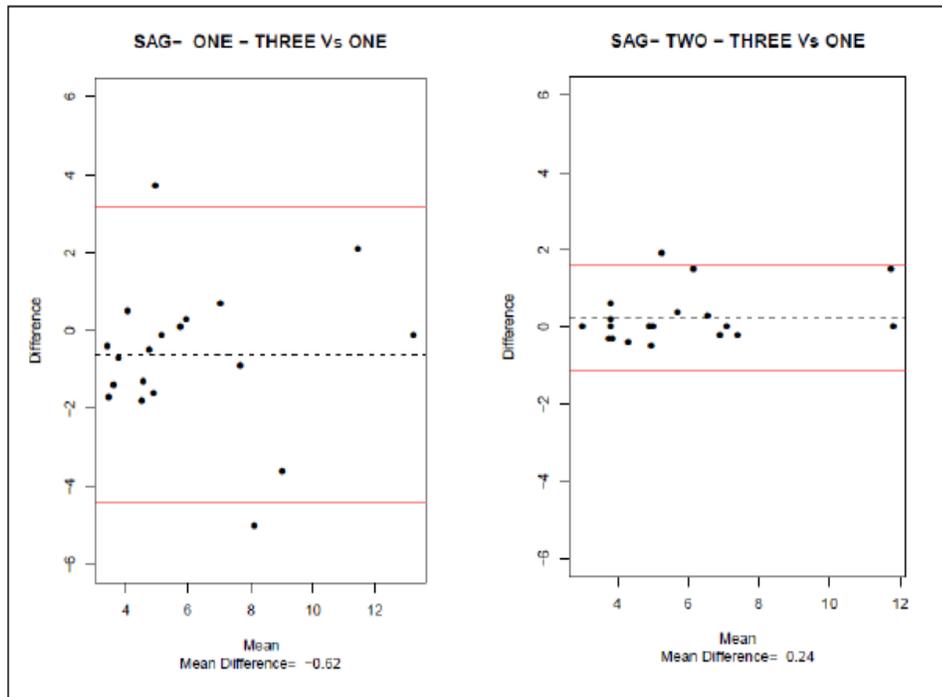


Figura 7 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Axial entre Obs1 y Obs2

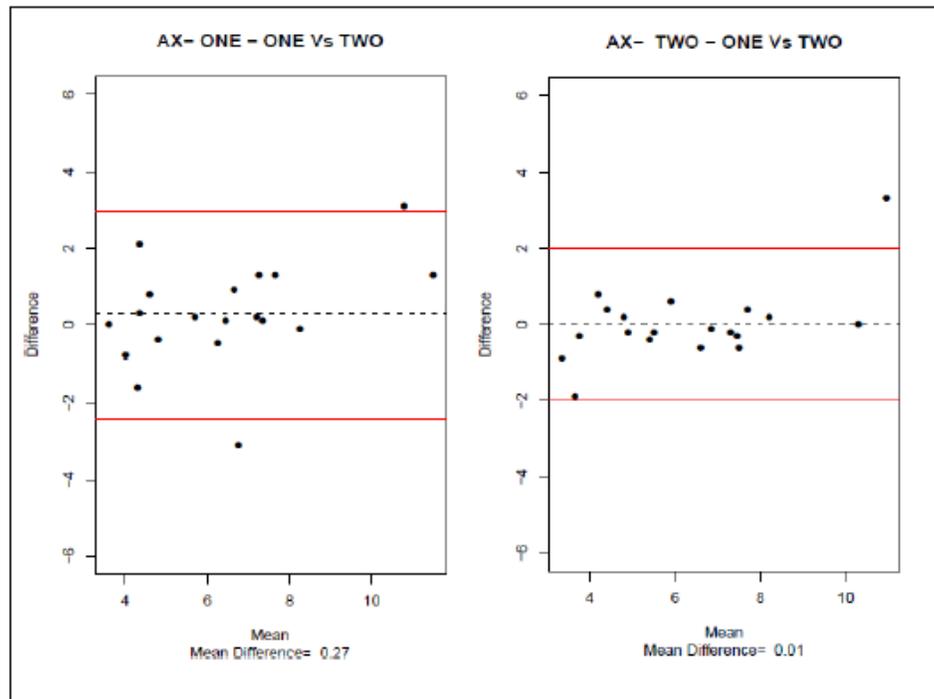


Figura 8 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Axial entre Obs2 y Obs3

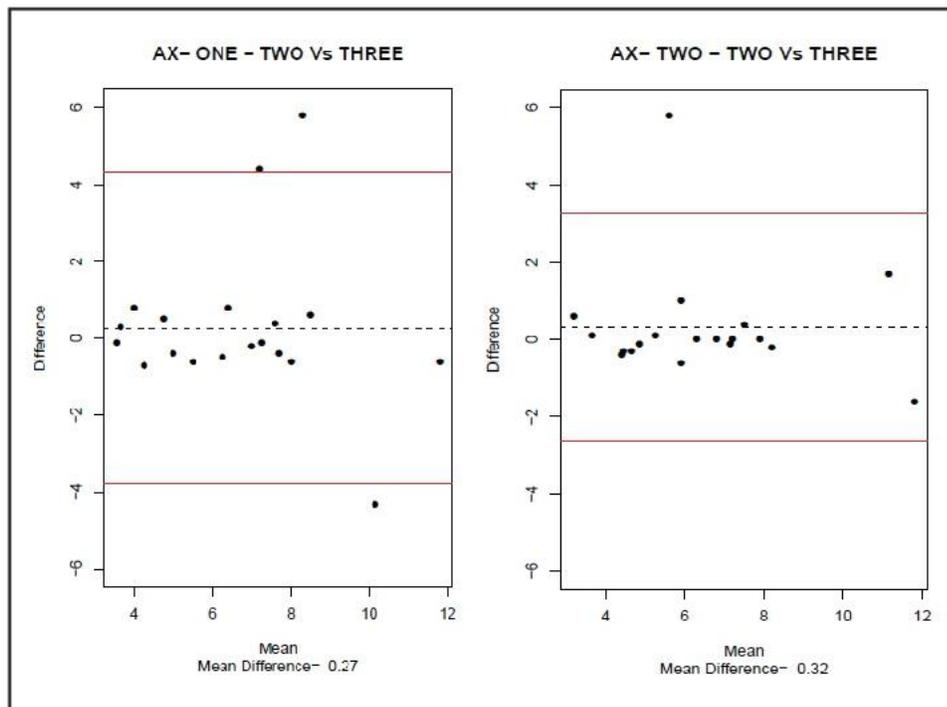
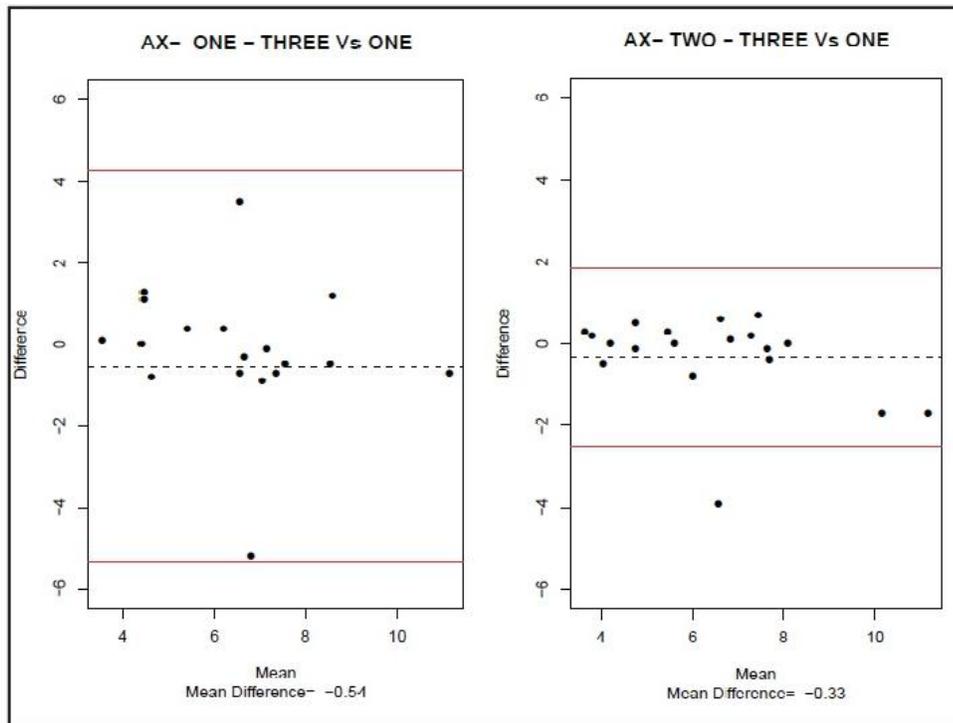


Figura 9 Límites de acuerdo del 95% de Bland y Altman entre el primer momento de observación y el segundo momento para el corte Axial entre Obs3 y Obs1



Las figuras de Bland y Altman (figura 2 a figura 9), hacen evidente que existe diferencia en las mediciones en los dos momentos de observación: primer momento previo al entrenamiento y segundo momento posterior al entrenamiento.

La comparación entre pares de observadores (figura 2 a figura 9), hace evidente que en el segundo momento de observación existe un mayor grado de acuerdo entre los observadores, los valores tienden a menor dispersión dentro de la figura en comparación con las del primer momento, denotando una mayor precisión después del entrenamiento, el rango entre los límites de concordancia superior e inferior disminuyen para el segundo momento de observación permitiendo inferir que existe un mayor grado de acuerdo entre los pares comparados. Dentro de los límites de confianza se encuentra el 0, por lo tanto se entiende que las observaciones si son concordantes.

4. Discusión

Discusión

Se diseñó un estudio de concordancia para estimar el grado de acuerdo de tres observadores enmascarados al momento de evaluar imágenes tomográficas en CBCT y radiográficas bidimensionales del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente, en dos momentos, el primero sin ningún entrenamiento en la observación de imágenes diagnósticas y el segundo momento posterior a un entrenamiento impartido por un radiólogo experto en observación de imágenes tomográficas y la asesoría de un endodoncista experto en el análisis de imágenes radiográficas bidimensionales del tejido periapical.

Un análisis de concordancia consistencia como el que se realizó, se aplica para identificar el grado de acuerdo en diversos contextos por ejemplo, en pruebas clínicas para comparar técnicas ya establecidas con una nueva o para determinar si una puede reemplazar a otra, o si por el contrario ambas son válidas, además pueden evaluar si un observador, técnica o prueba aplicada al mismo sujeto produce un resultado similar en el análisis de un fenómeno (9).

En el planteamiento del presente estudio, se realizó pruebas estadísticas aplicadas a estudios de concordancia que dependen del tipo de variable, en este sentido para las variables categóricas evaluadas se realizó la prueba estadística Kappa que permite estimar la concordancia más allá del acuerdo esperado por el azar el cual está influido por la tasa de ocurrencia del evento (observaciones) (9). La estimación del cálculo de los coeficientes lo debe realizar un investigador experto en el tema, a pesar de la existencia de programas computacionales, ya que el manejo de los datos debe ser estricto e imparcial (31), tal como se realizó en esta investigación.

Es importante resaltar que el valor del coeficiente Kappa no ofrece indicación alguna de la precisión de la observación, por lo tanto no aporta información sobre la calidad de la apreciación y el análisis realizado por los observadores, ya que está diseñado para estimar únicamente la magnitud de la concordancia entre los observadores de imágenes diagnósticas, comparados por pares (31).

El presente estudio determinó una muestra de imágenes radiográficas periapicales y tomográficas de dientes tratados endodónticamente sin discriminar el tamaño de la lesión ni presencia o ausencia de radiolucidez apical. Los casos fueron seleccionados por un

experto en endodoncia quien determinó su relevancia para el proceso de nivelación de los examinadores, de la misma manera como se presenta en otros estudios, incluyendo el de Bornstein *et al* (1) en 2015, lo que permite una muestra con una amplia gama de imágenes para evaluar y categorizar que son distribuidas equitativamente y anonimizadas, evitando así la evaluación subjetiva de las imágenes (1).

El resultado se categorizó según la escala de Landis y Koch (9) que determinó que en la variable categórica evaluada, no existió cambio en la observación de radiografías bidimensionales periapicales, previa y posterior a la asesoría del endodoncista experto, con un resultado de acuerdo entre moderado y bueno (0,56 – 0.8) para los dos momentos de medición. Este resultado es comparable y similar con el de Verkutonis en el 2014 (24), estudio en el que se realizó una calibración de observadores para el análisis de radiografías bidimensionales sin encontrar diferencia en dos momentos de observación.

Es importante resaltar que los observadores encargados del estudio, son profesionales en odontología, por lo tanto tienen la capacidad para evaluar radiografías bidimensionales digitales, tienen claridad en la evaluación de los parámetros en términos de presencia o ausencia de una patología periapical, a este respecto se puede atribuir que el reporte del análisis estadístico Kappa no varía en los dos momentos de observación.

Por otra parte, las pruebas estadísticas aplicadas para variables continuas o numéricas incluyen entre otras, el coeficiente de correlación de Lin (30) que propone identificar una reproducibilidad deseable de las mediciones para determinar la concordancia entre ellas que puede estar influenciado por la variabilidad entre los observadores (9, 30). En este estudio se determinó que la variabilidad en la medición de imágenes tridimensionales tomográficas intraobservador disminuyó después del entrenamiento por parte del experto y el grado de acuerdo analizado por el coeficiente de correlación de Lin fue mayor, acorde con la categorización de Landis y Koch, pasando de un acuerdo bueno a un acuerdo casi perfecto en la comparación por pares de las mediciones del tejido periapical en imágenes de CBCT en los diferentes cortes tomográficos observados.

A este respecto, es importante señalar que en el eje coronal, el acuerdo disminuyó en la comparación entre Obs1 y Obs2, pasando de categoría: casi perfecto (0.89) a moderada (0.55), indicador de que el entrenamiento en el análisis en el eje coronal presenta falencias, atribuibles a la dificultad de localizar el mismo corte por los pares de observadores para la realización de las medidas según el entrenamiento del radiólogo experto.

Otros estudios con mediciones tomográficas en los tres ejes (axial, sagital y coronal) como el de Estrela *et al.* en el 2008 (5), utilizaron la prueba estadística Kappa para evaluar el acuerdo de sus examinadores a pesar de ser una variable continua; en el presente estudio se utilizó el coeficiente de correlación concordancia de Lin, que le da mayor validez al momento de calificar el acuerdo de una variable de tipo continuo como

son las mediciones sobre las tomografías. En la revisión bibliográfica realizada no se encontraron estudios similares al presente, que apliquen el análisis estadístico de correlación y concordancia de Lin (30), la mayoría de estudios determinan el grado de acuerdo entre los observadores mediante el coeficiente Kappa sin discriminar el tipo de variable (categórica o continua) convirtiéndose esto en una debilidad para dar validez de los estudios.

En cuanto a las características de la observación de imágenes tomográficas se realizó en los tres planos (coronal, sagital, axial) sin un límite de tiempo, bajo las mismas condiciones de observación e individual para cada observador, tal como se ha desarrollado en estudios similares como el de Estrela en 2008 (5) y Von Arx en 2016 (37), de igual manera se realizó para la observación de radiografías bidimensionales digitales, acorde con estudios como el de Venskutonis (2014) que refiere una variabilidad inevitable entre observadores al momento de analizar imágenes radiográficas bidimensionales, independientemente de los procesos de calibración(24).

La interpretación diagnóstica y mediciones iniciales del material seleccionado por el endodoncista experto se realizó previo a la calibración por el radiólogo experto para evaluar así, la validez del entrenamiento impartido mediante una observación posterior al entrenamiento, a diferencia de estudios que evalúan la calibración de sus observadores, como el de Molven *et al* (6), en el que las dos observaciones de las imágenes diagnósticas se realizaron inmediatamente después del entrenamiento y calibración.

La determinación sobre la existencia de un acuerdo entre los examinadores en el estudio de Molven (6) se realizó mediante análisis estadístico Kappa con un valor para los dos observadores principales de 0,63, que corresponde a un acuerdo moderado (Landis y Koch) mientras que en el presente estudio se realizó análisis estadístico de correlación y concordancia de Lin y el resultado posterior al entrenamiento se categorizó entre bueno y casi perfecto (0.70 - 0.96), demostrando superioridad en el grado de acuerdo alcanzado por los observadores.

El estudio de Kirkevang *et al.*, atribuye que el alto grado de acuerdo entre observadores se debe a una calibración larga y profunda de los examinadores encargados de analizar un fenómeno, refiriendo así, que evaluar el entrenamiento de los observadores es necesario e indica validez cuando se logra un alto grado de acuerdo (38) bajo este concepto, se atribuye al presente estudio un entrenamiento apropiado para la observación de imágenes diagnósticas del tejido periapical, que se hace evidente resultados estadísticos obtenidos.

En este sentido, lograr el acuerdo en la observación y análisis del tejido periapical requiere que el entrenamiento de los observadores sea válido, riguroso y realizado por expertos; en el presente estudio se realizó la comparación en la observación del tejido periapical en dos momentos: el primero previo al entrenamiento por expertos (radiólogo y endodoncista) y el segundo posterior al entrenamiento a diferencia de estudios similares, donde previa a la observación de un fenómeno realizan solo un entrenamiento e

inmediatamente después desarrollan la observación arrojando resultados de acuerdo interobservador menores a los reportados en este estudio.

Los resultados obtenidos permiten inferir que el diseño e implementación de un entrenamiento específico para la observación de imágenes tomográficas y radiográficas del tejido periapical demuestra ser válido al momento de categorizar y medir lesiones periapicales con un grado de concordancia entre bueno y casi perfecto, por lo tanto es importante que el desarrollo de estudios de concordancia sean previos a la evaluación de cualquier fenómeno y al desarrollo de estudios clínicos en endodoncia para dar validez a la investigaciones.

Se debe lograr la reproducibilidad y repetitividad en las observaciones por parte de los examinadores en su calibración que solo se logran con un entrenamiento riguroso (37), no todos los estudios reportan este tipo de entrenamiento, ni los resultados del acuerdo entre los examinadores, lo que dificulta comparar los resultados de nuestro estudio con otros; en el año 2009 Christiansen *et al.*(39) realizaron la medición de lesiones, por tres observadores entrenados para hallar el área de la lesión en mm² de dientes que habían sido sometidos a cirugía apical, este método subestima el tamaño real de la lesión ya que estas no son simétricas, los autores no evaluaron el entrenamiento de sus observadores, ni su grado de acuerdo, se limitó a evaluar los resultados arrojados en los dos momentos de observación (posteriores a la asesoría) restando validez a sus resultados. Por lo tanto la realización de estudios de concordancia en investigación en endodoncia debe aplicarse ampliamente ya que su simpleza logística y análisis estadístico le confiere una gran ventaja en el desarrollo de nuevos estudios y en la validación de técnicas que permiten evaluar la aplicabilidad en el escenario clínico.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con las limitaciones de este estudio se infiere que a través de la aplicación de pruebas estadísticas si es posible estimar el grado de acuerdo y variabilidad interobservador en la valoración de imágenes tomográficas y radiográficas bidimensionales del tejido periapical en dientes tratados endodónticamente.

Mediante este estudio de concordancia consistencia se logró establecer un grado de acuerdo y precisión entre tres observadores ciegos que midieron lesiones periapicales crónicas en imágenes tomográficas y observaron imágenes radiográficas bidimensionales del tejido periapical de dientes tratados endodónticamente.

Para la medición en imágenes tomográficas del tejido periapical, un entrenamiento por un radiólogo experto mejoró el grado de acuerdo interobservador.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda continuar estudios similares hasta la estandarización de un método de medición y observación de imágenes tomográficas y radiográficas que permitan estimar el pronóstico de un procedimiento endodóntico.

Los resultados apuntan a la necesidad de una protocolización de los métodos de observación de imágenes tomográficas y radiográficas del tejido periapical con el fin de tener un correcto diagnóstico de la resolución o no, de las patologías periapicales.

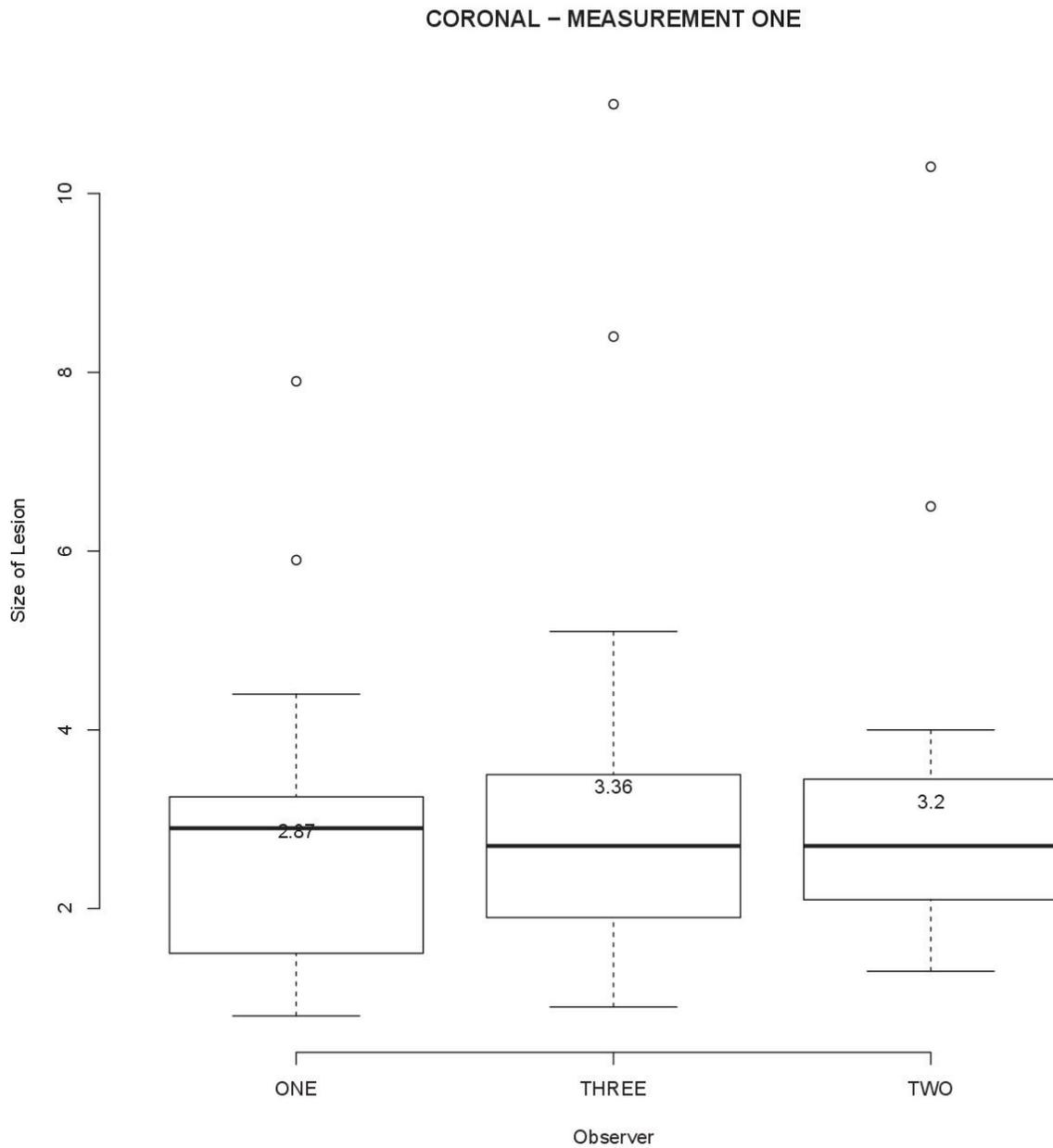
Es necesario establecer la presencia o ausencia de lesión apical en una imagen radiográfica, así como su magnitud precisa en cortes tomográficos, es de gran importancia en el diagnóstico, pronóstico, terapéutica y control de algunas patologías endodónticas. La usual subjetividad y falta de metodología estandarizada y sistemática en la apreciación y medición de imágenes radiográficas bidimensionales y tridimensionales por parte del odontólogo pueden incidir negativamente en el análisis de dichas patologías.

En cuanto a las variables categóricas se evidenció un alto grado de acuerdo entre los observadores antes y después del entrenamiento. Debe destacarse que la observación de estas variables es menos refinada e implica menor dificultad en el acuerdo dado que los observadores tienen formación previa en odontología y existe una familiaridad con este tipo de registros pero es necesaria una estandarización al momento de analizar y clasificar estas imágenes diagnósticas,

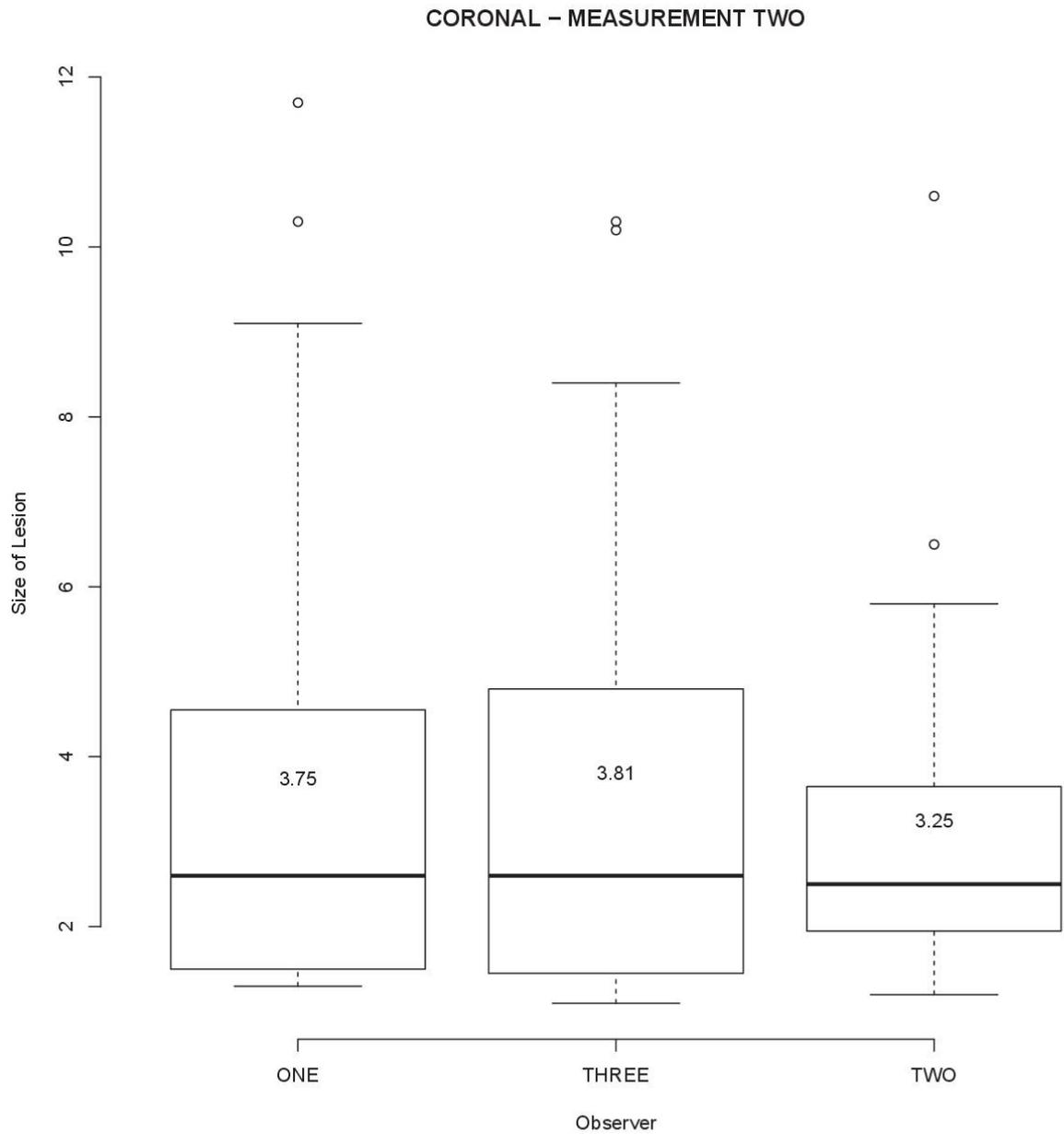
Se recomienda continuar la realización de estudios de este tipo que den cuenta de la importancia en la validación de los métodos diagnósticos utilizados en endodoncia.

A. Anexo: Análisis gráfico de similitud entre los observadores

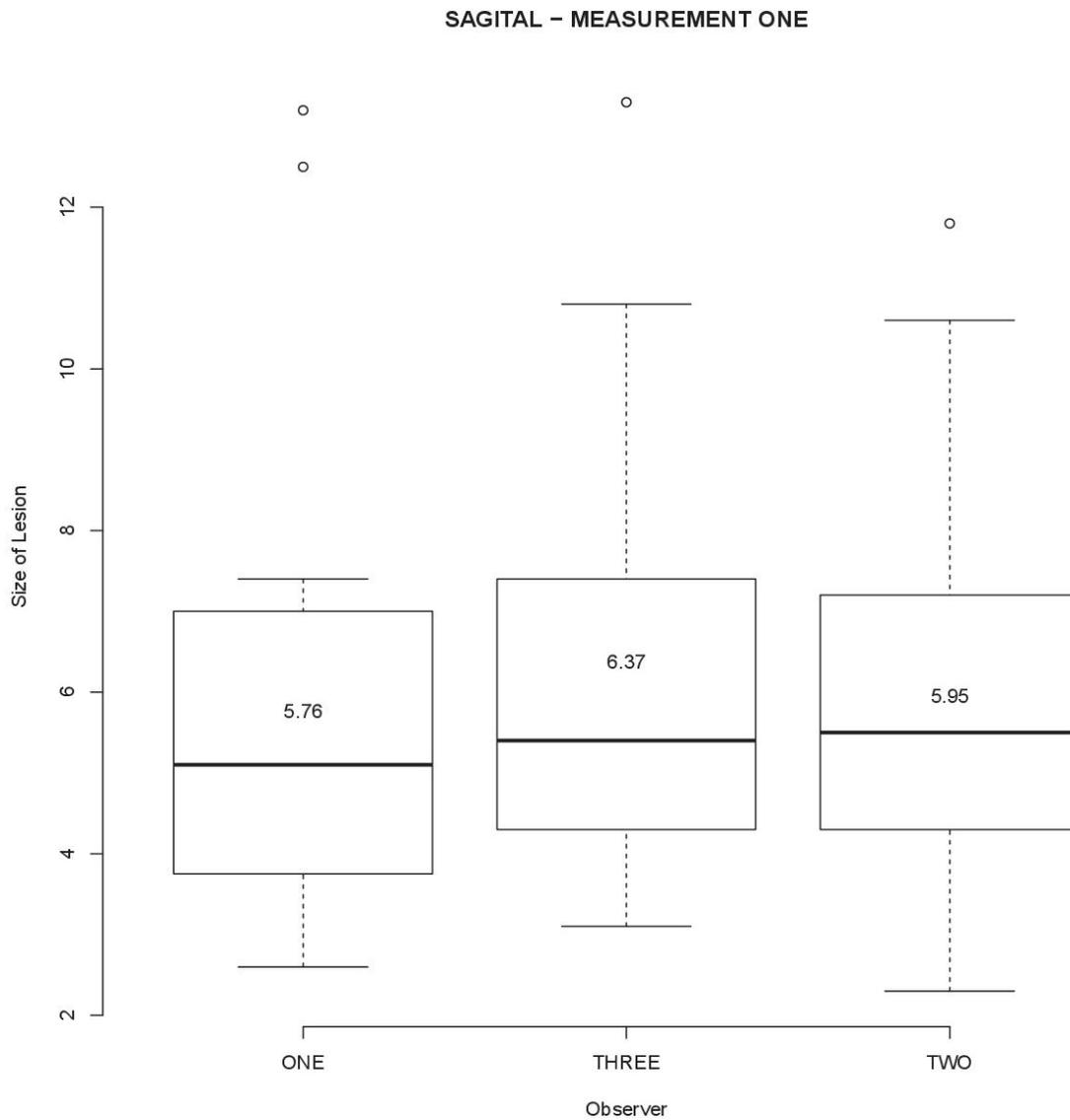
A.1. Comparación de las mediciones de tres observadores ciegos en el primer momento de observación en el eje coronal



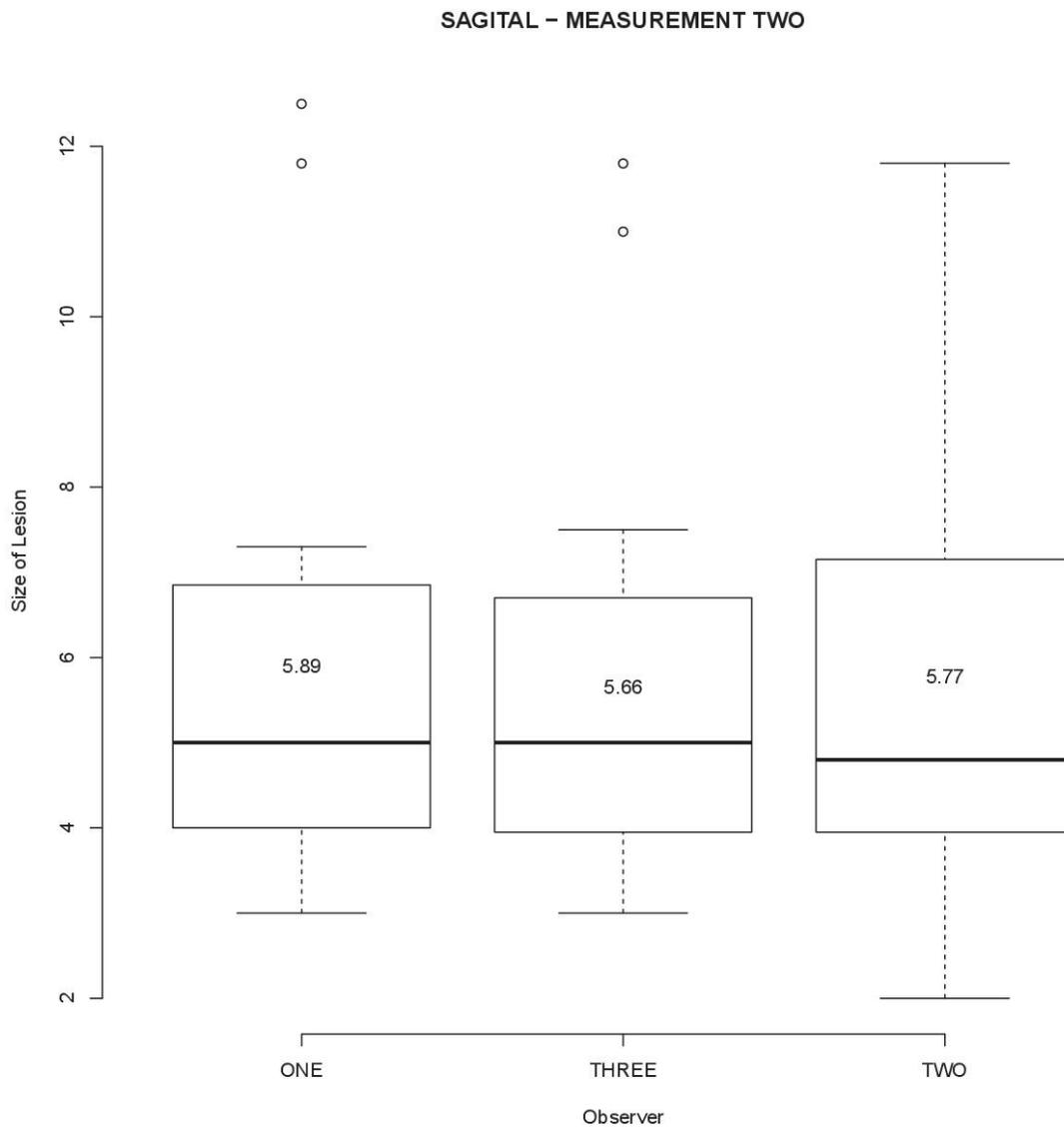
A.2. Comparación de las mediciones de tres observadores ciegos en el segundo momento de observación en el eje coronal.



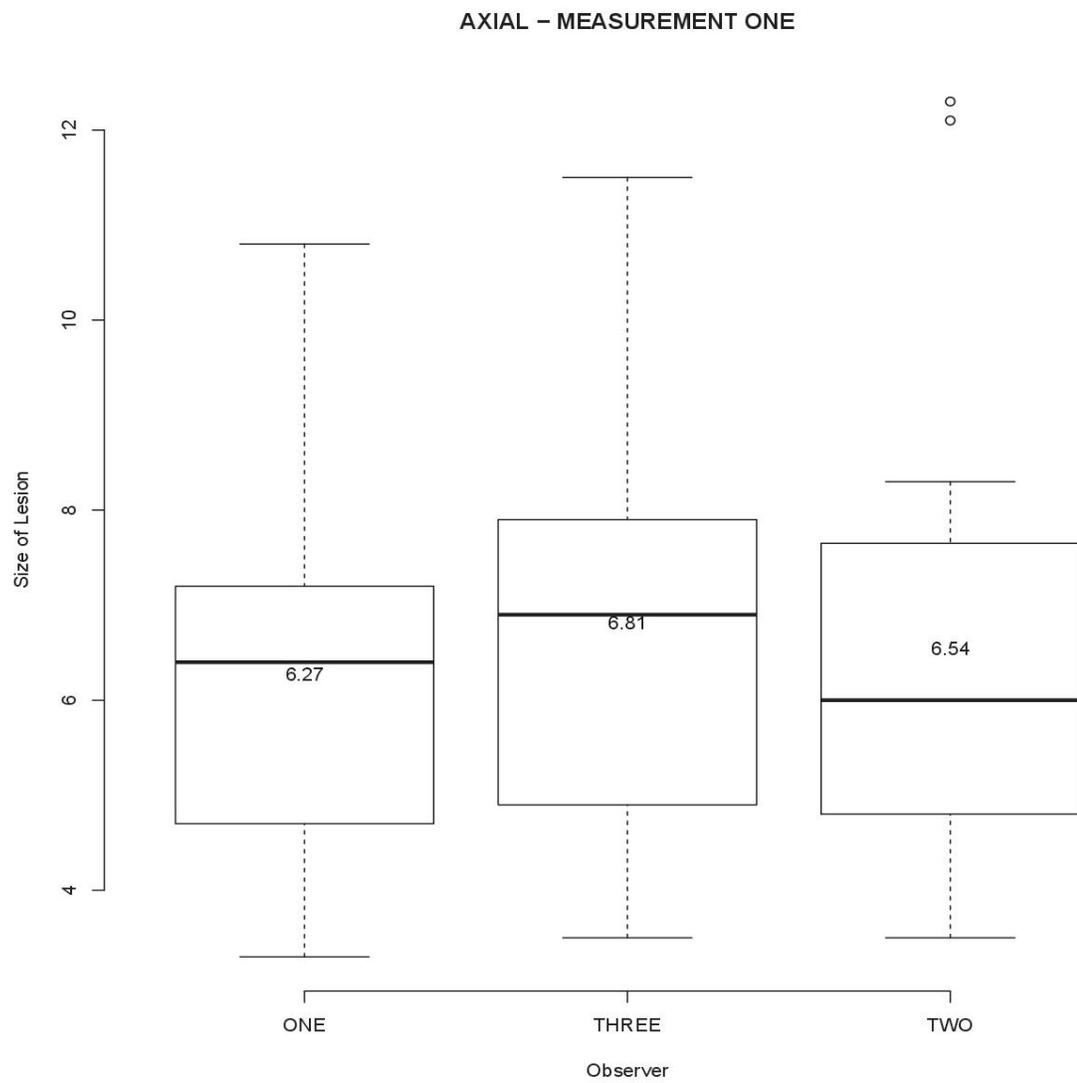
A.3. Comparación de las mediciones de tres observadores ciegos en el primer momento de observación en el eje sagital.



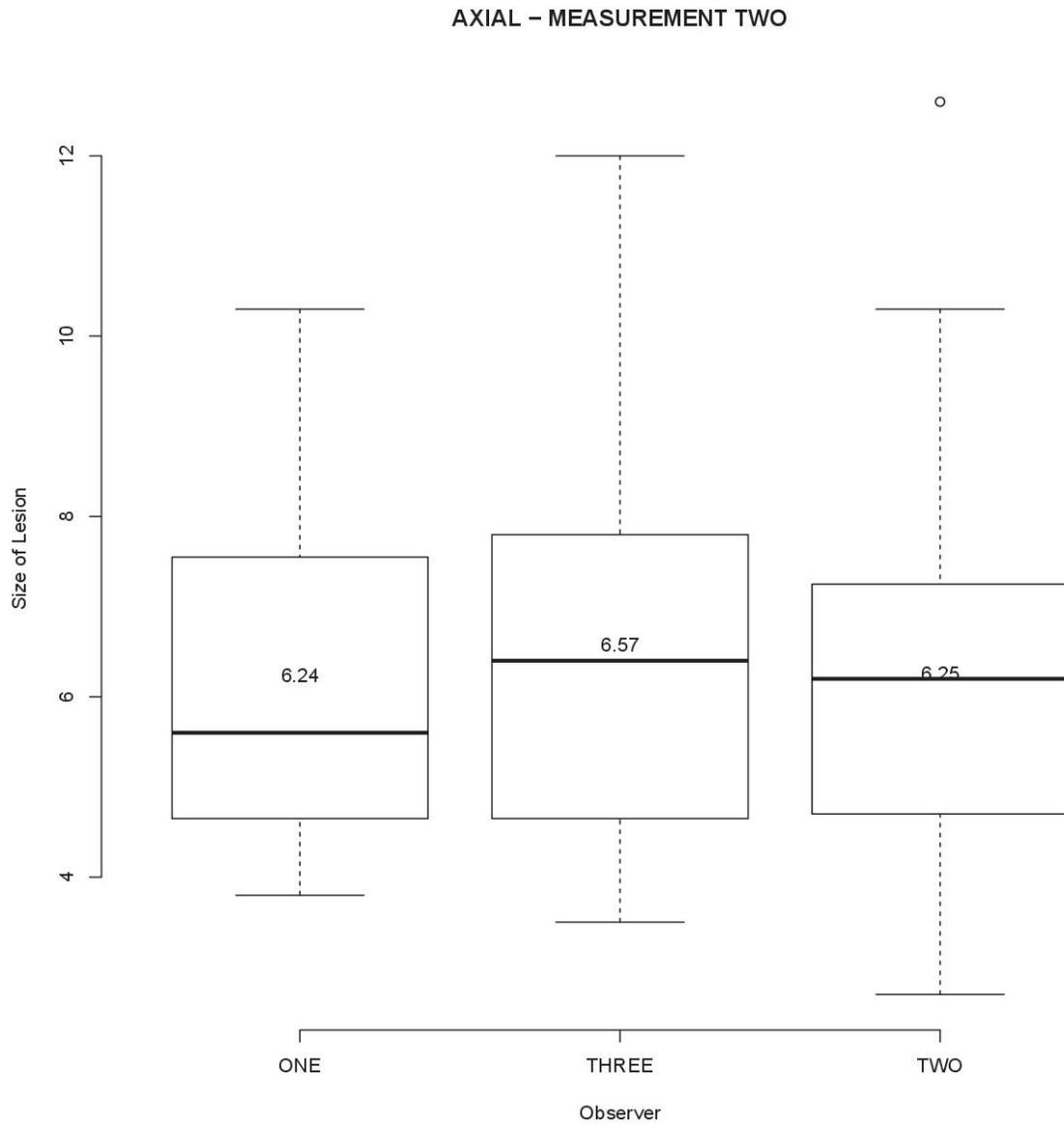
A.4. Comparación de las mediciones de tres observadores ciegos en el segundo momento de observación en el eje Sagital.



A.5. Comparación de las mediciones de tres observadores ciegos en el primer momento de observación en el eje axial.



A.5. Comparación de las mediciones de tres observadores ciegos en el primer momento de observación en el eje axial.



Bibliografía

1. Bornstein MM, Bingisser AC, Reichart PA, Sendi P, Bosshardt DD, von Arx T. Comparison between Radiographic (2-dimensional and 3-dimensional) and Histologic Findings of Periapical Lesions Treated with Apical Surgery. *J Endod.* 2015 Jun;41(6):804–11
2. Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):332–9.
3. Serrano-Giménez, Mireia, Alba Sánchez-Torres, and Cosme Gay-Escoda. “Prognostic Factors on Periapical Surgery: A Systematic Review.” *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal* 20, no. 6 (November 1, 2015): e715-722.
4. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8(9):1558–64
5. Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JR, Pécora JD. A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod.* 2008 Nov;34(11):1325–31.
6. Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1987 Aug;16(4):432–9
7. Rud J, Andreasen JO, Jensen JE. Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg.* 1972;1(4):195–214
8. López de Ullibarri Galparsoro I,. Medidas de concordancia: el índice Kappa. 1999;6:169–71.

9. Morales AR. Investigación clínica: Epidemiología clínica aplicada. Pontificia Universidad Javeriana; 2001. 550 p.
10. ISO (2007). International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms. 3rd ed. (Geneva: ISO).
11. Bland JM, Altman DG. Comparing two methods of clinical measurement: a personal history. *Int J Epidemiol.* 1995;24 Suppl 1:S7–14.
12. Estrela C, Holland R, Estrela CR de A, Alencar AHG, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J.* 2014 Feb;25(1):3–11.
13. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol.* 1986 Feb;2(1):20–34.
14. Brynolf I. Roentgenologic periapical diagnosis. I. Reproducibility of interpretation. *Sven Tandläk Tidskr Swed Dent J.* 1970 May;63(5):339–44.
15. Venskutonis T, Plotino G, Tocci L, Gambarini G, Maminkas J, Juodzbaly G. Periapical and endodontic status scale based on periapical bone lesions and endodontic treatment quality evaluation using cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2015 Feb;41(2):190–6.
16. Cortés-Reyes É, Rubio-Romero JA, Gaitán-Duarte H. Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología.* 2010 Sep;61(3):247–55.
17. ISO (2007). International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms. 3rd ed. (Geneva: ISO).
18. Levin R, Rubin D. Estadística para administración y economía. Pearson Education; 2004. 932 p
19. Zuolo ML, Ferreira MO, Gutmann JL. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. *Int Endod J.* 2000 Mar;33(2):91–8.
20. Hepworth MJ, Friedman S. Treatment outcome of surgical and non-surgical management of endodontic failures. *J Can Dent Assoc.* 1997 May;63(5):364–71.
21. Martínez P, Marín DJ, Suárez LC, García CC. Signos y síntomas clínicos predictores de cicatrización apical 12 meses después de microcirugía endodóntica. *Univ Odontol.* 2015 Jul-Dic; 34(73). <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.uo34-73.sscp>

22. Claudia Carmiña Garcia Guerrero. Factores pre quirurgicos determinantes del pronóstico dental en microcirugia endodontica a diferentes intervalos de tiempo. Universidad Nacional de Colombia; 2015
23. Huumonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod Top.* 2002 Mar 1;1(1):3–25.
24. Venskutonis T, Daugela P, Strazdas M, Juodzbaly G. Accuracy of digital radiography and cone beam computed tomography on periapical radiolucency detection in endodontically treated teeth. *J Oral Maxillofac Res.* 2014 Apr;5(2):e1.
25. Gutmann JL, Baumgartner JC, Gluskin AH, Hartwell GR, Walton RE. Identify and define all diagnostic terms for periapical/periradicular health and disease states. *J Endod.* 2009 Dec;35(12):1658–74.
26. Suomalainen A, Vehmas T, Kortnesniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dento Maxillo Facial Radiol.* 2008 Jan;37(1):10–7.
27. European Society of Endodontology, Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, et al. European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *Int Endod J.* 2014 Jun;47(6):502–4.
28. Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics. AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015 Oct;120(4):508–12.
29. Maret D, Telmon N, Peters OA, Lepage B, Treil J, Inglessè JM, et al. Effect of voxel size on the accuracy of 3D reconstructions with cone beam CT. *Dento Maxillo Facial Radiol.* 2012 Dec;41(8):649–55.
30. Lin LI-K. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometrics.* 1989;45(1):255–68.
31. Cerda J, Villaroel del P.L. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Rev Chil Pediatr.* 2008; 79 (1):54–58.
32. Van der Wal RJP, Ottevanger JW, de Rooij TPW, Thomassen BJW, Van Arkel ERA. Intraobserver and Interobserver Agreement of Magnetic Resonance Imaging for Reparability of Peripheral Meniscal Tears: What Criteria Really Matter? *J Knee Surg.* 2016 Jul 1;

33. http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c_es.pdf Declaracion de Helsinki, año 2008. Accedido el 19/10/2016
34. Abreu M, Tyndall D, Platin Eand Phillips C. Two and three-dimensional imaging modalities for the detection of caries. A comparison between film, digital radiography and tuned aperture computed tomography (TACTtm). *Dentomaxillofacial Radiology*, 1999. 28, 152 - 157p
35. Parviainen H, Vähänikkilä H, Tjäderhane L and Vuokko A. Evaluating performance of dental caries detection methods among third-year dental students. *BMC Oral Health* 2013, 13:70
36. Marroquín T, García C. Guidelines for clinical diagnosis of pulp and periapical pathologies. adapted and updated from the “consensus conference recommended diagnostic terminology” published by the american association of endodontists (2009). *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*. 2015 Jun;26(2):398–424.
37. Von Arx T, Janner SFM, Hänni S, Bornstein MM. Evaluation of New Cone-beam Computed Tomographic Criteria for Radiographic Healing Evaluation after Apical Surgery: Assessment of Repeatability and Reproducibility. *J Endod*. 2016 Feb;42(2):236–42.
38. Kruse C, Spin-Neto R, Wenzel A, Kirkevang L-L. Cone beam computed tomography and periapical lesions: a systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model. *Int Endod J*. 2015 Sep;48(9):815–28.
39. Christiansen R, Kirkevang L-L, Gotfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009 Dec;38(8):531–6.