

01461²/₂₁

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION**

**"CONFIABILIDAD DE CINCO LOCALIZADORES
ELECTRONICOS DE FORAMEN FISIOLÓGICO. ESTUDIO
EXPERIMENTAL " IN VITRO "**

Tesis que presenta

Prof. Dr. med. dent.. C.D. Benjamin Briseño Marroquin

para optar por el grado de Maestro en Odontología

Tutor:

Dr. Juan Carlos Hernández Guerrero

México D.F. 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONFIABILIDAD DE CINCO LOCALIZADORES
ELECTRONICOS DE FORAMEN FISIOLÓGICO.
ESTUDIO EXPERIMENTAL " in vitro"

Aprobada por:

Maestro. José Antonio Vela Capdevila _____

Asesor

Doctor. Juan Carlos Hernández Guerrero _____

Asesor

Doctor. Manuel Saavedra García _____

Asesor

Maestro Raúl Luis García Aranda _____

Director

DEDICATORIAS

Es usual que esta página este dedicada a los seres que de alguna manera han sido un apoyo moral y hayan fortificado la madurez del autor de la tesis. No voy a hacer alguna excepción a esta regla no escrita. Sin embargo es mi deseo dedicarle esta tesis a mis padres

Dr. Benjamín Briseño Castrejón

Sra. Bertha Marroquín de Briseño

no solo como es costumbre sino que quisiera hacerlo conjuntamente y a nombre de mis hermanos cunales:

Angelita, Bertha, Oscar Javier y Esther.

Es sin duda el ejemplo de nuestros padres a lo largo de nuestra vida el que nos ha enseñado a permanecer, a pesar de las distancias que nos separan, en una relación estrecha pero sobre toda colmada de cariño. No solamente el hecho de saberlos constantemente a mi lado sino la formación ejemplar de sus familias y el cariño y amor con el que juntamente con sus cónyuges han sabido llevar a sus hijos han sido fortaleza y fuente de inspiración constantes las cuales indudablemente han formado parte de mis logros académicos pero sobre todo humanos

A mis hijos Oliver y Cindy y a mi esposa Maxi

AGRADECIMIENTOS

Siendo yo graduado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México uno de mis mas apremiantes deseos como profesionista siempre fue el obtener una maestría de la UNAM. La vida me ha llevado por lugares lejanos a mi país natal y por lo tanto este deseo aprecia día con día mas distante. Es por eso que quisiera agradecer el apoyo, por demás especial, que me han brindado los Drs. Luis García Aranda y Juan Carlos Hernández Guerrero. Sin lugar a dudas, sin este apoyo, la culminación de esta tesis no habria sido posible.

La mención anterior de los Drs. Luis García Aranda y Juan Carlos Hernández Guerrero es mérito suficiente. Sin embargo quisiera expresarles mi mas sincero agradecimiento por el hecho de que al correr de los años me han distinguido con su amistad.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Chefin Frau Professor Britta Willershausen-Zönnchen Direktorin der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde der Johannes Gutenberg-Universität Mainz für ihre stets kollegiale und freundliche Unterstützung bei meiner akademischen Laufbahn.

RECONOCIMIENTOS

Quisiera expresar mi reconocimiento a la Universidad Johannes Gutenberg de Mainz, Alemania por el apoyo que me brindaron para desarrollar la parte de investigación de este trabajo. A las compañías fabricantes de los aparatos de localización electrónica del foramen fisiológico por habernos facilitado los aparatos para la investigación sin costo alguno.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Odontología, División de Estudios de Posgrado e Investigación por la oportunidad de hacer posible una investigación conjunta entre las dos universidades.

INDICE

1.1. RESUMEN.....	7
1.2. SUMMARY	8
2. INTRODUCCION.....	9
2.1.1. Método matemático para la determinación de la longitud de trabajo.....	11
2.1.2. Método radiológico para la determinación de la longitud de trabajo.....	12
2.1.3. Método electrónico para la determinación de la longitud de trabajo.....	18
2.2. Planteamiento de el problema.....	28
2.3. Justificación.....	29
2.4. Hipótesis	29
2.5. Objetivos.....	29
3. MATERIALES Y METODOS EMPLEADOS	30
3.1. Selección, tipo y tamaño de la muestra de estudio.....	30
3.2. Selección de variables: definición operacional y escalas de medición	30
3.3. Método de recolección de datos.....	31
3.4. Materiales y equipo a emplear	32
3.5. Métodos de registro y procesamiento	35
3.6. Análisis estadístico de los datos.....	36
4. RESULTADOS.....	36
4.1 Resultados individuales	36
4.2 Comparación de los resultados obtenidos con los cinco localizadores electrónicos de el foramen fisiológico.....	49
5. DISCUSION.....	55
6. CONCLUSIONES.....	60
7. BIBLIOGRAFIA.....	61

INDICE DE FIGURAS, GRAFICAS Y TABLAS

FIGURAS

1. Topografía de la región apical	11
2. Formula matemática para le determinación de la longitud de trabajo	12
3. Problemas inherentes a distintas proyecciones radiológicas	14
4. Problemas inherentes a distintas proyecciones radiológicas	14
5. Problemas inherentes a distintas proyecciones radiológicas	15
6. Problemas inherentes a distintas proyecciones radiológicas	15
7. Problemas inherentes a la determinación radiológica de la longitud de trabajo	16
8. Problemas inherentes a la determinación radiológica de la longitud de trabajo	17
9. Posición de la punta de un instrumento en la radiografía	18
10. Valor de la resistencia eléctrica de un instrumento corto en el conducto radicular	22
11. Valor de la resistencia eléctrica de un instrumento largo en el conducto radicular	23
12. Valor de la resistencia eléctrica de un instrumento exacto en el conducto radicular	25
13. Principio eléctrico de aparatos electrónicos localizadores de el foramen fisiológico con valor predeterminado	26
14. Principio eléctrico de aparatos electrónicos localizadores de el foramen fisiológico con señalamiento audiovisual	27
15. Modelo de trabajo utilizado para determinar la confiabilidad de los aparatos electrónicos para la localización de el foramen fisiológico	34

Gráficas

1. Curvas emitidas por los valores de las resistencias eléctricas de distintos tipos de tejidos	21
2. Resultados obtenidos con el Apex-Locator	37
3. Resultados obtenidos con el Endocater	39
4. Resultados obtenidos con el Exact-A-Pex	41
5. Resultados obtenidos con el Odontometer	43
6. Resultados obtenidos con el S.E.T.-Locator	45
7. Distribución porcentual obtenidas con el Apex-Locator	46
8. Distribución porcentual obtenidas con el Endocater	46
9. Distribución porcentual obtenidas con el Exact-A-Pex	47
10. Distribución porcentual obtenidas con el Odontometer	47
11. Distribución porcentual obtenidas con el S.E.T.-Locator	48
12. Confiabilidad de la localización exacta de el foramen fisiológico	49
13. Confiabilidad de la localización a ± 0.5 mm de el foramen fisiológico	50
14. Confiabilidad de la localización a ± 1.0 mm de el foramen fisiológico	50
15. Confiabilidad de la localización a ± 1.5 mm de el foramen fisiológico	51
16. Confiabilidad de la localización a ± 2.0 mm de el foramen fisiológico	51
17. Resumen de el análisis estadístico	52

Tablas

1. Dimensiones de entidades anatómicas apicales	10
2. Mediciones obtenidas con el Apex-Locator	36
3. Mediciones obtenidas con el Endocater	38
4. Mediciones obtenidas con el Exact-A-Pex	40
5. Mediciones obtenidas con el Odontometer	42
6. Mediciones obtenidas con el S.E.T.-Locator	44
7. Valores promedios y desviaciones estándar de los resultados obtenidos	53
8. Diferencias estadísticas significativas	54

1.1 RESUMEN

La determinación de la longitud de trabajo es un factor decisivo para poder llevar a cabo una correcta preparación del conducto radicular. Uno de los métodos para determinar la longitud de trabajo es por medio de aparatos electrónicos capaces de localizar el foramen fisiológico. En este estudio in vitro se investigó la confiabilidad de cinco aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico.

128 raíces de dientes extraídos fueron utilizadas en este estudio. Las raíces fueron fijadas en un recipiente y cubiertas con una solución gelatinosa de agar-agar con un pH de 7.3 y una resistencia eléctrica de 6.5 k Ω . De esta manera fue posible simular la resistencia eléctrica de los tejidos periapicales. Estos valores se mantuvieron constantes durante todo el periodo de investigación. La longitud real de cada una de las raíces fue determinada con ayuda de un microscopio estéreo (63x). Posteriormente la longitud de las raíces fue determinada con cinco aparatos electrónicos localizadores de foramen fisiológico (Apex-Locator, Mark II / Evident; Endocater / Hygienic Corp.; Exact-A-Pex / Ellman Int.; Odontometer / A/S Goof y S.E.T.-Locator / Societé Endo Technic).

Los resultados obtenidos demostraron que los aparatos estudiados localizaron la posición exacta del foramen fisiológico solamente entre el 28.80 y 35.16% de los conductos medidos. Sin embargo estos promedios aumentaron de 72.22 a 82.81% si se permitía un límite de error de ± 0.05 mm. La confiabilidad de los aparatos Apex-Locator y Exact-A-Pex alcanzó el 100% al permitir una tolerancia de ± 2.0 mm. Solamente el Apex-Locator y Exact-A-Pex no demostraron diferencias significativas con respecto a la longitud real de los conductos medidos.

1.2 SUMMARY

An accurate determination of the working length plays a decisive role for a proper debridement of the root canal. A possibility to determine the working length is by means of electronic devices capable of locating the physiological foramen. The aim of this research was to study the reliability of five different electronic apex-locators in vitro.

128 roots of extracted teeth were used in this study. The roots were fixed in a recipient and covered with an agar-agar solution with a pH of 7.3 and a resistance of 6.5 k Ω . This values were kept constant throughout the entire research period. The real length of the root canals was determined by looking through a stereo microscope (63x). The length of the root canals was determined afterwards with five different electronic apex-locators (Apex-Locator, Mark II / Evident; Endocater / Hygienic Corp.; Exact-A-Pex / Ellman Int.; Odontometer / A/S Goof and S.E.T.-Locator / Societ  Endo Technic).

The results showed that the electronic apex-locators could only find the exact location of the physiological foramen between 28.80 to 35.16% of the measured root canals. However, this values proved higher (between 72.22 to 82.81%) if a tolerance of ± 0.05 mm was allowed. It was shown that if a tolerance of ± 2.0 mm was allowed the devices Apex-Locator and Exact-A-Pex had an accuracy of 100%. Only the Apex-Locator and Exact-A-Pex showed no statistical significant differences with the real length of the root canals.

2 INTRODUCCION

El éxito de un tratamiento endodóntico depende de un diagnóstico preciso, de una correcta preparación biomecánica y de una obturación hermética de los conductos radiculares. El éxito o fracaso de la preparación biomecánica de los conductos radiculares depende en gran manera en el establecimiento de una longitud de trabajo exacta (1). En 1928 Walkhoff (mencionado por Guldener) (2) aseveró que es mas importante para el éxito de un tratamiento lo que se remueve del conducto radicular que el material con el que se obtura el mismo. El punto apical que determina la terminación de la longitud de trabajo está dada por el foramen fisiológico, el cual debido a consideraciones anatómicas (Figura 1), raras veces coincide con el nivel del ápice radiológico (3-9). Kuttler (10) determinó las dimensiones de las entidades anatómicas de la región apical de 436 dientes obteniendo los resultados resumidos en la Tabla 1. Chapman (11) afirma que el foramen fisiológico se encuentra entre 0.5 a 1 mm coronal del ápice radiológico en mas del 92% de los casos estudiados por él. Por encima de esto diversos autores (3, 4, 10-12) comprobaron que entre el 50 a 80% de los dientes estudiados por ellos que la desembocadura del conducto radicular en los tejidos periapicales no es céntrica cuando se toma como punto de referencia al eje de la raíz del diente.

Una determinación corta de la longitud de trabajo provocaría consecuentemente una limpieza corta del conducto. Esto daría como resultado que en la porción del conducto radicular que no fue limpiada adecuadamente permanecieran residuos de tejidos pulpares y/o bacterianos los cuales, a corto o largo plazo, representan una irritación constante para los tejidos periapicales y por ende el fracaso del tratamiento radicular. La determinación de una longitud de trabajo mas larga que el conducto radicular provocaría la irritación de los tejidos periapicales durante la limpieza del conducto y una sobre obturación o sobre extensión de los materiales obturadores de conducto radicular (13).

	Individuos jóvenes	Mayores de 55 años
Diámetro del foramen apical	502 μ	681 μ
Diámetro del foramen fisiológico	224 μ	210 μ
Distancia entre el foramen apical y fisiológico	524 μ	659 μ

Tabla I. Dimensiones de entidades anatómicas apicales emitidas por Kuttler (10).

En 1869 uno de los primeros esfuerzos realizados para determinar la longitud de trabajo fue por medio de un instrumento para conductos radiculares con un resorte elástico en la punta (14). Debido a la deformación que sufría el resorte al sobrepasar el foramen apical era posible establecer la longitud de trabajo. Un método menos traumático para la determinación de la longitud de trabajo fue presentado en 1928 por Blayney (15). Para esto utilizó un "alambre para mediciones" de diferentes longitudes los cuales presentaban marcaciones en la porción oclusal. Blayney (15) sugirió que después de haber introducido el alambre en el conducto radicular y haber hecho la radiografía correspondiente era posible comparar la longitud del alambre en la radiografía y la longitud real del mismo y de esta manera establecer la longitud de trabajo. Grove (16) propuso en 1929 un aparato para sostener los instrumentos radiculares con una escala lateral. En 1958 Schnur (17) describió una sonda bi-metálica para la determinación de la longitud de trabajo. Esta idea fue recogida años después por Renggli (18) el cual diseñó la Sonda-Endométrica en 1971. Esta sonda está hecha de dos metales de diferente radioopacidad y presenta calibraciones mi-

limétricas. Estas primeras innovaciones y otras posteriores, hechas en el área endodóntica así como radiológica también, han propiciado que el método radiográfico sea hoy en día, desde un punto de vista clínico, el más acertado.

Topografía de la región apical

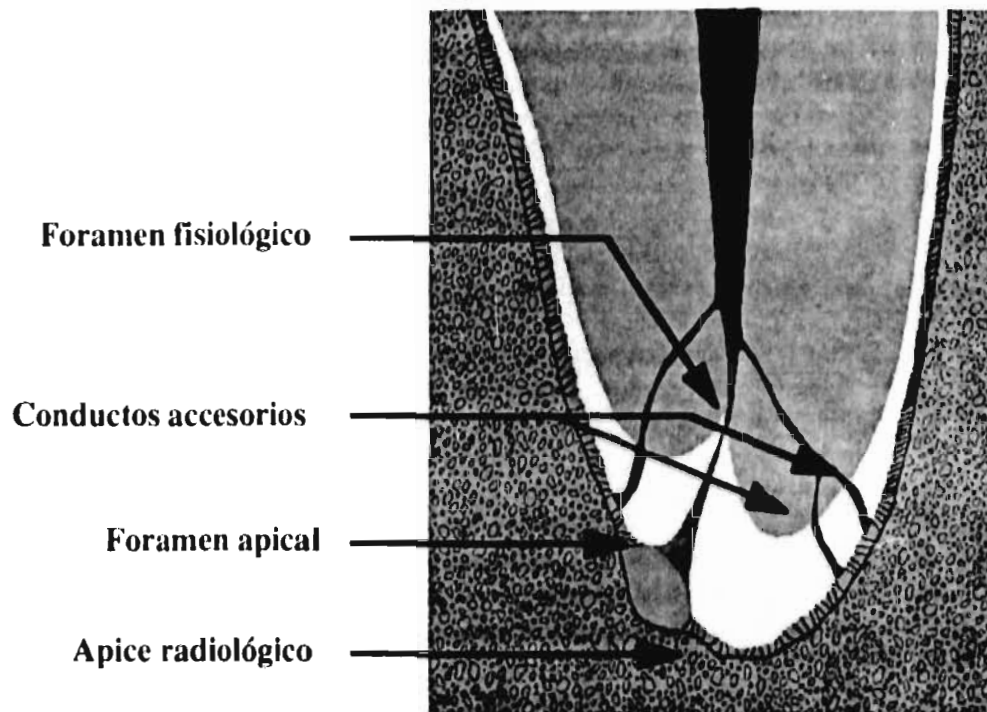


Figura 1. Topografía de la región apical (tomada y modificada de: Ardines Limonchi P.: Endodoncia I. El Acceso. Editorial Odontolibros, México D. F. 1985).

2.1.1 Método matemático para la determinación de la longitud de trabajo

Existen diferentes métodos para determinar la longitud de trabajo. Uno de ellos es el método matemático (Figura 2) propuesto en 1950 por Bregman (19) el cual, paradójicamente, no es exacto. Su inexactitud se debe a que para poder establecer la longitud de trabajo con este método con precisión sería necesario que la película radiográfica no fuera doblada para evitar deformaciones, cono-

cer exactamente la geometría de las estructuras dentales, sobre todo del conducto radicular, así como el ángulo de la película radiográfica con respecto al eje dental y el ángulo con el que el rayo-x principal expone la placa radiográfica. Con los métodos de diagnóstico actuales es prácticamente imposible para el operador obtener la información necesaria para determinar estos factores con la exactitud requerida.

$$L_c = \frac{L_r \times L_i}{L_{ir}}$$

Figura 2. Formula matemática para la determinación de la longitud de trabajo (19). L_c = longitud del conducto radicular; L_r = longitud radiológica; L_i = longitud real del instrumento; L_{ir} = longitud del instrumento en la radiografía.

2.12 Método radiológico para la determinación de la longitud de trabajo

El método más aceptado hoy en día, a pesar de los problemas inherentes al mismo (20) es el método radiográfico; ya sean en proyecciones ortoradiales o excéntricas. A pesar de los avances tecnológicos constantes en materia radiográfica es necesario estar consciente de sus limitaciones físicas. La proyección de estructuras tridimensionales expuestas radiológicamente en una película en dos dimensiones representa problemas de interpretación para el operador (Figuras 3 - 6). Por un lado la realidad de una entidad anatómica determinada con lo que el operador ve, cree que ve o no ve en la radiografía pueden ser situaciones muy distintas (20). Por otro lado la imposibilidad de reproducir una proyección radiológica determinada con exactitud son limitaciones inherentes del método radiológico.

El uso de un tubo largo, en vez de cono, en el aparato de rayos X disminuye la distorsión de la imagen resultante de una manera significativa (21-23). Con el

tubo largo el haz de rayos X utilizados con una distancia focal de 40 cm corren casi paralelos entre sí por lo que las imágenes radiológicas obtenidas de esta manera sufren distorsiones mínimas y se incrementa la nitidez de las mismas. El uso de una técnica de proyección paralela y aparatos para sostener la película radiográfica en la boca disminuyen también posibles distorsiones de las imágenes obtenidas.

La imposibilidad de poder determinar con precisión absoluta la posición del foramen fisiológico con los métodos radiológicos de aproximación y paralelismo (Figuras 7 y 8) y la dificultad para determinar con exactitud la posición de la punta de un instrumento en la radiografía (Figura 9) han originado la búsqueda de métodos que sean capaces de localizar el mismo con un margen de seguridad confiable.

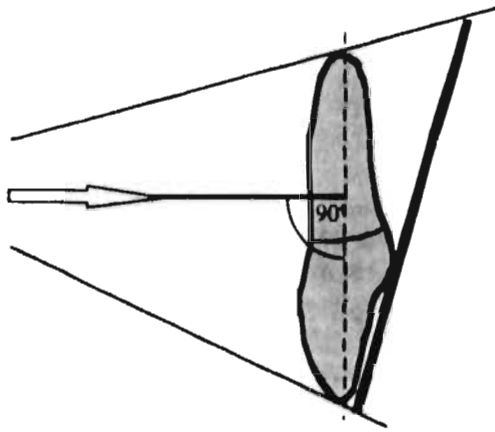


Figura 3. Cuando el rayo X principal llega perpendicular al eje dental y no a la película radiográfica la imagen obtenida resulta distorsionada y alargada.

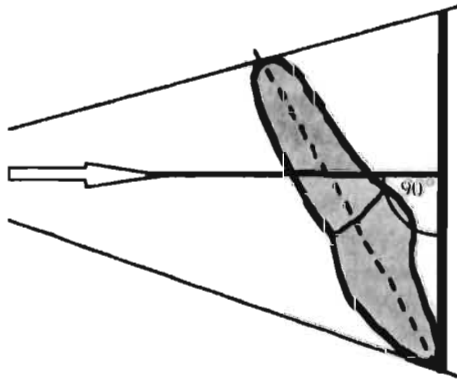


Figura 4. Cuando el rayo X principal llega perpendicular a la película radiográfica y no al eje dental, la imagen obtenida resulta distorsionada y encogida.

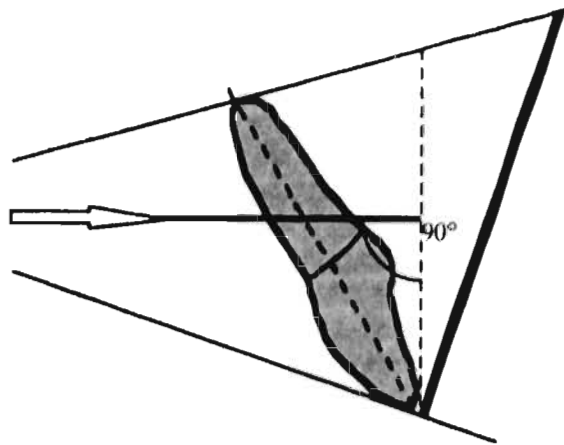


Figura 5. Cuando el rayo X principal llega perpendicular a la bisectriz y no a la película radiográfica o al eje dental la imagen obtenida resulta distorsionada y alargada.

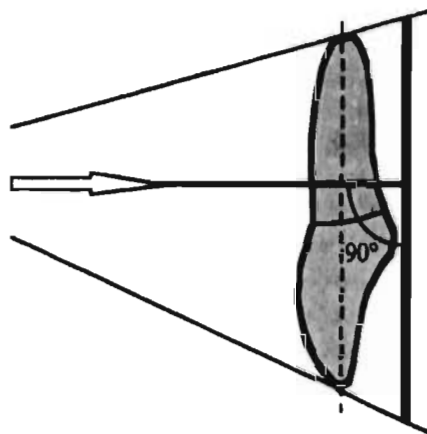


Figura 6. Cuando el rayo X principal llega perpendicular a la película radiográfica y al eje dental la imagen obtenida resulta alargada.

Técnica radiológica de aproximación

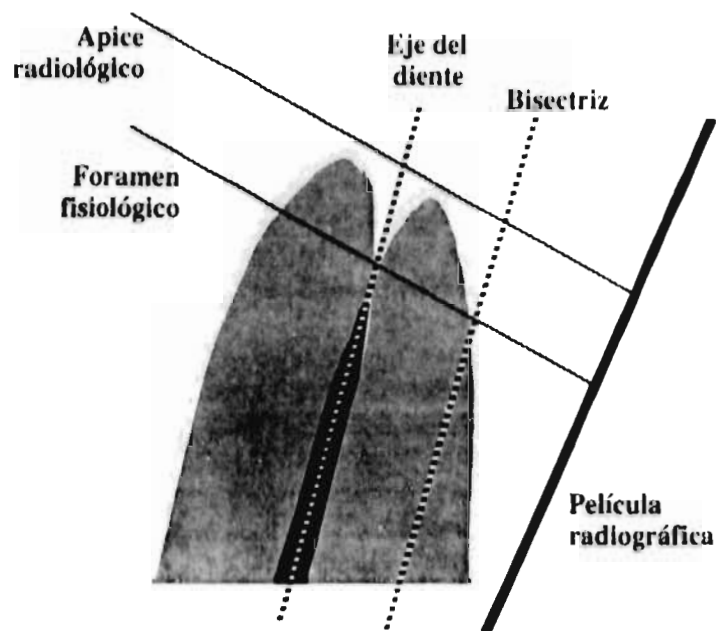


Figura 7. Problemas inherentes a la determinación exacta de la longitud de trabajo con la técnica radiológica de aproximación en conductos radiculares rectos.

Técnica radiológica de aproximación

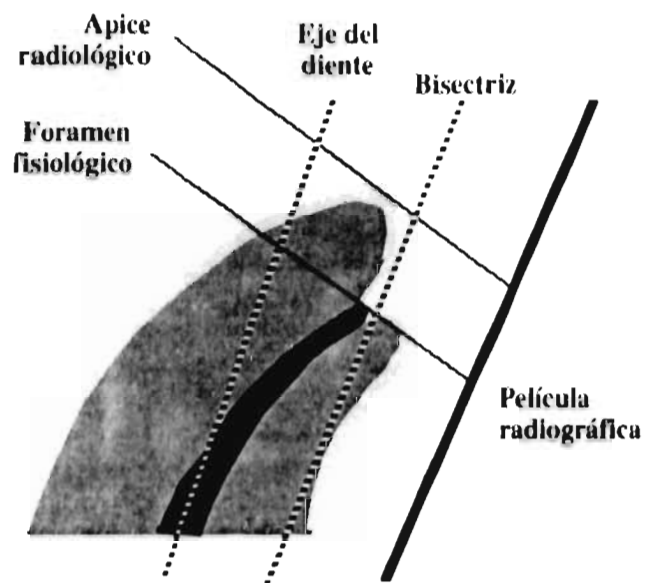


Figura 8. Problemas inherentes a la determinación exacta de la longitud de trabajo con la técnica radiológica de aproximación en conductos radiculares curvos.

Determinación de la longitud de trabajo

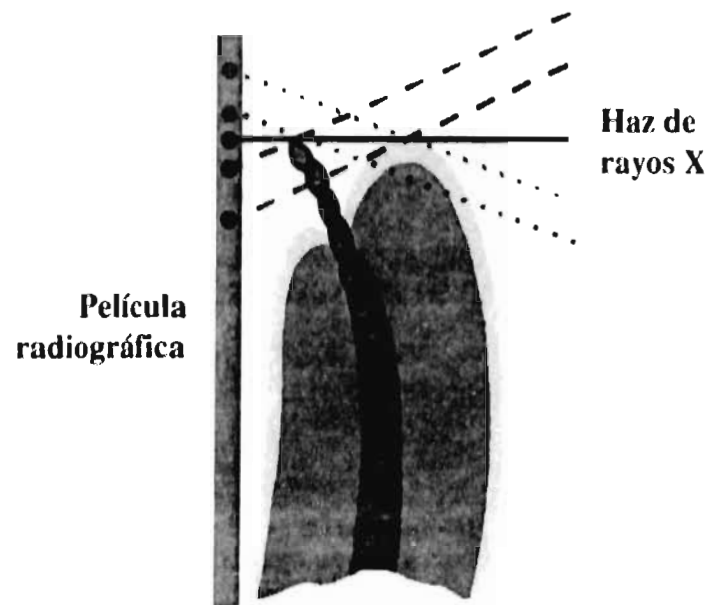


Figura 9. Variaciones de la posición de la punta de un instrumento sobrepasado y el ápice radiográfico durante la determinación de la longitud de trabajo en tres imágenes distintas obtenidas con distintos ángulos de proyección radiográfica.

2.13 Método electrónico para la determinación de la longitud de trabajo

La posibilidad de determinar la longitud de trabajo electrónicamente está dada por medio del uso de aparatos capaces de medir la resistencia eléctrica del foramen fisiológico. Custer (24) en 1918 fue el primero en tratar de determinar la longitud de trabajo con un método eléctrico; semejante en principio a los métodos electrónicos actuales. Custer (24) postuló que la capacidad de conducción eléctrica dentro del conducto radicular seco debería de ser diferente a la capacidad de conducción eléctrica de los tejidos periapicales. Otros postula-

dos de Custer (24) fueron que el valor de la resistencia eléctrica del tejido periapical y el de un electrodo colocado en la mano del paciente son iguales y que la dentina actúa como material aislante debido a su bajo contenido de agua. Sin embargo los trabajos de Custer no prosperaron debido a que utilizó corriente alterna, lo que condujo a inflamaciones de los tejidos periapicales que entraron en contacto con los electrodos y a mediciones erróneas ya que la medición de la resistencia de la mano con corriente alterna no es constante (25).

Suzuki (26) demostró en 1942 en dientes de perros que la resistencia eléctrica de la mucosa oral y la del ligamento periodontal (por medio de un instrumento introducido en el conducto radicular hasta el foramen fisiológico) eran iguales y constantes. Scheufele (27) fue el primero en corroborar los resultados de Suzuki en conductos radiculares humanos. Las bases clínicas para la determinación electrónica de la longitud de trabajo están basadas en los descubrimientos hechos por Suzuki en 1942 (26) y la aplicación de los descubrimientos de Suzuki en la práctica clínica realizados por Scheufele en 1950 (27) y por Sunada en 1962 (28).

En 1962 Sunada (28) basándose en los principios de Suzuki y Custer llegó a las siguientes conclusiones:

- ⇒ que la resistencia eléctrica dentro del conducto radicular es superior a los $20 \text{ k}\Omega$ (Figura 10),
- ⇒ que el valor absoluto de la resistencia eléctrica del conducto radicular depende de su contenido,
- ⇒ que no es posible precisar la posición exacta de la punta del instrumento en el conducto radicular,
- ⇒ que la resistencia eléctrica de tejidos pulpares necróticos es superior a la de tejidos pulpares vitales (Gráfica 1),
- ⇒ que la resistencia eléctrica del tejido periapical es menor a $6.5 \text{ k}\Omega$ (Figura

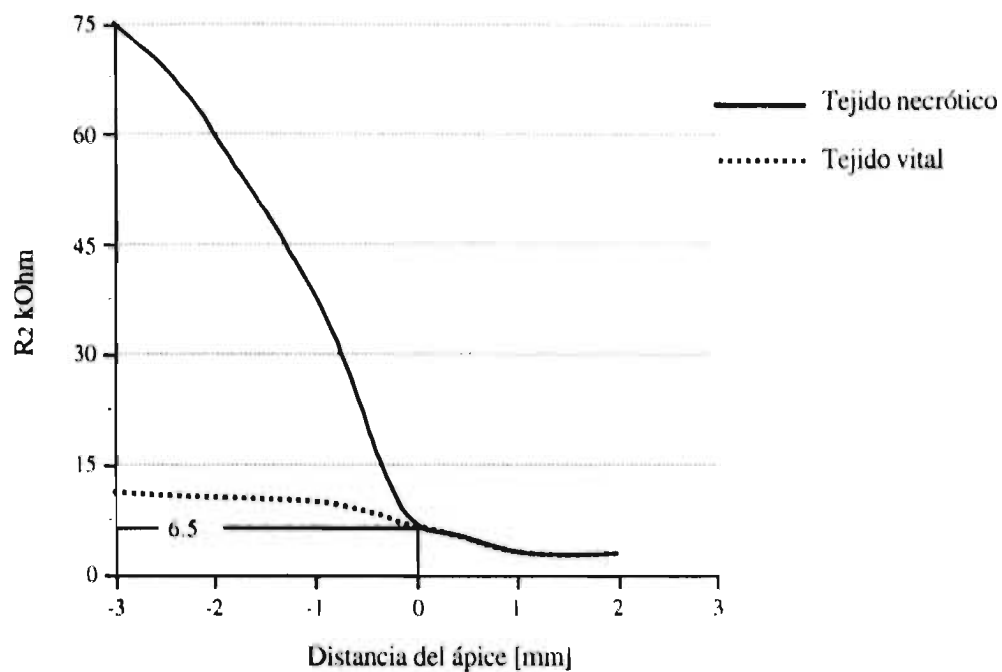
11),

- ⇒ que la resistencia eléctrica de un instrumento metálico introducido en el conducto radicular y cuya punta se encuentra a nivel del foramen fisiológico es constante ($6.5 \text{ k}\Omega$),
- ⇒ que al inducir una corriente continua de $40 \mu \text{ A}$ ($\pm 1 \mu \text{ A}$) a un instrumento metálico e introduciendo este a su vez en el conducto radicular se puede localizar el foramen fisiológico al obtener una lectura de $6.5 \text{ k}\Omega$ (Figura 12) y
- ⇒ que la edad del paciente, el diámetro del conducto así como el tipo de diente no tienen influencia alguna en el valor de la resistencia eléctrica del foramen fisiológico.

La determinación de la longitud de trabajo realizada por Sunada (28) consistió en la calibración entre las resistencias eléctricas del surco gingival y del foramen fisiológico. El valor de la resistencia eléctrica del surco gingival la obtuvo por medio de la penetración de aproximadamente 2 mm de una sonda metálica en el surco gingival. Sunada (28) estableció el valor obtenido de esta manera como el valor que debería de ser obtenido por un instrumento al ser introducido en el conducto radicular y al llegar al foramen fisiológico. El mismo Sunada (28) reporta una exactitud en la determinación de la longitud de trabajo del 81% ($\pm 0.5 \text{ mm}$) con este método.

Otros autores (29-32) postulan teorías diferentes a las de Sunada. Inoue (29) asegura que la resistencia del foramen fisiológico no tiene un valor constante calculable por lo que sugiere como punto de referencia la impedancia del sulco gingival. Voss (32) demostró que los cambios de impedancia (Ohm + resistencia eléctrica con corriente alterna) están directamente relacionados con el diámetro del conducto y nivel de penetración del instrumento en el conducto radicular. Ushijama (30) y Pahncke y Stoll (31) son de la opinión que efectos polarizadores en las puntas de los electrodos pueden influenciar las

mediciones obtenidas. Ushijama (30) recomienda el uso de electrodos bipolares con una separación de 0.5 mm entre si. Pahncke y Stoll (31) son de la opinión que las dimensiones de un electrodo con estas características no podría ser utilizado clínicamente por lo que sugieren el uso de corriente alterna de frecuencia alta.



Gráfica 1. Curvas emitidas por los valores de las resistencias eléctricas de tejidos necróticos y vitales a diferentes niveles dentro del conducto radicular antes del foramen fisiológico.

Localización electrónica del foramen fisiológico

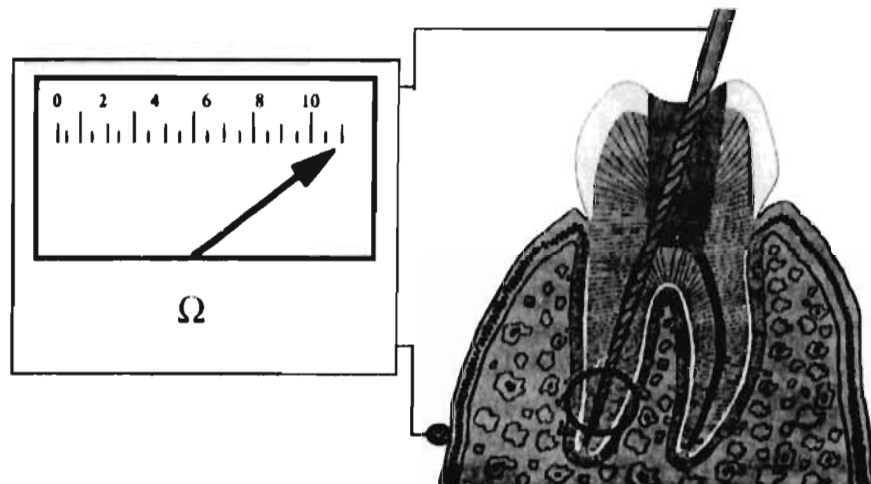


Figura 10. El valor de la resistencia eléctrica medida con un instrumento que se encuentre dentro del conducto radicular y cuya punta no haya llegado al foramen fisiológico es superior a 20 k Ω .

Localización electrónica del foramen fisiológico

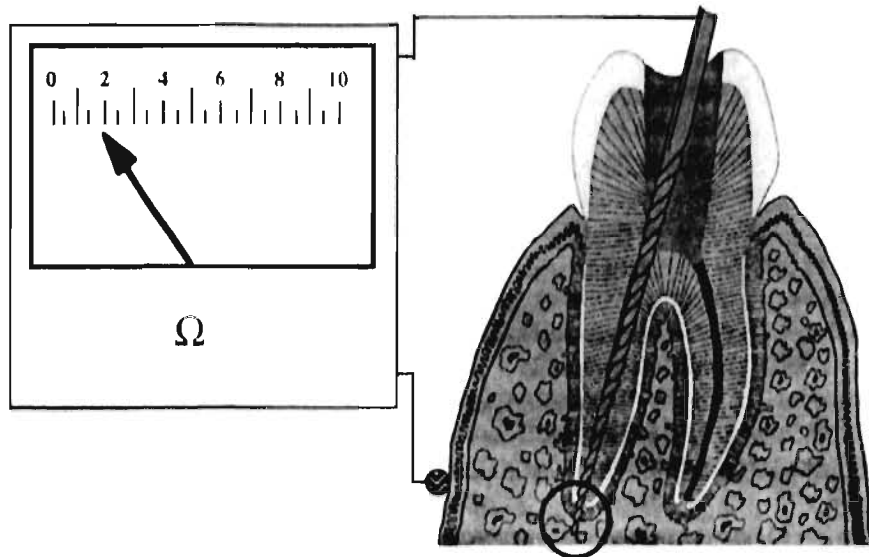


Figura 11. El valor de la resistencia eléctrica medida con un instrumento que se encuentre fuera del conducto radicular es inferior a los 6.5 kΩ.

Los problemas clínicos inherentes a la medición electrónica de la longitud de los conductos radiculares son:

- ⇒ humedad dentro del conducto radicular,
- ⇒ contenido del conducto,
- ⇒ contacto del instrumento de medición con materiales metálicos de restauraciones dentales,
- ⇒ desarrollo morfológico del diente en cuestión y
- ⇒ errores de empleo de los aparatos de localización.

En contra a los postulados de Sunada, otros autores (31, 32) son de la opinión

que el diámetro del conducto radicular es un factor que influye la determinación electrónica de la longitud de trabajo y que esto podría explicar mediciones erróneas. Pahncke y Stoll (31) explican que existe una transformación hiperbólica de la corriente en la zona del foramen fisiológico y que la corriente a lo largo del conducto radicular sufre una transformación lineal. De acuerdo a Trope y colaboradores (33) es necesario eliminar el tejido pulpar completamente antes de hacer una medición electrónica del conducto radicular. Al hacer contacto la sonda con remanentes del tejido pulpar se produce un corto circuito por lo que el aparato electrónico señalaría una localización del foramen ($6.5 \text{ k}\Omega$) fisiológico falsa estando el instrumento aún dentro del conducto radicular. Los mismos autores (33) señalan que en caso de dientes avitales no es necesario remover restos de tejidos ya que éstos no influyen la medición de la resistencia eléctrica.

Localización electrónica del foramen fisiológico

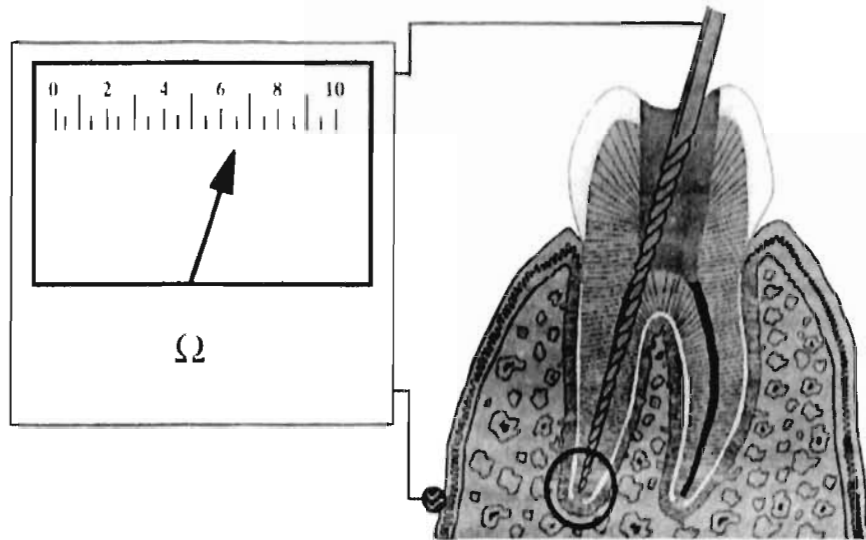


Figura 12. El valor de la resistencia eléctrica medida con un instrumento a nivel del foramen fisiológico tiene un valor constante de $6.5 \text{ k}\Omega$.

De acuerdo a Dahlin (34) los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico desarrollados en base a los principios de Sunada pueden ser catalogados en:

- ⇒ Aparatos localizadores del foramen fisiológico en los cuales un valor pre-determinado (R_f), el cual puede ser señalado por distintas formas de medición dependiendo del aparato, se establece como punto de referencia para todas las mediciones (Figura 13). Con este tipo de aparatos la capacidad de flujo electrolítico de los tejidos adyacentes no juegan ningún papel durante la medición debido al uso de corriente continua con estos aparatos. Debido a esto no es necesario calibrar este tipo de aparatos de acuerdo a las variaciones individuales de capacidad electrolítica de cada

paciente.

Señalamiento audiovisual

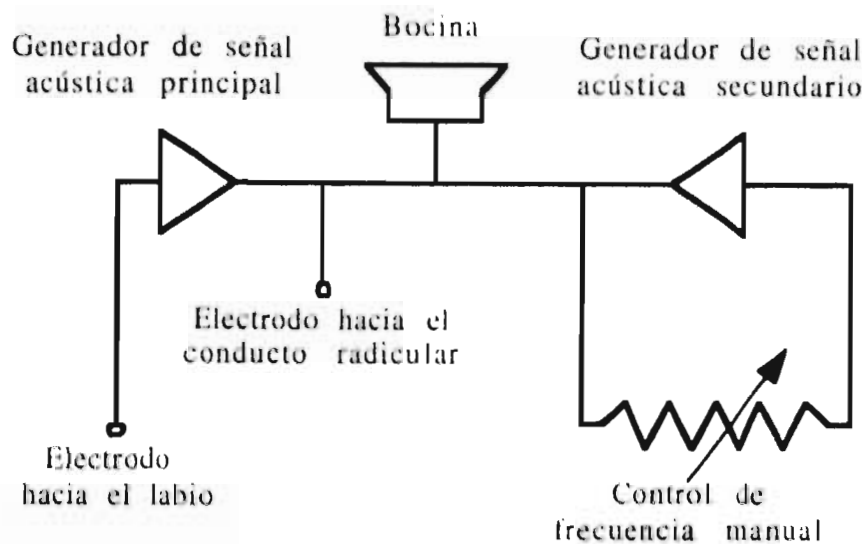


Figura 13. Principio eléctrico de aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico con valor determinado.

⇒ Aparatos localizadores del foramen fisiológico con señalamiento audiovisual (Figura 14) en los cuales su frecuencia puede ser regulada por medio de la calibración entre la circulación sanguínea por un lado y por otro lado la resistencia eléctrica y capacidad de flujo electrolítico (RC) del paciente. Los aparatos acústicos están basados básicamente en la medición de la resistencia inducida que a su vez provoca un cambio de la frecuencia de la corriente alterna. De acuerdo a Städler (35) este tipo de aparato es más susceptible a mediciones erróneas ya que reaccionan con una mayor sensibilidad en contra de la capacidad de flujo electrolítico de los

tejidos. Con este tipo de aparatos es necesario hacer una calibración a cero antes de ser usados. Para esto es necesario colocar un electrodo en el labio del paciente e introducir el otro electrodo, generalmente un instrumento para conductos radiculares, aproximadamente 0.5 mm en el sulco gingival bajo corriente y calibrar el aparato a un tono de interferencia cero. Durante la medición de la longitud de trabajo cuando la punta del instrumento alcanza el foramen fisiológico y hace contacto con el tejido periapical aparece el tono de interferencia cero.

Valor de resistencia integrado

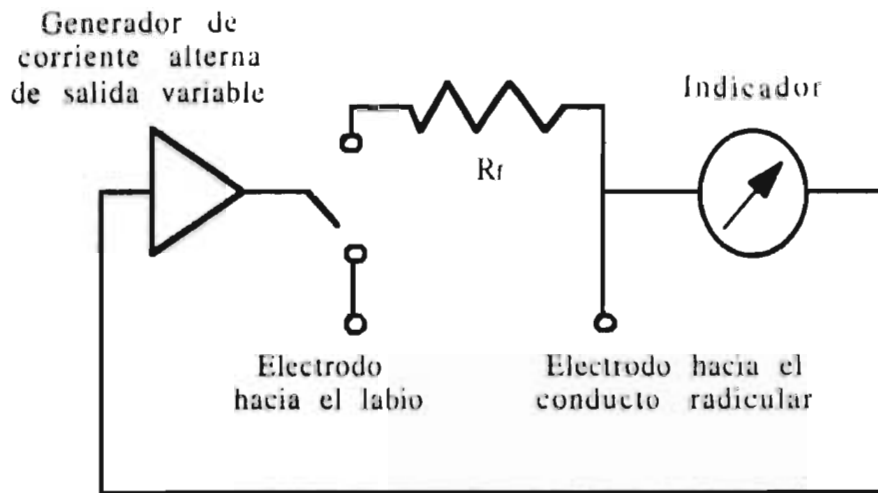


Figura 14. Principio eléctrico de aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico con señalamiento audiovisual.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas, descritos previamente en la introducción e inherentes a la localización del foramen fisiológico para posibilitar la determinación de una longitud de trabajo correcta para la preparación y obturación del conducto radicular, acentúan la necesidad de la búsqueda de un método con el cual el operador tuviera la certeza de que ha logrado su objetivo con exactitud. El desarrollo en tiempos recientes de aparatos electrónicos para la localización del foramen fisiológico brinda una alternativa al operador de un método mas para lograr este objetivo. De acuerdo sus fabricantes, estos aparatos son confiables aun bajo situaciones clínicas que pudieran comprometer una determinación electrónica de la longitud de trabajo exacta. Este tipo de recomendaciones e indicaciones de empleo propagadas por los fabricantes de este tipo de aparatos se prestan para provocar confusiones en el operador. Es necesario que el operador posea conocimientos profundos de los principios no solamente biológicos si no también electrónicos en los cuales están basados los principios de los aparatos electrónicos para la localización del foramen fisiológico. Es indudable que solamente reportes de investigación científica pueden facilitar a el operador el acceso a fuentes de información objetiva las cuales le brinden una orientación imparcial para poder establecer sus criterios para la adquisición y para el empleo en la práctica diaria de un aparato electrónico localizador del foramen fisiológico.

Uno de los métodos de investigación para la comprobación de la efectividad de los aparatos electrónicos para la determinación de la longitud de trabajo está basado en la toma de radiografías (5, 36-40). Este método fue descartado para esta investigación debido a que el foramen fisiológico raras veces coincide con el ápice radiográfico (3, 4) y por lo tanto, a la falta de control de las variables inherentes para establecer con exactitud la longitud de trabajo por medio de radiografías (12, 41). Las conclusiones después de una revisión ex-

haustiva de la literatura fueron en el sentido de que se debería desarrollar un método de investigación en el cual las variables subjetivas fueran eliminadas y el número de muestras incluidas permitieran una evaluación estadística confiable.

2.3 JUSTIFICACIÓN

En caso de que se pudiera comprobar que la exactitud del método electrónico para la determinación de la longitud de trabajo fuera igual o superior a los métodos actuales empleados clínicamente sería posible reducir y en dado caso reemplazar el uso de los aparatos de rayos X para este propósito. En el caso contrario, la información obtenida puede ser usada como guía por el operador para calcular las posibilidades de una determinación exacta o errónea de la longitud de trabajo cuando utilice algún aparato electrónico localizador de foramen fisiológico.

2.4 HIPÓTESIS

La hipótesis planteada para este estudio es que los aparatos electrónicos adquiribles en el mercado para la localización del foramen fisiológico no son capaces de determinar la posición exacta del foramen fisiológico, y por consecuencia de establecer la longitud de trabajo, con una exactitud del 100%.

2.5 OBJETIVOS

El primer objetivo de este trabajo de investigación fue establecer la precisión de cinco aparatos electrónicos para localizar el foramen fisiológico in vitro; bajo condiciones de investigación reproducibles. El segundo objetivo fue la posibilidad de determinar la amplitud de recomendación para su uso en la práctica diaria tomando en cuenta a los resultados obtenidos.

3 MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS

El método utilizado en esta investigación está basado en el método de Nahmias y colaboradores (42) con ciertas modificaciones, las cuales serán explicadas a continuación detalladamente.

3.1 SELECCIÓN, TIPO Y TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ESTUDIO

Para este estudio se utilizaron 96 dientes, uni y multi-radiculares, extraídos previamente y conservados hasta su uso (por un máximo de 30 días) en suero fisiológico. El tiempo de almacenamiento varió entre un mes hasta dos días. No se hizo distinción alguna del tipo de diente al ser distribuidos los mismos en grupos. Se comprobó, con una lima tipo K Ø10 (Anteos, Munich, Alemania), que los conductos radiculares utilizados estuvieran libres de obstrucciones y que la formación de las raíces fuera completa. Las coronas de los dientes fueron cortadas a nivel de la unión cemento-esmalte. Las raíces fueron separadas en caso de tratarse de dientes multi-radiculares. Los dientes con los cuales no fue posible separar las raíces fueron excluidos de esta investigación. De esta manera se obtuvieron 128 raíces en las cuales fue posible establecer puntos coronales de referencia reproducibles.

3.2 SELECCIÓN DE VARIABLES: DEFINICIÓN OPERACIONAL Y ESCALAS DE MEDICIÓN

La finalidad de este estudio fue reducir las variables de investigación inherentes a este tipo de investigaciones a un mínimo posible.

⇒ Se seleccionaron conductos radiculares que no contuvieran líquidos o restos de tejidos pulpaes y que estuvieran completamente secos. El tejido pulpar y restos de tejido adherente a las raíces fue eliminado limpiando las raíces con un aparato de ultrasonido, posteriormente extirpando el tejido pulpar en caso de que estuviera contenido dentro del conducto y finalmente colocando las raíces en una solución de hipoclorito de sodio al

5% durante 6 hrs. Los conductos fueron secados por medio de baños de alcohol ascendientes (70% a absoluto) y finalmente colocando las raíces en un disecador por espacio de 24 hrs.

- ⇒ La resistencia eléctrica del tejido periapical fue simulada con una solución gelatinosa tope de agar-agar. El valor de la resistencia eléctrica del agar-agar fue fijado en 6.5 k Ω (kilo ohm). Dicho valor fue controlado constantemente durante cada una de las mediciones de longitud de los conductos con ayuda de un amperímetro.
- ⇒ La temperatura y concentración de la solución tope de agar-agar fueron mantenidas constantemente para que de esta manera no fueran introducidos cambios de su pH (7.3) que pudieran influenciar los resultados obtenidos durante las mediciones. Las raíces sumergidas en la solución de agar-agar fueron mantenidas a una temperatura constante de 8° C. Se realizaron mediciones del pH previamente a cada una de las mediciones de la longitud de los conductos.
- ⇒ La longitud de trabajo real de los conductos radiculares fue determinada y registrada previamente a la conducción de las mediciones electrónicas por medio de la introducción de una lima tipo K \emptyset 10 (Antaeos, Munich, Alemania) y bajo observación estéreo microscópica (Leitz / Wetzlar, Alemania; 63x) del foramen fisiológico. La longitud real de cada uno de los conductos, establecida de la forma previamente descrita, fue establecida como punto de comparación para cada una de las raíces y mediciones realizadas con cada uno de los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico.

3.3 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los aparatos fueron calibrados (en caso que fuera necesario) de acuerdo a la resistencia eléctrica del agar-agar antes de cada una de las mediciones. La me-

dición electrónica de la longitud de trabajo de los conductos radiculares se realizó con una lima tipo K Ø 10 (Antaeos, Munich, Alemania) en todos los casos. Se estableció un contacto firme todo el tiempo entre la lima y la pinza sujetadora del localizador de foramen fisiológico respectivo. La lima fue introducida lentamente en el conducto. Durante la penetración se observó cuidadosamente la posición de las limas con las distintas posibilidades de medición ofrecidas por los localizadores de foramen fisiológico. La penetración del instrumento se interrumpió al obtener una lectura que indicara que la punta del instrumento hubiera llegado al foramen fisiológico. El tope de silicona fue llevado al punto de referencia previamente establecido y posteriormente fijado a el instrumento con cera pegajosa.

3.4 MATERIALES Y EQUIPO A EMPLEAR

- ⇒ Yeso roca (Gc Fujirock / GC Dental Industrial Corp. Tokio).
- ⇒ Tubos de ensayo de plástico (Greiner GmbH Labortechnik / Frickhausen, Alemania).
- ⇒ Solución tope de agar-agar (Agar-Agar, Merk, Darmstadt, Alemania). Se utilizó una concentración de 2.0 g de agar-agar en 100 ml de una solución isotónica tope fosfórica y cuya fórmula es:

NaCl	9.00 g
Na ₂ HPO ₄ 2H ₂ O	0.95 g
KH ₂ PO ₄	0.18 g
H ₂ O	1000 ml

Los aparatos y el número de conductos estudiados fueron:

- ⇒ Apex-Locator, Mark II (n = 128) Evident, Litema Dentalvertrieb / Baden-Baden, Alemania;

- ⇒ Endocater (n = 126) Hygienic Corp. / Ohio, USA;
- ⇒ Exact-A-Pex (n = 125) Ellman Int. / Hewlett, N. Y. USA;
- ⇒ Odontometer (n = 128) A/S Goof / Hörsholm, Dinamarca;
- ⇒ S.E.T.-Locator (n = 125) Societé Endo Technic, Marsella, Francia.

3.5 MÉTODOS DE REGISTRO Y PROCESAMIENTO

Las raíces fueron fijadas en la parte superior de tubos de ensayo de plástico por medio de ligaduras de alambre y 2 mm de yeso roca (Gc Fujirock / GC Dental Industrial Corp. Tokio). Los tubos de ensayo fueron llenados con una solución tope de agar-agar (Agar-Agar, Merk, Darmstadt, Alemania) de manera que las raíces quedaran cubiertas con la solución totalmente. La temperatura inicial de la solución agar-agar fue de 23.1° C. La solución gelatinosa se dejó enfriar durante dos horas a 8° C. La solución de agar-agar enfriada y por lo mismo solidificada fue mantenida a esta temperatura constantemente para evitar cambios de su pH (7.3) y consecuentemente del valor de la resistencia eléctrica. De esta manera fue posible sustituir el valor de la resistencia eléctrica del tejido periapical. Se hicieron mediciones de diez conductos a la vez. De esta manera se evitó que la temperatura del agar-agar sufriera cambios debido al tiempo que permanecía fuera de refrigeración durante las mediciones. El pH de la solución fue medido previamente a cada una de las series de mediciones.

En la parte inferior de los tubos de ensayo se hizo una perforación de Ø 3 mm de diámetro para fijar un electrodo de cobre (2 mm de largo; 1,5 mm de diámetro) dentro del agar-agar. El circuito del sistema fue cerrado al conectar el electrodo de cobre con el electrodo de cada aparato con ayuda de un alambre de cobre y con caimanos (Figura 15).

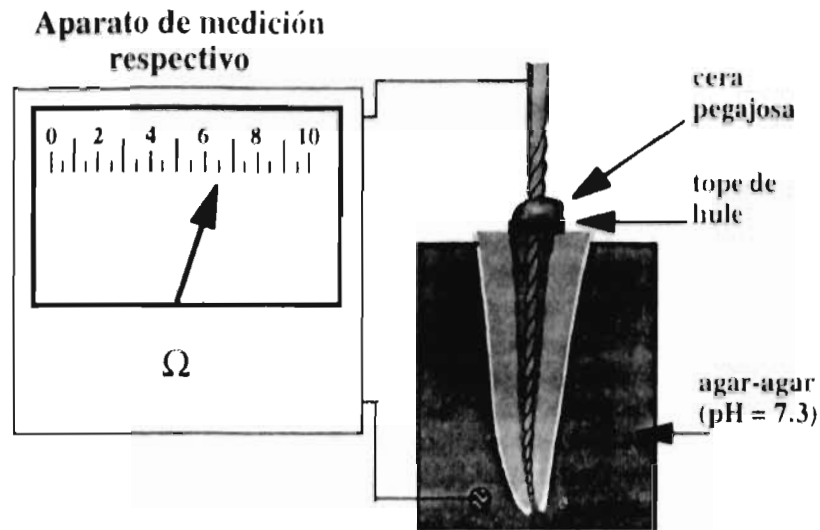


Figura 15. Representación esquemática del modelo de trabajo utilizado para determinar la confiabilidad de cinco aparatos electrónicos para la localización del foramen fisiológico.

Todos los aparatos fueron utilizados ajustándose estrictamente las recomendaciones de empleo de los fabricantes respectivos. Las baterías o acumuladores de todos los aparatos fueron controladas constantemente para asegurar el funcionamiento correcto de los mismos. Las raíces fueron marcadas para poder identificarlas de acuerdo al diente de procedencia y a la posición original del diente en el arco dental, pero fueron distribuidas al azar entre los grupos de los distintos aparatos.

Finalmente se retiraron los instrumentos de los conductos y se registró la longitud de la lima de trabajo. La longitud de 128 a 125 conductos radiculares fueron medidos bajo las condiciones previamente descritas con cada uno de

los aparatos. Los datos obtenidos de esta manera fueron registrados y ordenados de acuerdo a los requerimientos de la evaluación estadística. Como controles positivos se utilizaron mediciones directas del agar-agar con todos los aparatos.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

La longitud de trabajo real de cada conducto fue obtenida al principio de la investigación y fue establecida como punto individual de comparación para cada conducto. La longitud real de cada conducto no fue dada a conocer al investigador sino hasta que los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente. Las diferencias significativas entre los resultados obtenidos y los valores reales de la longitud de trabajo fueron determinadas con la prueba t de Student y la prueba de Wilcoxon. La distribución del rango y clase fue realizada con la prueba LSD (Least Significance Difference). Los intervalos de confianza fueron establecidos un nivel del 95%.

4 RESULTADOS

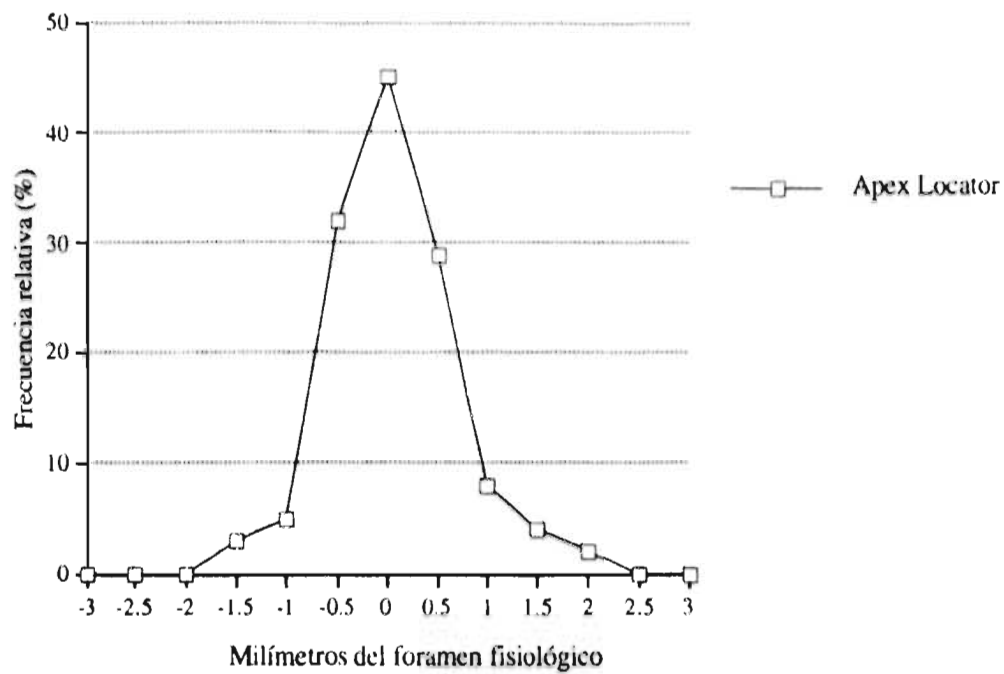
Los resultados están resumidos de acuerdo a los obtenidos individualmente y a las comparaciones hechas entre los cinco localizadores electrónicos del foramen fisiológico.

4.1 RESULTADOS INDIVIDUALES

Los resultados de las mediciones de los conductos radiculares obtenidos con cinco aparatos para la medición electrónica de la longitud del conducto radicular se encuentran expresados en las tablas 2 a 6 y las gráficas 2 a 11.

Aproximación al foramen fisiológico (mm)	Número de mediciones	Porcentaje
3.50	0	0.00
3.00	0	0.00
2.50	0	0.00
2.00	2	1.56
1.50	4	3.13
1.00	8	6.30
0.50	29	21.67
0.00	45	35.16
-0.50	32	25.00
-1.00	5	3.91
-1.50	3	2.34
-2.00	0	0.00
-2.50	0	0.00
-3.00	0	0.00
-3.50	0	0.00

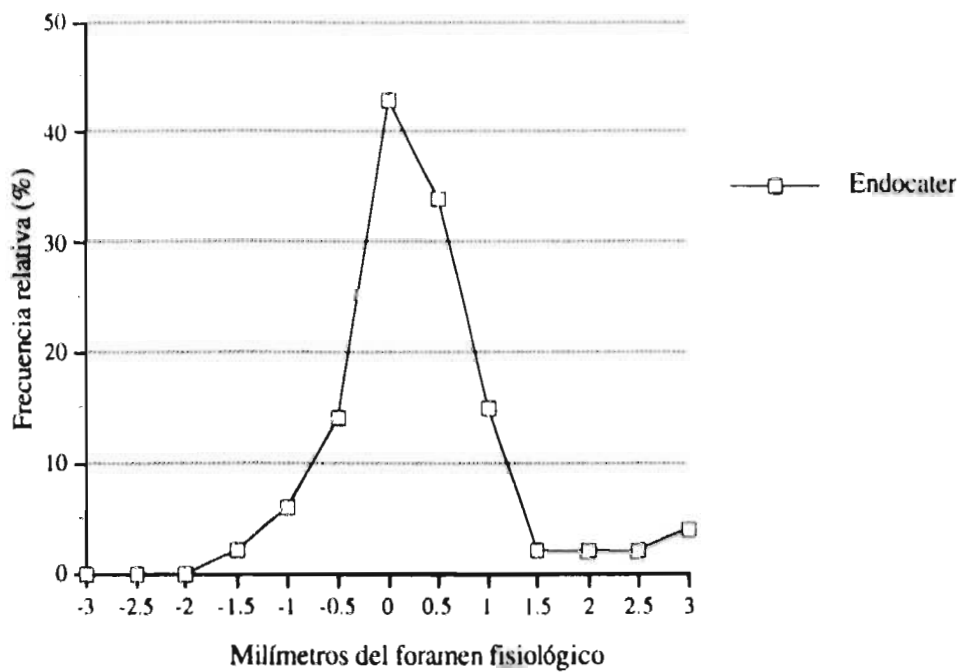
Tabla 2. Mediciones obtenidas con el APEX-LOCATOR (n = 128). Los valores positivos representan una medición de la longitud de trabajo más allá del foramen fisiológico. Cero representa una medición exacta de la longitud de trabajo (± 0.05 mm). Los valores negativos representan una medición corta con respecto al foramen fisiológico.



Gráfica 2. Longitud de trabajo de 128 conductos radiculares medidos con el APEX-LOCATOR. Las diferencias máximas registradas con respecto a el foramen fisiológico fueron de +2.0 y -1.5 mm. El promedio de todas la mediciones fue de + 0.0547 mm; la desviación estándar resultó ser de ± 0.6375 (mm). El valor registrado de la mediana fue de 0.00 (mm). El 95% del coeficiente de confianza fue registrado dentro de los límites: 0.00 (mm) hasta +0.25 (mm).

Aproximación al foramen fisiológico (mm)	Número de mediciones	Porcentaje
3.50	2	1.59
3.00	4	3.18
2.50	2	1.59
2.00	2	1.59
1.50	2	1.59
1.00	15	11.91
0.50	34	26.99
0.00	43	34.13
-0.50	14	11.11
-1.00	6	4.76
-1.50	2	1.59
-2.00	0	0.00
-2.50	0	0.00
-3.00	0	0.00
-3.50	0	0.00

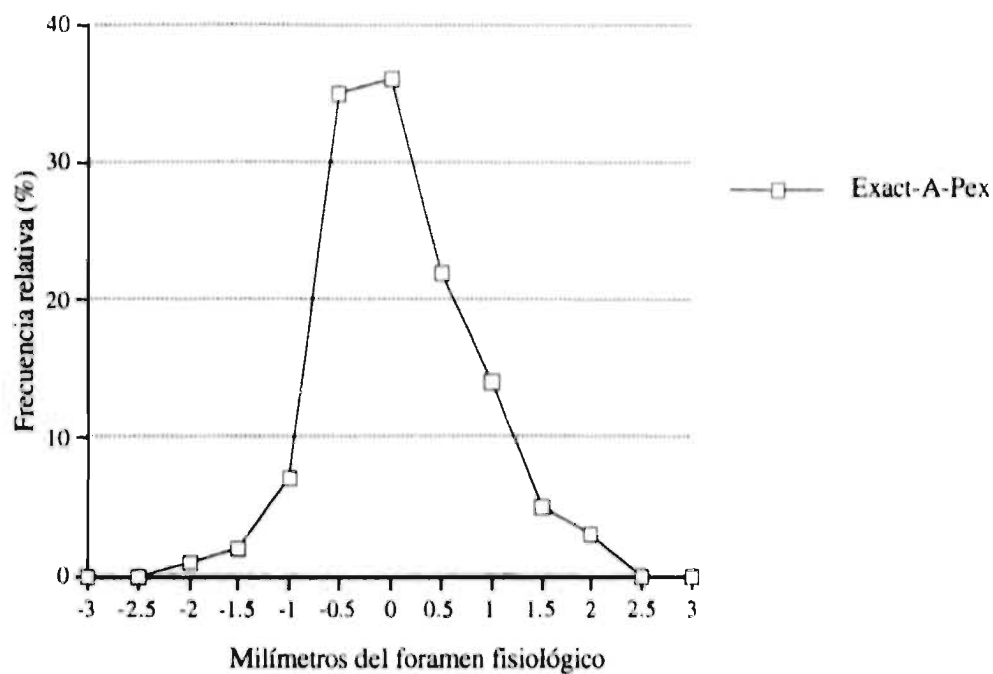
Tabla 3. Mediciones obtenidas con el ENDOCATER (n = 126). Los valores positivos representan una medición de la longitud de trabajo más allá del foramen fisiológico. Cero representa una medición exacta de la longitud de trabajo (± 0.05 mm). Los valores negativos representan una medición corta con respecto al foramen fisiológico.



Gráfica 3. Longitud de trabajo de 126 conductos radiculares medidos con el ENDOCATER. Las diferencias máximas registradas con respecto a el foramen fisiológico fueron de +3.5 y -1.5 mm. El promedio de todas la mediciones fue de +0.3730 mm; la desviación estándar resultó ser de ± 0.9186 (mm). El valor registrado de la mediana fue de -0.25 (mm). El 95% del coeficiente de confianza fue registrado dentro de los límites: -0.25 (mm) hasta 0.00 (mm).

Aproximación al foramen fisiológico (mm)	Número de mediciones	Porcentaje
3.50	0	0.00
3.00	0	0.00
2.50	0	0.00
2.00	3	2.40
1.50	5	4.00
1.00	14	11.20
0.50	22	17.60
0.00	36	28.80
-0.50	35	28.00
-1.00	7	5.60
-1.50	2	1.60
-2.00	1	0.80
-2.50	0	0.00
-3.00	0	0.00
-3.50	0	0.00

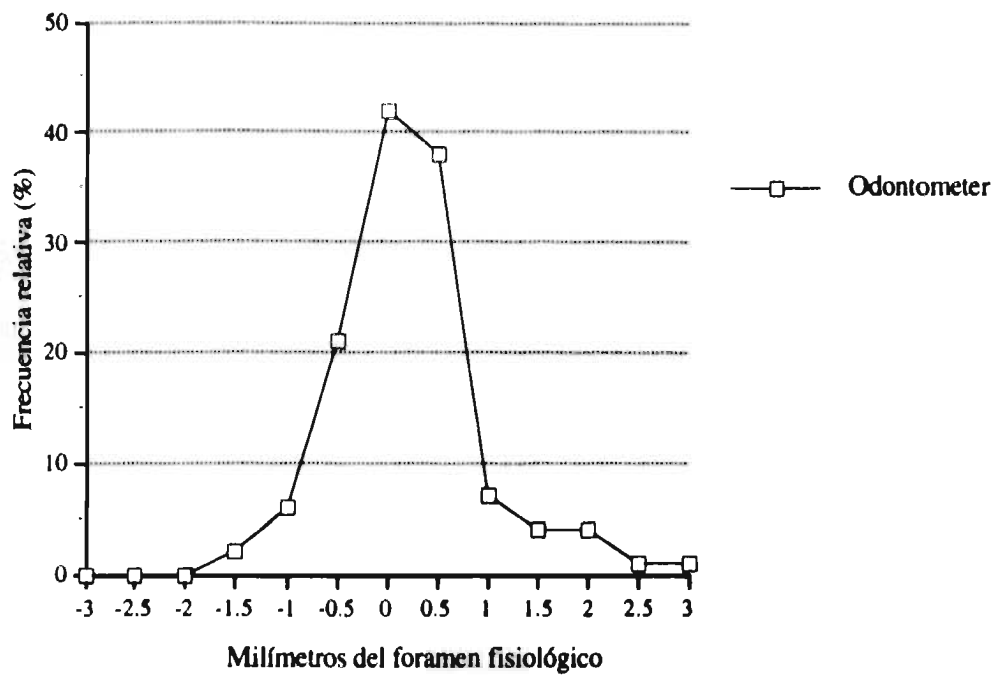
Tabla 4 Mediciones obtenidas con el EXACT-A-PEX (n = 125). Los valores positivos representan una medición de la longitud de trabajo más allá del foramen fisiológico. Cero representa una medición exacta de la longitud de trabajo (± 0.05 mm). Los valores negativos representan una medición corta con respecto al foramen fisiológico.



Gráfica 4. Longitud de trabajo de 125 conductos radiculares medidos con el EXACT-A-PEX. Las diferencias máximas registradas con respecto a el foramen fisiológico fueron de +2.0 y -2.0 mm. El promedio de todas la mediciones fue de + 0.0720 mm; la desviación estándar resultó ser de ± 0.7315 (mm). El valor registrado de la mediana fue de 0.00 (mm). El 95% del coeficiente de confianza fue registrado dentro de los límites: 0.00 (mm) hasta +0.25 (mm).

Aproximación al foramen fisiológico (mm)	Número de mediciones	Porcentaje
3.50	2	1.56
3.00	1	0.78
2.50	1	0.78
2.00	4	3.13
1.50	4	3.13
1.00	7	5.47
0.50	38	29.69
0.00	42	32.81
-0.50	21	16.40
-1.00	6	4.69
-1.50	2	1.56
-2.00	0	0.00
-2.50	0	0.00
-3.00	0	0.00
-3.50	0	0.00

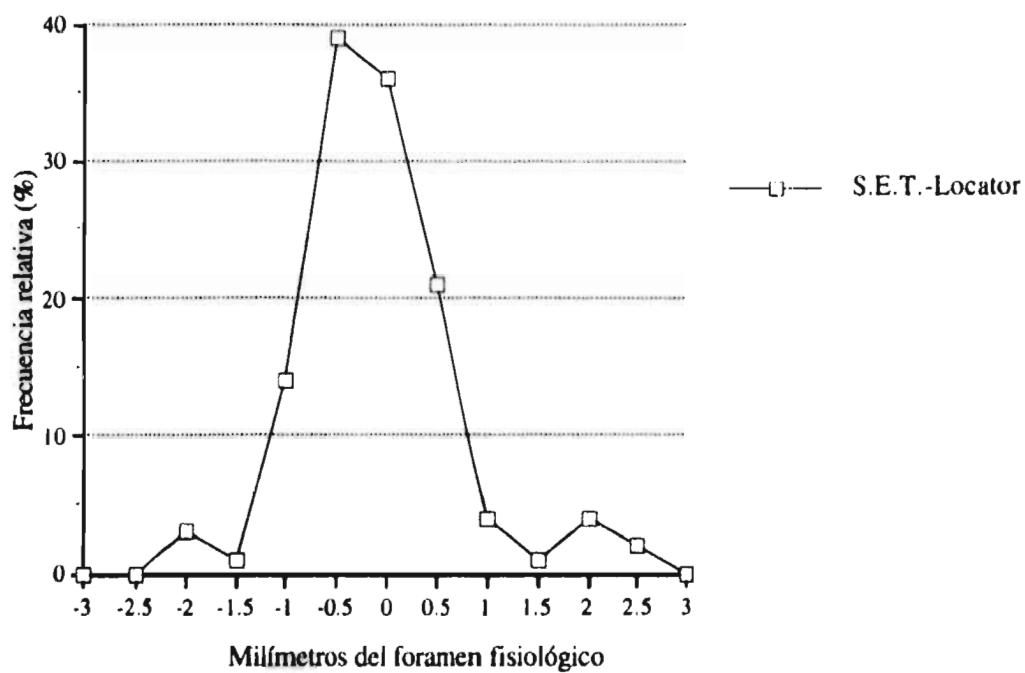
Tabla 5. Mediciones obtenidas con el ODONTOMETER (n = 128). Los valores positivos representan una medición de la longitud de trabajo más allá del foramen fisiológico. Cero representa una medición exacta de la longitud de trabajo (± 0.05 mm). Los valores negativos representan una medición corta con respecto al foramen fisiológico.



Gráfica 5. Longitud de trabajo de 128 conductos radiculares medidos con el ODONTOMETER. Las diferencias máximas registradas con respecto a el foramen fisiológico fueron de +3.5 y -1.5 mm. El promedio de todas la mediciones fue de + 0.2578 mm; la desviación estándar resultó ser de ± 0.8347 (mm). El valor registrado de la mediana fue de 0.00 (mm). El 95% del coeficiente de confianza fue registrado dentro de los límites: -0.25 (mm) hasta +0.00 (mm).

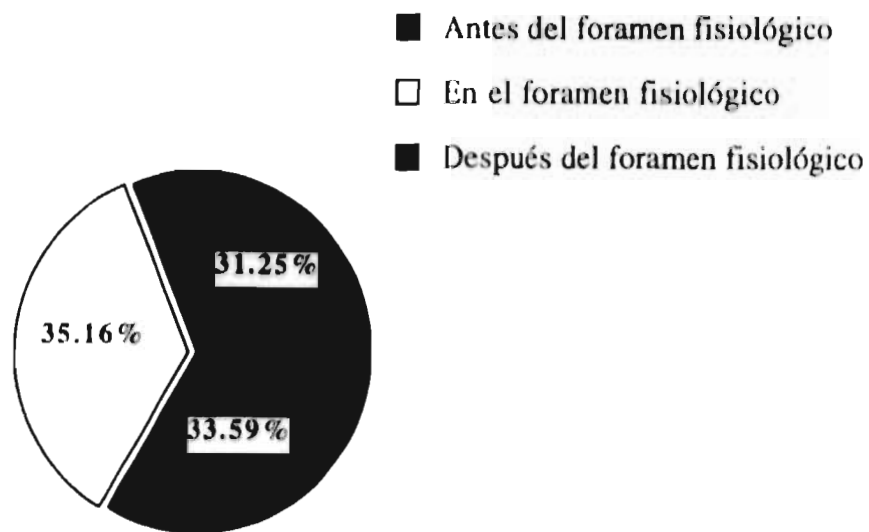
Aproximación al foramen fisiológico (mm)	Número de mediciones	Porcentaje
3.50	0	0.00
3.00	0	0.00
2.50	2	1.60
2.00	4	3.20
1.50	1	0.80
1.00	4	3.20
0.50	21	16.80
0.00	36	28.80
-0.50	39	31.20
-1.00	14	11.20
-1.50	1	0.80
-2.00	3	2.40
-2.50	0	0.00
-3.00	0	0.00
-3.50	0	0.00

Tabla 6. Mediciones obtenidas con el S.E.T.-LOCATOR (n = 125). Los valores positivos representan una medición de la longitud de trabajo más allá del foramen fisiológico. Cero representa una medición exacta de la longitud de trabajo (± 0.05 mm). Los valores negativos representan una medición corta con respecto al foramen fisiológico.



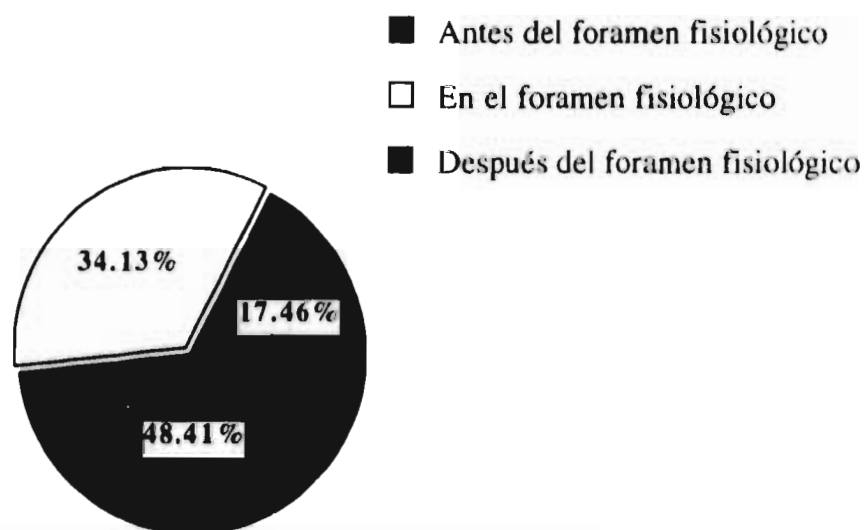
Gráfica 6. Longitud de trabajo de 125 conductos radiculares medidos con el S.E.T.-LOCATOR. Las diferencias máximas registradas con respecto a el foramen fisiológico fueron de +2.5 y -2.0 mm. El promedio de todas la mediciones fue de - 0.0960 mm; la desviación estándar resultó ser de ± 0.7872 (mm). El valor registrado de la mediana fue de 0.25 (mm). El 95% del coeficiente de confianza fue registrado dentro de los límites: +0.25 (mm) hasta +0.50 (mm).

Apex-Locator



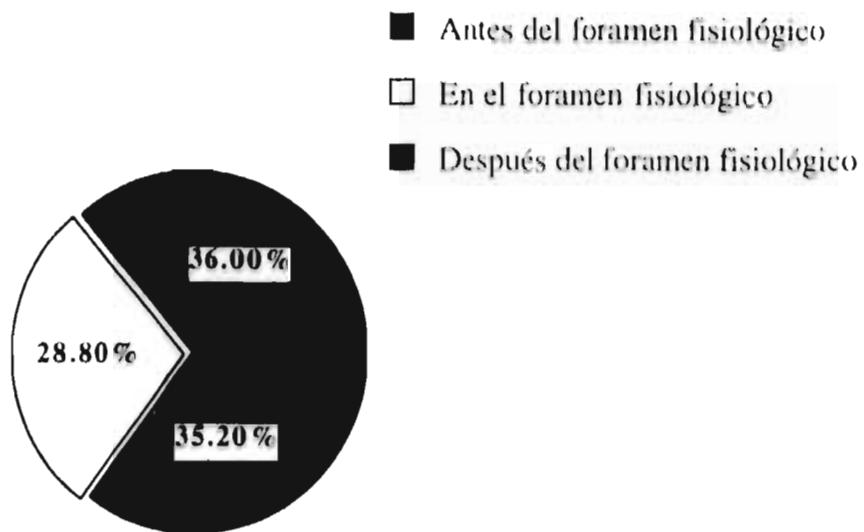
Gráfica 7. Distribución porcentual del total de los resultados obtenidos.

Endocater



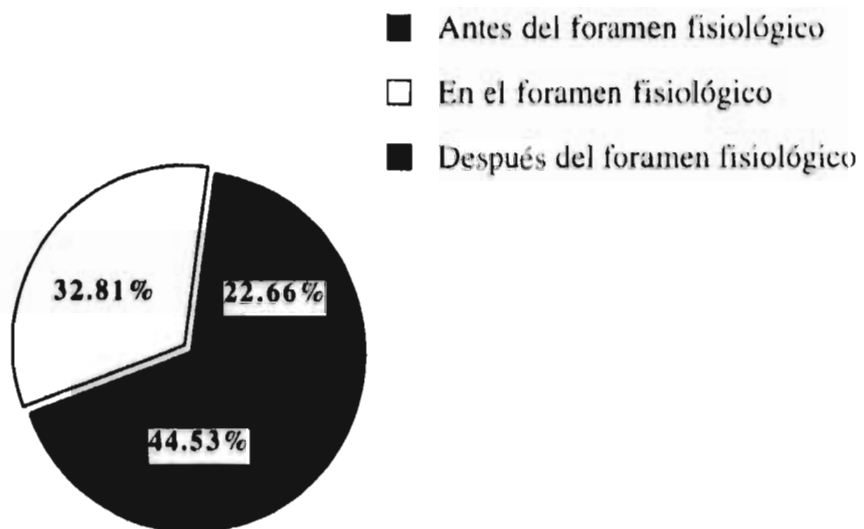
Gráfica 8. Distribución porcentual del total de los resultados obtenidos.

Exact-A-Pex



Gráfica 9. Distribución porcentual del total de los resultados obtenidos.

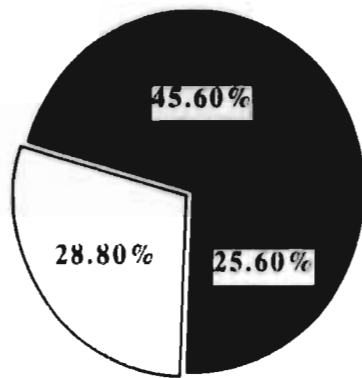
Odontometer



Gráfica 10. Distribución porcentual del total de los resultados obtenidos.

S.E.T.-Locator

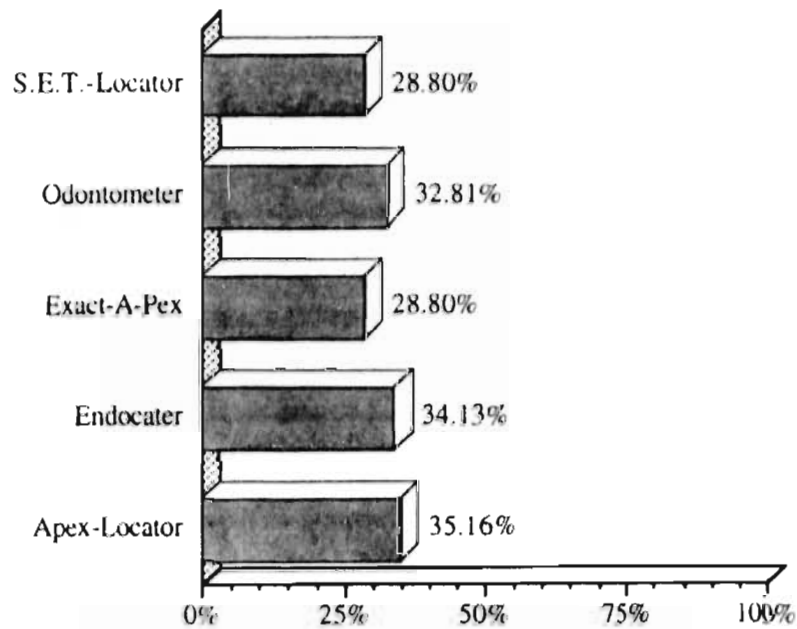
- Antes del foramen fisiológico
- En el foramen fisiológico
- Después del foramen fisiológico



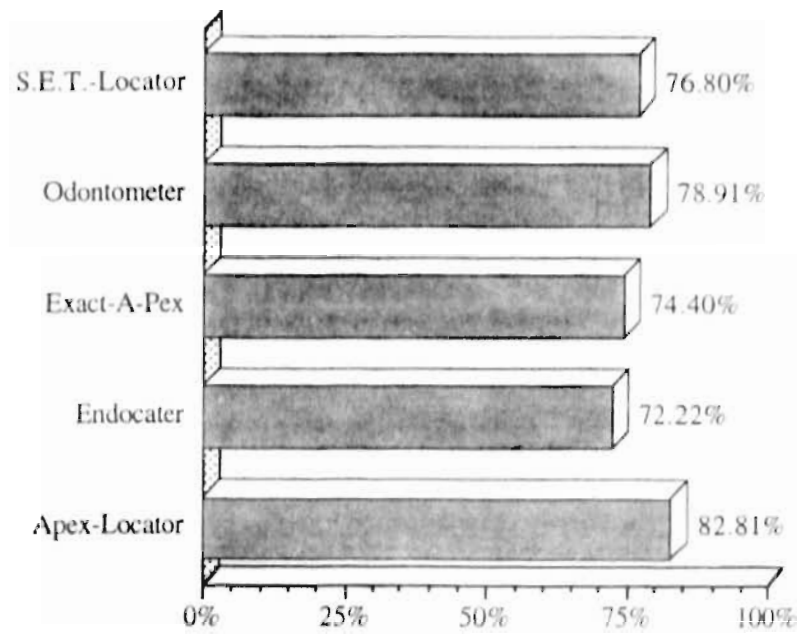
Gráfica 11. Distribución porcentual del total de los resultados obtenidos.

4.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS CINCO LOCALIZADORES ELECTRÓNICOS DEL FORAMEN FISIOLÓGICO

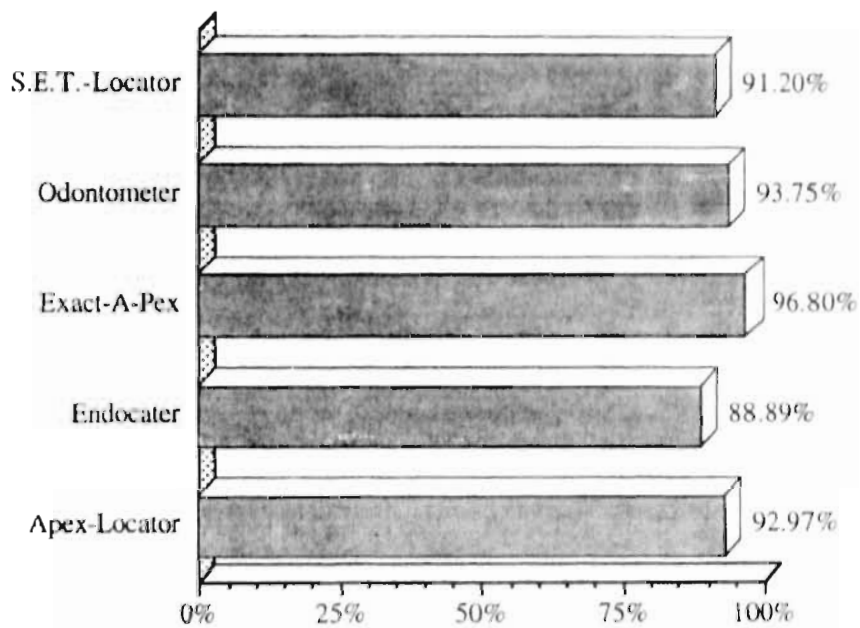
La confiabilidad de los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico a distintos niveles se encuentran resumidas en las gráficas 12 a 16. Los promedios de todas las mediciones y sus desviaciones estándar así como las diferencias estadísticas significativas encontradas están resumidas en la gráfica 17 y en las tablas 7 a 9.



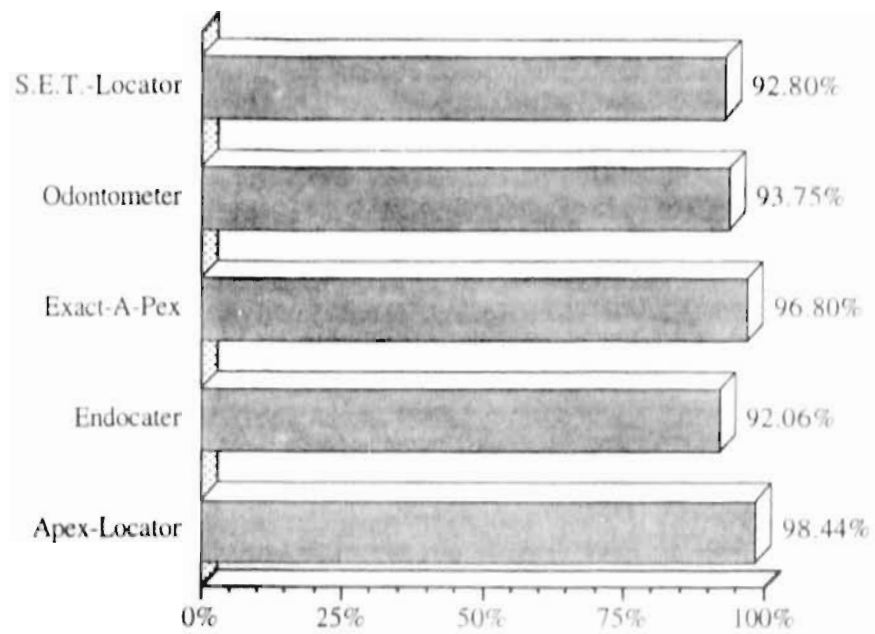
Gráfica 12. Confiabilidad de la localización exacta del foramen fisiológico (0.00 mm).



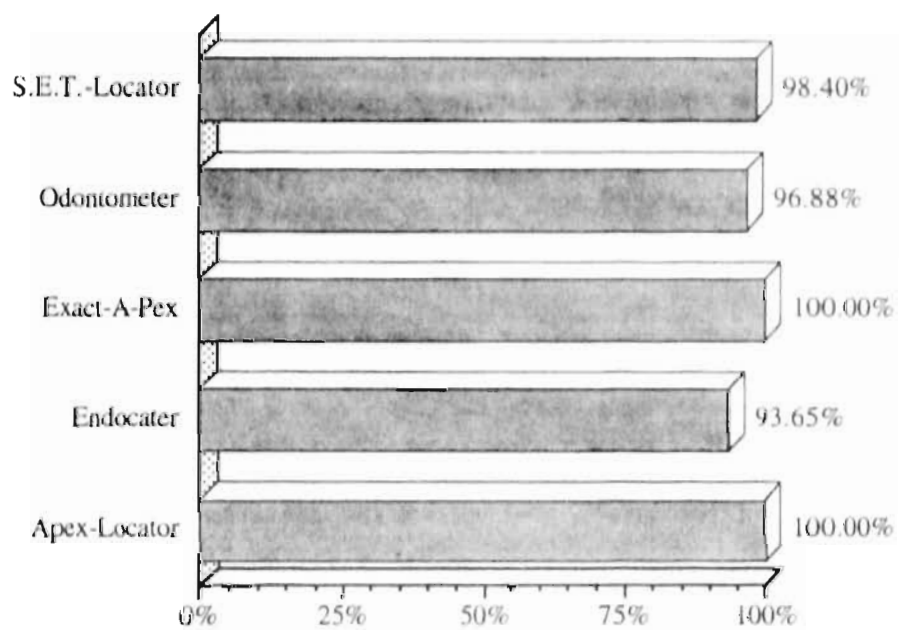
Gráfica 13. Confiabilidad a ± 0.5 mm del foramen fisiológico.



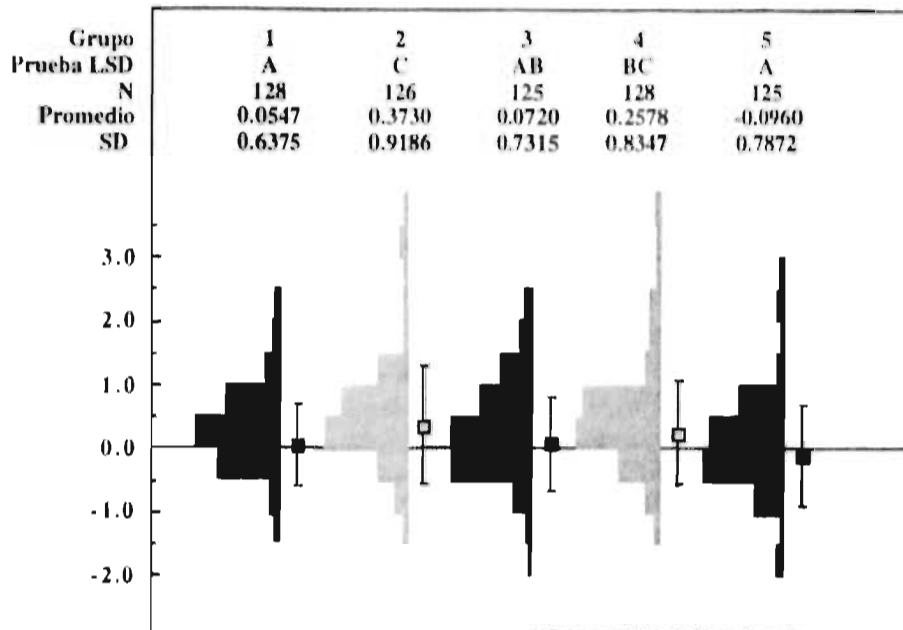
Gráfica 14. Confiabilidad a ± 1.0 mm del foramen fisiológico.



Gráfica 15. Confiabilidad a ± 1.5 mm del foramen fisiológico.



Gráfica 16. Confiabilidad a ± 2.0 mm del foramen fisiológico.



Gráfica 17. Resumen del análisis estadístico de los resultados obtenidos con los aparatos electrónicos localizadores de foramen fisiológico (grupos: 1 = Apex-Locator; 2 = Endocater; 3 = Exact-A-Pex; 4 = Odontometer y 5 = S.E.T.-Locator).

La gráfica 17 refleja la distribución de las muestras y del rango y clase de los resultados obtenidos con la prueba LSD. El Apex-Locator y S.E.T.-Locator obtuvieron los resultados mas cercanos al foramen fisiológico (A), seguidos del Exact-A-Pex (AB) y Odontometer (BC). De acuerdo a la prueba LSD el Endocater quedo clasificado en último lugar (C).

Los promedios obtenidos y desviaciones estándar se encuentran en la tabla 7. El promedio mayor negativo con respecto a la diferencia con el punto de medición (foramen fisiológico) resultó el obtenido con el S.E.T.-Locator. El valor

negativo obtenido en este caso refleja una distribución de las mediciones obtenidas cortas con respecto al foramen fisiológico. El valor positivo refleja una distribución de los valores obtenidos por afuera del foramen fisiológico. El Endocater reflejó el promedio positivo más alto. La diferencia promedio más pequeña resultó ser la obtenida con el Apex-Locator.

Aparato	Promedio (mm)	Desviación estándar (mm)
Apex-Locator	+ 0.0547	± 0.6375
Endocater	+ 0.3730	± 0.9186
Exact-A-Pex	+ 0.0720	± 0.7315
Odontometer	+ 0.2578	± 0.8347
S.E.T.-Locator	- 0.0960	± 0.7872

Tabla 7. Valores promedios y desviaciones estándar del total de las mediciones obtenidas con los localizadores electrónicos de foramen fisiológico.

Mediante el cálculo de la distribución normal fue posible comprobar que ninguna de las distribuciones de las muestras poseía una distribución Gaussiana por lo que las diferencias estadísticas significativas fueron establecidas con la prueba de Wilcoxon (Tabla 8). El margen de error fue establecido a un nivel del 5% ($p \leq 0.05$).

	0.397
	0.0001 *
	0.271
	0.002 *
	0.036 *

Tabla 8. Diferencias entre los promedios obtenidos y la longitud de trabajo real con la prueba de Wilcoxon. * Diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

De la tabla 8 se puede concluir que el Apex-Locator y el Exact-A-Pex no demostraron diferencias significativas con las dos pruebas estadísticas aplicadas, mientras que con los demás aparatos si se obtuvieron diferencias significativas con respecto a la longitud real de trabajo a un nivel del 5%.

5 DISCUSION

Una de las metas de la investigación científica es el establecer variables de investigación que sean reproducibles durante el experimento mismo y por otros investigadores. La finalidad de este estudio fue el reducir las variables no controlables a un mínimo posible. Existen varios modelos para estudios sobre la confiabilidad de aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico. Diferentes autores (5, 36, 39, 43-49) han hecho mediciones en pacientes (lo cual representa un acercamiento a la aplicación clínica real de los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico) realizando la evaluación de los resultados obtenidos por medio de radiografías. En nuestra opinión este método implica una variable de interpretación sumamente difícil de controlar. Se ha comprobado que el mismo operador hace estimaciones con diferencias considerables cuando evalúa las mismas radiografías con intervalos de semanas a meses (50-56). La interpretación radiográfica en este caso es una variable subjetiva la cual no es posible cuantificar y controlar y que por lo tanto no es reproducible.

Otro método de investigación es la evaluación radiológica de las mediciones efectuadas con una verificación de la longitud real del conducto posterior a la extracción de los dientes en cuestión (6, 57-65). Este método representa muy probablemente el método de investigación ideal desde un punto de vista clínico. El problema con este tipo de estudios es que el número de casos estudiados es en algunos casos muy reducido por lo que por un lado no existe la plena seguridad de una evaluación estadística correcta. Por otro lado es difícil probar diferentes aparatos en el mismo diente de un paciente bajo condiciones idénticas, lo que limitaría el número de mediciones reproducibles.

El método utilizado en esta investigación fue propuesto por Nahmias y colaboradores (42) para la enseñanza del uso de aparatos electrónicos localizadores

del foramen fisiológico en el laboratorio. En este estudio se hicieron ligeras modificaciones a dicho método, teniendo cuidado de que las variables fueran reproducibles en todo momento. Las ventajas que presenta el método presentado en este estudio son que se puede utilizar un número elevado de muestras por lo que la evaluación estadística representa una seguridad mayor. Otra de las ventajas es que todas las raíces pueden ser medidas con todos los aparatos a investigar bajo las mismas condiciones. Al hacer una medición in vivo nunca se tiene la seguridad si el conducto en cuestión está completamente seco y tampoco se conoce el contenido de dicho conducto, el cual puede variar en un lapso corto de tiempo. A pesar de que el valor de la resistencia eléctrica de los tejidos periapicales debe ser constante, algunos autores (30-33, 66) son de la opinión que la resistencia eléctrica del foramen fisiológico puede ser medida erróneamente debido a factores anteriormente discutidos. En el caso del modelo de estudio presentado en este trabajo está variable se eliminó con el uso del agar-agar a temperatura y pH constantes. Esto representa una variable menos en comparación con estudios clínicos-radiológicos.

Los resultados obtenidos en este estudio son semejantes a los obtenidos en otros trabajos de investigación (6, 36, 38, 59, 60, 62, 65) similares. O'Neil reporta un 89% de mediciones "satisfactorias", CHUNN y colaboradores (6) reportan un 43 a 45% de mediciones exactas en dientes que fueron extraídos y cuya longitud real fue determinada con exactitud posterior a la extracción de los mismos. La mayoría de la literatura reporta trabajos de investigación en los cuales la longitud del conducto radicular se pretende determinar con el método radiológico.

Los promedios negativos y positivos obtenidos con los aparatos electrónicos estudiados en esta investigación sugieren que con el S.E.T.-Locator es posible obtener mediciones de la longitud de trabajo menores en comparación con la longitud real de trabajo mientras que con el Endocater y Odontometer la posi-

bilidad de que la punta del instrumento de medición se encuentre por afuera del foramen fisiológico al momento en que el aparato hace la indicación de una posición correcta es significativamente alta. Con todos los aparatos fue posible localizar el foramen fisiológico con exactitud en solamente entre el 28.80 y 35.16% como máximo de los conductos medidos. Por lo que el operador se debe plantear la pregunta de porqué tiene que optar por la posibilidad de una medición falsa de la longitud de trabajo en el aproximadamente 65 a 70% de los casos? Por otro lado la pregunta de que si es posible incrementar este valor por medio del método radiológico para la determinación de la longitud de trabajo contrarresta el significado de la pregunta anterior. A este respecto Hembrough y colaboradores (67) reportan sobre un acercamiento al foramen fisiológico mas preciso con el método radiológico (88.5%) que con el método electrónico (73.1%). Keller y colaboradores (49) reportan sobre un incremento considerable de la diferencia entre el localizador electrónico del foramen fisiológico (67.7%) y un endodoncista con experiencia clínica (95.8%). Las posibilidades de determinar la posición del foramen fisiológico acertadamente se incrementan a mas del doble si se permite una tolerancia de ± 0.5 mm; por lo que la desventaja del método electrónico en comparación con el método radiológico deja de tener tanto contraste. Una tolerancia de ± 1.0 mm es probablemente la máxima a la que está sujeto un operador que utilice el método radiológico adecuadamente. La confiabilidad de los aparatos electrónicos aumenta dramáticamente si se permite una tolerancia de ± 1.0 mm. De aquí que sea válida la pregunta si es posible sustituir la determinación de la longitud de trabajo por medio del método radiológico con un aparato electrónico localizador del foramen fisiológico. La respuesta a esta pregunta no se puede generalizar. Existen varios aspectos que deben ser considerados para que el operador pueda tomar la decisión adecuada.

El método radiológico presenta una serie de ventajas difíciles de superar por el

método electrónico. El método radiológico no solamente ofrece al operador la posibilidad de apreciar detalles anatómicos de las raíces del diente en cuestión sino que también el número de conductos, curvaturas, lesiones periapicales etc. etc. Las desventajas del método radiológico son que al proyectar una entidad tridimensional en dos dimensiones se deja lugar a interpretaciones que pueden resultar muy contradictorias, no solamente entre distintos operadores sino que también dentro de un mismo operador (6, 50-56). Debido a las deformaciones producidas por las distintas proyecciones la localización radiológica de la punta de los instrumentos de medición con respecto al ápice radiológico o al foramen fisiológico representan sin duda alguna el problema más grande de la interpretación radiológica (6). Esto se hace más notable especialmente en molares superiores debido a que las distancias entre las raíces bucales y palatina y la película radiográfica son distintas, a el arco cigomático y a que la curvatura del paladar hacen que el uso de una técnica de proyección radiológica exacta sea prácticamente imposible. La necesidad de exponer a los pacientes a una radiación representa también, aunque con las reservas pertinentes, una desventaja del método radiológico.

El método electrónico para la determinación de la longitud de trabajo en su estado actual no representa una solución satisfactoria al problema inherente. A pesar de esto tiene varias ventajas que deberían ser consideradas. Con el empleo del método electrónico se podría reducir el número de radiografías necesarias para la determinación de la longitud de trabajo. Esto quiere decir que la exposición cumulativa del paciente a los rayos X necesarios para establecer la longitud de trabajo puede ser reducida. De acuerdo a los resultados presentados en este estudio es posible colocar el instrumento para determinar la longitud de trabajo a ± 1.0 mm exactamente en el foramen fisiológico en aproximadamente del 88 al 97% de los casos antes de tomar la radiografía correspondiente. Una ventaja más de este método es que en pacientes que estén

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

embarazadas sería posible la eliminación de la radiografía para determinar la longitud del conducto. Otra ventaja de este método es que se facilita el control de la longitud de trabajo durante la preparación biomecánica del conducto radicular sin necesidad de tener que recurrir a radiografías con la consecuente pérdida de tiempo y se evitaría la exposición innecesaria del paciente a los rayos X.

En nuestra opinión, al igual que otros autores (43, 46, 49, 61, 66-70), la combinación de los métodos radiológicos y electrónico parece ser la forma más recomendable para establecer la longitud de trabajo. Por un lado, cuando menos hoy en día, no es concebible prescindir de la radiografía para la localización del foramen fisiológico. Por otro lado las mejoras tecnológicas que con el tiempo seguramente serán introducidas a los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico van a dar pauta para que sean más exactos y mejor aceptados en el futuro. Debido a esto, en vez de hacer hincapié en las desventajas de cualquiera de los dos métodos, en nuestra opinión lo más recomendable sería hacer uso de una combinación de las ventajas que cada uno de los dos métodos ofrecen para poder establecer la longitud de trabajo con mayor exactitud, menor pérdida de tiempo y menor exposición radiológica para el paciente.

6 CONCLUSIONES

- ⇒ Los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico no son capaces de determinar la posición exacta del mismo.
- ⇒ El uso de los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico, tomando en cuenta las limitaciones descritas en este trabajo, hace posible la reducción del número de radiografías durante la cavometría y por ende la radiación del paciente.
- ⇒ De los aparatos electrónicos localizadores del foramen fisiológico investigados en este estudio el Endocater y el Exact-A-Pex resultaron ser los más confiables.
- ⇒ En este estudio no fue posible establecer alguna ventaja entre los aparatos con valor de resistencia integrado y los de señal acústica y ajustable.

PROPUESTA DE INVESTIGACION A FUTURO

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas es recomendable realizar estudios en los cuales el método de investigación se acerque mas a una situación in-vitro y al mismo tiempo se reduzcan las variables inherentes al mismo. Es recomendable también seguir investigando aparatos nuevos para la localización electrónica del foramen fisiológico con métodos de investigación que permitan una comparación cuantitativa con los resultados obtenidos en investigaciones realizadas previamente.

7 BIBLIOGRAFIA

1. Best E J, Gervasio W, Sowle J T, Winter S and Gurney B F: A new method of tooth length determination for endodontic practice. *Dent Dig* 1960; 66: 450-454.
2. Guldener P H A: Endodontie: Eine Literaturübersicht. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 1978; 88: 417-431.
3. Green D: A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg* 1956; 9: 1224-1232.
4. Green D: A stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg* 1960; 13: 728-733.
5. Inoue N and Skinner D H: A simple and accurate way of measuring root canal length. *J Endodont* 1985; 11: 421-427.
6. Chunn C B, Zardiakas L D and Menke R A: In vivo root canal length determination using the Foramer. *J Endodont* 1981; 7: 515-520.
7. Berman L H and Fleischmann S B: Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. *J Endodont* 1984; 10: 164-167.
8. Grossman L I, Oliet S and Del Rio C: *Endodontic practice*. Lea & Febiger 11th ed. Philadelphia, 1988
9. Guldener P H A and Langeland K: *Endodontologie. Diagnostik und Therapie*. Thieme 3a ed ed. Stuttgart, 1993
10. Kuttler Y: Microscopic investigation of root apices. *J Amer Dent Assoc* 1955; 50: 544-552.
11. Chapman L E: A microscopic study of the apical region of human anterior teeth. *J Br Endod Soc* 1969; 3: 52-58.
12. Burch J and Hulen S: The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg* 1972; 34: 262-268.
13. Allen R K, Newton C W and Brown C E J: A statistical analysis of surgical and non-surgical endodontic retreatment cases. *J Endodont* 1989; 15: 261-266.
14. Desconocido: Filling nerve cavities. *Dental Cosmos* 1860; 2: 620.
15. Blayney J R: The medical treatment and root canal filling. *J Amer Dent Assoc* 1928; 15: 239-243.

16. Grove C J: An accurate new technique for filling root canals to the dentinocemental junction with impermeable materials. *J Amer Dent Assoc* 1929; 16: 1594-1600.
17. Schnur I: Die Technik der Wurzelbehandlung des infizierten Zahnes. *Dtsch Zahnärztl Z* 1958; 8: 448.
18. Renggli H H: Die Endometriesonde. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 1971; 81: 133-136.
19. Bregman R C: A mathematical method of determining the length of a root canal treatment and filing. *Can Dent Assoc* 1950; 16: 305-306.
20. Goldman M, Pearson A H and Darzenta N: Endodontic success: who's reading the radiograph. *Oral Surg* 1972; 33: 432-437.
21. Updegrave W J: Paralleling extension cone technique in intraoral radiography. *Oral Surg* 1951; 4: 1250-1261.
22. Updegrave W J: Right-angle dental radiography. *Dent Clin N Amer* 1968; 571-579.
23. von Reckow J F: Meilenstein der zahnärztlichen Röntgenologie. *Dtsch Zahnärztl Z* 1959; 17: 1159-1177.
24. Custer L E: Exact methods of locating the apical foramen. *J Amer Dent Assoc* 1918; 5: 815-819.
25. Suchede R V and Talim S T: Electronic ohmmeter: an electric device for determination of the root canal length. *Oral Surg* 1977; 43: 141-151.
26. Suzuki K: Experimental study on iontophoresis. *J Jap Stomatol* 1942; 16: 411-417.
27. Scheufele J: Die Iontophorese nach Bernard. *Zahnärztl Welt* 1950; 5: 629-634.
28. Sunada I: New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 41: 375-387.
29. Inoue N: Dental »stethoscope« measures root canal. *Dent Surv* 1972; 48: 38-44.
30. Ushijama J: New principle and method for measuring the root canal length. *J Endodont* 1983; 9: 97-104.
31. Pahncke D and Stoll N: Elektrische Einstellung der Arbeitslänge von Wurzelkanalinstrumenten. *Stomatol DDR* 1985; 35: 697-701.

32. Voss A: Die Endometrie — eine fragwürdige Methode der Längenbestimmung des Wurzelkanals. Dtsch Zahnärztl Z 1989; 44: 606-609.
33. Trope M, Rabie G and Tronstad L: Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical condition. Endod Dent Traumatol 1985; 1: 141-145.
34. Dahlin J: Electrometrische Registrierung des Foramen apikale. Quintessenz 1977; 2: 27-35.
35. Städler P: Neue Methoden zur Kanallängenbestimmung des Wurzelkanals: erste klinischen Erfahrungen mit dem Dentometer. Zahnärztl Praxis 1978; 29: 140-142.
36. Lechner H and Kröncke A: Vergleichende Untersuchungen zur Messung der Wurzelkanallänge. Dtsch Zahnärztl Z 1973; 28: 347-350.
37. Inoue N: An audiometric method for determining the length of root canals. J Can Dent Assoc 1973; 9: 630-666.
38. Seidberg B, Alibrandi B and Logue B: Clinical investigation of measuring working length of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. J Amer Dent Assoc 1975; 90: 379-386.
39. Abbott P: Clinical evaluation of an electronic root canal measuring device. Aust Dent J 1987; 32: 17-21.
40. Busch L R, Leonard R C, Goldstein L G, Held S A and Rosenberg P A: Determination of the accuracy of the Sonoexplorer for establishing endodontic measurement control. J Endodont 1976; 2: 295-297.
41. Lehr W N and Marsch R A: A radiographic study of the point of endodontic egress. Oral Surg 1973; 35: 105-109.
42. Nahmias Y, Aurelio J A and Gerstein H: A model for demonstrating an electronic canal length measuring device. J Endodont 1983; 9: 568-569.
43. Pahncke D and Ritter G: Längenmessung des Wurzelkanals mit Gleichstrom. Dtsch Zahn Mund Kieferheilk 1983; 71: 254-257.
44. Kaufman A Y and Szajakis S: The efficiency and reliability of the Dentometer for detecting root canal lengths. Oral Surg 1989; 67: 573-577.
45. Czonstkowsky M, Grassi M, El-Tagour H and Holstein F: An in vivo assessment of new endodontic electronic apex locator. J Endodont 1987; 14: 198 (Resumen).

46. Sobarzo V, Quistrop-Prömper M and Rastl B: Elektronische Endometrie statt Röntgenaufnahme? Vergleichende Untersuchung der Geräte Exact-A-Pex und Digident. Quintessenz 1987; 12: 1981-1987.
47. Hülsmann M and Bertzbach F: Klinische Überprüfung der Messgenauigkeit eines elektronischen Apexlokalisators. Dtsch Zahnärztl Z 1989; 44: 603-605.
48. Frank A L and Torabinejad M: An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. J Endodont 1993; 19: 177-179.
49. Keller M E, Brown C E, Jr. and Newton C W: A clinical evaluation of the Endocater—an electronic apex locator. J Endodont 1991; 17: 271-274.
50. Brynolf I: Roentgenologic periapical diagnosis II. One, two or more roentgenograms? Swed Dent J 1970; 63: 345-350.
51. Brynolf I: Roentgenologic periapical diagnosis III. The more roentgenograms — the better the information? Swed Dent J 1970; 63: 409-413.
52. Brynolf I: Roentgenologic periapical diagnosis IV. When is one roentgenogram not sufficient? Swed Dent J 1970; 63: 415-423.
53. Brynolf I: Roentgenologic periapical diagnosis I. Reproducibility of interpretation. Swed Dent J 1970; 63: 339-344.
54. Goldman M, Pearson A H and Darzenta N: Endodontic success - Who's reading the radiograph? Oral Surg 1972; 33: 432-437.
55. Lambrianidis T: Observer variations in radiographic evaluation of endodontic therapy. Endod Dent Traumatol 1985; 1: 235-241.
56. Webber R L, Benton P A and Ryge G: Diagnostic variations in radiographs. Oral Surg 1968; 26: 800-809.
57. Stein T J, Corcoran J F and Zillich R M: Influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. J Endodont 1990; 16: 520-522.
58. Arora R K and Gulabivala K: An in vivo evaluation of the ENDEX and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 79: 497-503.
59. Pallares A and Faus V: An in vivo comparative study of two apex locators. J Endodont 1994; 20: 576-579.

60. Lauper R, Lutz F and Barbakow F: An in vivo comparison of gradient and absolute impedance electronic apex locators. *J Endodont* 1996; 22: 260-263.
61. Fouad A F, Krell K V, McKendry D J, Koorbusch G F and Olson R A: Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endodont* 1990; 16: 446-449.
62. Ferrand N and Claisse A: Valeurs experimentales d'un appareil electronique de localisation. *Rev Fr Endod* 1990; 9: 9-16.
63. Ducoin F: Etude de la precision de deux appareils de mesure electronique de longueur des canaux. *Rev Fr Endod* 1991; 10: 27-33.
64. Stein T J and Corcoran J F: Nonionizing method of locating the apical constriction (minor foramen) in root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 71: 96-99.
65. O'Neil L: A clinical evaluation of electronic root canal measurement. *Oral Surg* 1974; 38: 469-473.
66. Kremers L and Lampert F: Das Forameter, ein Hilfsmittel zur exakten Längenbestimmung des Wurzelkanals? *Dtsch Zahnärztl Z* 1977; 32: 905-907.
67. Hembrough J H, Weine F S, Pisano J V and Eskoz N: Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in maxillary molars. *J Endodont* 1993; 19: 242-246.
68. Hülsmann M and Bertzbach F: Klinische Überprüfung der Meßgenauigkeit eines elektronischen Apexlokalisators. *Dtsch Zahnärztl Z* 1989; 44: 603-605.
69. Sobarzo-Navarro V: Klinische Erprobung des Wurzelkanal-Längen-Meßgerätes "Apicometer". *Quintessenz* 1984; 7: 375-385.
70. McDonald N J: The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am* 1992; 36: 293-307.

CURRICULUM VITAE

Nombre: Benjamín Briseño Marroquín
Lugar y fecha de nacimiento: México D. F. 23 de octubre de 1950
Nombre de los padres: Bertha Marroquín de Briseño
Benjamín Briseño Castrejón
Domicilio: Riesling Str.25, Gau-Odernheim,
Alemania
Tel. (+496733) 8205

ESTUDIOS PROFESIONALES

Licenciatura: Universidad Nacional Autónoma de México
Especialidad: Medicina Dental en la Universidad Ludwig Maximilian de Munich, Alemania en 1987
Obtención de grado
"Universitätsprofessor" en la Universidad Johannes Gutenberg de Mainz, Alemania en 1996
Maestría en Odontología: Universidad nacional Autónoma de México en 1995-1997.

EXPERIENCIA DOCENTE

Instructor de tiempo completo en la Universidad Ludwig Maximilian de Munich, Alemania.
Consejero académico en la Universidad Ludwig Maximilian de Munich, Alemania.
Director académico en la Universidad Johannes Gutenberg de Mainz, Alemania.