

304
2ej.



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Odontología

Evaluación de un Método Experimental para
Medir la Microfiltración Endodóntica

TESIS PROFESIONAL
para obtener el Título de
CIRUJANO DENTISTA
p r e s e n t a

LAURIE ANN XIMENEZ FYVIE

México, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Vo Bo-
Jellasp



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 está 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.

DEDICO ESTE TRABAJO, CON TODO MI CARIÑO:

A mis Padres:

**Luis Ximénez Caballero y
Laurie Ann Fyvie de Ximénez.**

A mis seis Hermanos:

**Cecilia, Fátima, Sofía,
Luis, Luisito, y Ana.**

Y al resto de mi Familia.

AGRADEZCO CON TODA SINCERIDAD:

A mis tres Asesores de Tesis:

El Dr. Francisco Javier Collado Webber, quien fomentó con su cátedra mi interés por la endodoncia, el Dr. Pablo Manuel Carter Bartlett y de manera muy especial, la Dra. Cecilia Ximénez García, por haberme brindado la oportunidad de iniciarme dentro de la investigación.

**Al Dr. Gerardo Maupomé Carvantes,
con gran aprecio y profunda
admiración, por su amable y
desinteresada colaboración.**

**Al Dr. Juan Carlos Hernández
Guerrero, Subjefe de Investigación
de la Facultad de Odontología, por
el respaldo y la confianza que me
ha brindado.**

A la Facultad de Odontología, a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la misma y al Departamento de Medicina Experimental de la Facultad de Medicina, por el apoyo que hizo posible la realización de este trabajo.

Al Honorable Jurado.

**A la Dra. Elia Zamora Limón,
por su colaboración y crítica.**

**Al Dr. Oscar L. Gámiz Hernández,
por su valiosa participación.**

**Y a todas las personas que de manera
directa o indirecta participaron en
la realización de este proyecto.**

"Entiendo que la actualización escrita en el campo científico siempre es precaria. La abundante producción de literatura especializada, impide conocer todo el ayer y transforma al libro en un aporte estático que pierde vigencia vertiginosamente.

Valgan estas palabras como excusa por lo que pude omitir y como disculpa por lo que mañana será un error."

FERNANDO GOLDBERG
Diciembre de 1981

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Procedimientos Endodónticos	9
Objetivo	16
Hipótesis	16
MATERIALES Y MÉTODOS	18
I. Obtención de Especímenes	18
II. Preparación de Conductos	23
III. Obturación de Conductos	25
IV. Método Experimental	27
V. Corte de los Especímenes	28
VI. Obtención de Autoradiografías	30
VII. Obtención de Cuentas por Minuto	31
RESULTADOS	32
DISCUSIÓN	40
Conclusiones	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
FIGURAS	57

INTRODUCCIÓN

Diferentes autores sugieren que la microfiltración es la causa más importante de fracasos endodónticos (1-4). En los años 50's se realizó un estudio en la Universidad de Washington en donde se evaluaron las tasas de éxitos y fracasos en endodoncia (5). En dicho estudio se tomaron más de 1,500 casos de tratamientos de conductos los cuales fueron observados durante dos y cinco años. Los resultados de esta investigación sugieren que la endodoncia tiene una tasa de éxitos de más del 90% y que más del 60% de todos los fracasos se deben a causas relacionadas con la filtración.

Se menciona comúnmente que el éxito en endodoncia se debe a la posibilidad de producir un sellado impermeable, tanto en diámetro como en longitud del espacio del conducto radicular. Por lo tanto, se toma como base indiscutible que es necesario producir una obliteración total y tridimensional del espacio del conducto que evite la percolación de cualquier sustancia hacia éste, para poder asegurar un alto porcentaje de éxitos endodónticos.

Durante casi 40 años se han realizado diversas investigaciones en donde se han evaluado las técnicas y materiales endodónticos en relación a cuáles pueden con mayor efectividad minimizar la microfiltración (6-22), pero hasta la fecha se ha enfatizado poco en el perfeccionamiento de los métodos experimentales que permiten su evaluación.

En términos generales, los métodos experimentales que se utilizan para hacer estudios de microfiltración endodóntica presentan tres problemas fundamentales:

I. MEDICIONES POCO CONFIABLES:

Este problema se debe a que algunos de los procedimientos y materiales que se

utilizan limitan o alteran en mayor o menor grado los registros originales de microfiltración. En relación a esto, deben tomarse en consideración los siguientes puntos:

◆ AGENTE DE MEDICIÓN:

Para la realización de estudios de microfiltración existen dos grupos o familias de agentes de medición. El grupo 1 son las tinciones o agentes colorantes. Dentro de este grupo los agentes que se utilizan con mayor frecuencia son el azul de metileno (23-33) y la tinta china (34-40). El grupo 2 son los isótopos radioactivos, y se utilizan frecuentemente diferentes sustancias marcadas con Ca^{45} (41-45), I^{131} (1), I^{125} (42), C^{14} (42, 46, 47) o S^{35} (48, 49). La mayor parte de los investigadores que realizan estudios de filtración utilizan agentes de medición del grupo 1 (23-40), y aunque estos agentes tienen las ventajas de que su manejo es relativamente sencillo y su costo muy bajo, tienen también grandes limitaciones en cuanto a la obtención de resultados confiables. Esto se debe principalmente a que dichas soluciones permiten hacer mediciones exclusivamente cualitativas o subjetivas.

Por otra parte, los agentes del grupo 2, utilizados con menor frecuencia (1, 41-50), permiten mediciones más acertadas y confiables de la filtración, ya que es posible hacer tanto evaluaciones subjetivas, por medio de autorradiografías, como mediciones cuantitativas, por medio de las cuentas por minuto obtenidas en un contador de centelleo.

Dentro de los isótopos radioactivos que han sido utilizados para esta finalidad existe una amplia gama de agentes, pero se considera que es preferible utilizar isótopos que emitan radiaciones tipo Beta, que tengan una vida media y período de emisión razonablemente largos y que no tengan interacción con las estructuras dentarias (42, 43, 47, 48). Este tipo de radioisótopos producen autorradiografías de buena calidad e

implican técnicas relativamente sencillas para su manejo. Dentro de esta familia de radioisótopos se encuentra la urea marcada con carbón-14. La ^{14}C -urea es una solución hidrosoluble de moléculas con carga eléctrica neutral que se difunden sólo parcialmente en las estructuras dentarias, y no tienen intercambios con los minerales de éstas (47). Estas moléculas emiten niveles bajos de energía (158 KeV) en forma de radiaciones tipo Beta, tienen una vida media y período de emisión muy largos, y producen autorradiografías de gran calidad. Ningún otro radioisótopo sugerido para este fin proporciona todas estas ventajas.

♦ TIEMPO DE INMERSIÓN:

La mayoría de los autores que han realizado estudios de filtración, utilizan tiempos de inmersión entre 48 y 72 horas (6, 10, 14, 21, 29, 37, 39, 40, 42, 44, 46-49, 51, 52). En 1982, Delivanis y Chapman (43) descubrieron, por medio de un estudio electroquímico de la filtración, que existe un marcado aumento de la filtración durante los primeros 10 días de inmersión, obteniendo máxima filtración de los 11 a los 14 días; después de este tiempo la filtración permanece constante. Por otra parte, Kapsimalis y cols. (48) experimentaron también con diferentes tiempos de inmersión, y aunque utilizaron un tiempo de 48 horas, encontraron que la filtración siguió aumentando hasta los 14 días. Tomando como premisa estos descubrimientos, se debe considerar que un tiempo de 48 o 72 horas de inmersión resulta ser inadecuado puesto que no permite que se complete el lapso de tiempo durante el cual continúa habiendo filtración hacia el conducto radicular. Por lo tanto, se debe considerar que un tiempo entre 11 y 14 días de inmersión es el procedimiento más adecuado para asegurar resultados veraces.

◆ MANEJO DE LOS ESPECÍMENES DESPUÉS DE LA FILTRACIÓN:

Este grupo de procedimientos son quizá los más importantes en el diseño de este tipo de métodos experimentales puesto que es aquí en donde se producen la mayor parte de las alteraciones en los resultados. En términos generales debe considerarse que sumergir los especímenes o permitir el contacto directo del interior de los conductos radiculares con soluciones líquidas después de la filtración para realizar el corte, lavado, transparentación y/o desmineralización de los especímenes o para cualquier otro procedimiento, puede alterar los registros originales de filtración (43). Esto es debido a la acción de arrastre de los líquidos y a que la mayor parte de las soluciones radioactivas y agentes colorantes son hidrosolubles; por lo tanto, llevar a cabo procedimientos de este tipo puede ocasionar que el agente de medición se diluya, se elimine o bien que se extienda hacia zonas en donde originalmente no existía filtración. En consecuencia, se deben tener cuidados especiales en el manejo de los especímenes desde el momento en que son retirados del agente de medición hasta que se realizan todas las mediciones de filtración.

◆ SELLADO DE LA SUPERFICIE EXTERNA DE LAS RAÍCES:

En la mayor parte de los estudios de microfiltración se aísla la superficie externa de las raíces a excepción de una extensión entre 1 y 3 mm en la porción apical (1, 6, 7, 10, 12, 14, 16, 18-20, 22, 24-30, 34, 36, 37, 39-44, 46, 47, 50, 53-55). Esto se realiza generalmente con barniz para uñas debido a que se ha demostrado en muchas ocasiones que funciona como un aislante perfecto (47, 56). Las dos razones principales por las que se recubren las raíces en investigaciones de este tipo son: a) Porque se cree que los agentes de medición se difunden o reaccionan con las estructuras dentarias y si no se recubren las raíces con algún aislante, sería prácticamente imposible hacer mediciones

acertadas. b) La segunda razón, es porque algunos investigadores desean limitar la filtración, es decir, permitir filtración exclusivamente a través del foramen apical y no por los conductos accesorios. Este criterio de evaluación ocasiona que las mediciones se efectúen de manera incompleta, puesto que si se considera que los materiales y técnicas de obturación deben proporcionar un sellado tanto en diámetro como en longitud del conducto radicular, quizá sería más adecuado emplear modelos de estudio que permitieran probar el sello de dichos materiales y técnicas dentro de este parámetro, es decir, a través de la extensión total de la raíz en donde es posible que existan conductos accesorios y no sólo a través del foramen apical.

◆ OBTENCIÓN DE RESULTADOS:

Después de someter los especímenes al agente de medición, existen diferentes formas de obtener resultados:

1. TRANSPARENTADO DE LAS RAÍCES: Este es un procedimiento que se utiliza frecuentemente cuando se emplean tinciones como agente de medición (6, 12, 16, 20, 22, 34-40, 53-55, 57, 58). Como su nombre lo indica, esta técnica hace transparentes las raíces para así poder medir la extensión de la filtración sin necesidad de cortar los especímenes. La técnica que se utiliza generalmente para efectuar el transparentado de las raíces es la siguiente:

- ⇒ Sumergir en formalina al 2% durante un tiempo mínimo de 24 horas.
- ⇒ Lavar en agua corriente durante 6 a 12 horas.
- ⇒ Sumergir en ácido nítrico al 5% de 48 a 72 horas.
- ⇒ Lavar en agua corriente durante 6 a 12 horas.
- ⇒ Deshidratar en concentraciones crecientes de alcohol de 8 a 10 horas.
- ⇒ Sumergir indefinidamente en salicilato de metilo.

Para la realización de este procedimiento es indispensable sumergir los especímenes en diferentes soluciones líquidas y el tiempo requerido de inmersión en dichas sustancias es, en la mayoría de los casos, inclusive mayor que en el agente de medición. Por lo tanto debe considerarse que los procedimientos que se utilizan para el transparentado de las raíces tienen la capacidad de alterar en alguna medida los registros originales de filtración.

2. CORTE DE LOS ESPECÍMENES: Este es el único procedimiento que se puede seguir para la obtención de resultados cuando se utilizan isótopos radioactivos como agente de medición y es ampliamente utilizado también cuando se efectúan las mediciones con agentes colorantes (7, 9-11, 13-15, 18, 19, 21, 25-28, 31, 41, 42, 44, 46-49, 52, 59-61).

Los cortes pueden realizarse en dos sentidos: horizontales o longitudinales. Los cortes horizontales tienen la ventaja de que permiten hacer mediciones tanto lineales como volumétricas de la filtración y es posible observar la filtración que se encuentra tanto entre las paredes del conducto y el material de obturación, así como la que se localiza dentro de dicho material. Ninguna de las condiciones anteriormente mencionadas pueden realizarse cuando los cortes se efectúan en sentido longitudinal.

Los cortes que se realizan de los especímenes en estudios de microfiltración deben reunir básicamente los siguientes requisitos, independientemente del mecanismo de corte que se utilice:

- ⇒ Cortes controlados.
- ⇒ Cortes medidos.
- ⇒ Cortes del tejido sin desmineralizar.

Las técnicas que se utilizan para realizar estos cortes son muy variadas, pero las que se emplean con mayor frecuencia son:

■ Cortes al Microtomo Previa Desmineralización (47): Los cortes de tejido que se realizan con diferentes modelos de microtomos son, sin lugar a dudas, los más controlados y medidos. Desgraciadamente es imposible realizar cortes del tejido dental sin desmineralizar con este mecanismo. El procedimiento para la desmineralización es muy similar al trasparentado de las raíces que se mencionó con anterioridad y por lo tanto representa las mismas desventajas del mismo (ver pág. 6). Debido a esto, los cortes al microtomo para estudios de microfiltración deben considerarse inadecuados puesto que tienen el potencial de alterar en alguna medida los resultados durante la desmineralización.

■ Utilización de Seguetas (11, 13, 15, 19, 21, 27, 28, 44, 52), Cinceles (25, 26, 59-61) o Pinzas (42): Cualquiera de estos tres mecanismos de corte tiene básicamente las mismas desventajas. Es extraordinariamente difícil que los cortes que se obtienen con alguno de estos métodos se puedan controlar en relación a su dirección, orientación y grosor; requisitos fundamentales para los cortes utilizados en estudios de microfiltración. Por otra parte, cuando los especímenes son seccionados con cualquiera de estos mecanismos, en ocasiones se lijan posteriormente para obtener superficies tersas. Si se trabaja con isótopos radioactivos dicho procedimiento podría ocasionar la eliminación parcial del agente o la contaminación de zonas en donde originalmente no había filtración.

■ Cortes por desgaste con recortadoras para modelos de yeso, discos o fresas (10, 14, 18, 41, 44): Este puede ser considerado quizá el método de corte más inadecuado puesto que además de permitir un contacto franco del interior de los conductos radiculares con cantidades abundantes de agua, se pierde una gran cantidad de tejido dental que debería ser utilizado para hacer mediciones. Por lo tanto, este

mecanismo de corte ocasiona sin duda que los resultados obtenidos de filtración tengan una dudosa confiabilidad.

Como se puede observar, ninguno de los procedimientos que se utilizan con mayor frecuencia para realizar los cortes en estudios de microfiltración reúnen todos los requisitos fundamentales que deben tener dichos cortes. Por lo tanto, es necesario ampliar los estudios para encontrar nuevos y más adecuados mecanismos, puesto que éste es un aspecto básico en el diseño de este tipo de métodos experimentales.

II. INSUFICIENTE ESTANDARIZACIÓN:

El segundo problema que presentan los métodos experimentales que se utilizan para hacer estudios de microfiltración endodóntica es la poca estandarización de los procedimientos que se siguen. Es decir, cada investigador elige los procedimientos para su estudio que le parecen más adecuados y convenientes, debido a que no se han establecido hasta la fecha reglas o patrones para prácticamente ninguno de estos procedimientos. Aunque existen pocos estudios sobre el análisis de los procedimientos específicos de estos métodos experimentales, sí se tiene información sobre algunos de éstos, tales como agentes de medición (42, 43, 49) y tiempos de inmersión (43, 48, 50). Sin embargo, la selección de la mayor parte de los procedimientos, incluso los que han sido estudiados, parece realizarse de una forma totalmente arbitraria o al azar. La poca estandarización de estos estudios hace extraordinariamente difícil la comparación entre unos y otros, aún si éstos comparan los mismos materiales o técnicas (27). Esta situación hace patente la necesidad de ampliar los estudios para encontrar métodos experimentales más adecuados y que garanticen la obtención de resultados altamente confiables.

III. DUDOSA RELACIÓN BIOLÓGICA:

El tercer problema que presentan los métodos experimentales que se utilizan comúnmente para realizar estudios de filtración endodóntica es que los resultados que se obtienen no cuentan con una relación biológica clara. Este ha sido un punto de preocupación para algunos investigadores (27, 42, 61).

Tomando en consideración que se estima que hoy en día la endodoncia tiene una proporción de éxitos sumamente elevada de más del 90% (62) y que de todos los fracasos, más del 60% son debidos a la filtración, sería razonable suponer que en los resultados de los estudios de microfiltración deberían obtenerse frecuentemente registros de cero filtración. Pero esto no sucede con frecuencia, sino que por el contrario, es raro que en estos estudios de laboratorio se obtengan resultados de no filtración, independientemente de los materiales o técnicas que sean evaluados.

Este tipo de discrepancias entre los estudios *in vitro* y las investigaciones clínicas indican que la filtración que se registra en estos estudios sería quizá insignificante en boca y muy probablemente no sea un indicador real del fracaso clínico. Lo cierto es que no se conoce con precisión qué cantidad o extensión lineal de filtración hacia los conductos radiculares daría como resultado el fracaso de un tratamiento determinado.

Hoy en día se ha convertido en una necesidad que los estudios de microfiltración sean guiados hacia poder encontrar modelos experimentales que tengan inferencias reales sobre el ámbito clínico para que de esta manera sea posible esclarecer el significado biológico de estas investigaciones.

PROCEDIMIENTOS ENDODÓNTICOS:

A continuación se mencionan los antecedentes, criterios y conceptos básicos que fueron considerados para la realización de los procedimientos endodónticos utilizados

en esta investigación:

↳ LÍMITE APICAL:

El límite o unión CDC se considera como el punto a partir del cual no deben sobrepasar ningún instrumento, material o agente químico para poder asegurar resultados favorables en el tratamiento de conductos (63). Aunque el sitio de localización de esta constricción varía en cada caso particular, está demostrado que se encuentra entre 0.5 y 1.5 mm del ápice radiográfico (64) y se acepta como un procedimiento adecuado estandarizar la longitud de trabajo a 1 mm del ápice real de las raíces. Asimismo, es de gran importancia conservar la integridad de dicha constricción durante todos los procedimientos endodónticos. Kuttler (65) demostró que el diámetro promedio de esta constricción es de 200 μm , lo cual significa que tiene un diámetro promedio equivalente a una lima No. 20. Tomando en consideración que esta medida tiene variaciones en cada caso particular, en investigaciones de este tipo se utilizan generalmente limas No. 10 para asegurar que los conductos no se encuentren calcificados, para tomar conductometrías y posteriormente, durante la preparación de los conductos, para garantizar que los forámenes apicales permanezcan patentes durante la instrumentación. De esta manera, se tiene un margen entre los tamaños de las limas y las constricciones, evitando así que se produzcan modificaciones a éstas durante la preparación de los conductos.

↳ INSTRUMENTOS PARA LA PREPARACIÓN DE CONDUCTOS:

En 1985 Roane y cols. (66) diseñaron las limas tipo Flex-R, las cuales son una modificación de las tipo K-Flex. Esta modificación consiste en que la primera hoja cortante de la punta fue eliminada, dándole características superiores a este nuevo

diseño de limas endodónticas. Aunque el cambio en el diseño de las limas tipo Flex-R no se aleja drásticamente del diseño de otras limas más comunes como las tipo K o K-Flex, Leseberg y Montgomery (67) demostraron la superioridad que las limas tipo Flex-R tienen sobre las K-Flex. Cuando los conductos fueron preparados con limas tipo Flex-R, éstas permanecieron mejor centradas dentro de los conductos, la preparación en la porción apical fue más circular y los conductos fueron transportados significativamente menos que con limas tipo K-Flex. Evaluando el control sobre los instrumentos y la uniformidad de corte, Powell y cols. (68) demostraron que las limas tipo Flex-R proporcionan un desgaste más uniforme y permiten un mejor control sobre el instrumento que las limas convencionales, además de que mejoran de manera significativa el control de la limpieza y ensanchamiento de los conductos y minimizan la formación de escalones en las paredes de los mismos.

↳ TÉCNICAS DE PREPARACIÓN DE CONDUCTOS:

Diferentes autores han demostrado que la técnica de 'paso-atrás', también llamada telescópica, proporciona mayores beneficios que la mayoría de las otras técnicas de preparación sugeridas. Allison y cols. (44) demostraron que cuando los conductos se preparan con la técnica de 'paso-atrás', una vez obturados presentan una notable disminución en la filtración apical en comparación a los que se preparan con la técnica convencional. Por otra parte, Myers y Montgomery (69) comprobaron que los conductos instrumentados con limas tipo Flex-R, a 1 mm del ápice real, con la técnica de 'paso-atrás', presentaron la menor cantidad de restos dentinarios y sustancias irrigantes expulsadas a través del foramen apical. Tomando en consideración que cualquier material que sea expulsado hacia el periápice provoca reacciones adversas, éste es un punto que merece serias consideraciones (70). Fabra-Campos (6) demostró que el tamaño de la preparación en la porción apical tiene influencia sobre la filtración y por

esta razón es preferible evitar ensanchar esta porción a un diámetro mayor que el de una lima No. 40, debido a que se ha reportado un aumento en la filtración cuando la porción apical de los conductos se ensancha con limas mayores a ésta.

↳ IRRIGACIÓN DE LOS CONDUCTOS:

El hipoclorito de sodio ha sido utilizado para la irrigación de conductos radiculares por más de 70 años (71). Se considera que es un agente antiséptico efectivo contra una gran variedad de agentes patógenos (72), dentro de los cuales se incluyen bacterias tanto Gram positivas como negativas, hongos, esporas y virus, incluyendo el Virus de la Inmunodeficiencia Humana. Por otra parte, existe controversia en cuanto a la concentración ideal del hipoclorito de sodio como agente irrigante en el tratamiento de conductos. Rubin y cols. (73) demostraron que a una concentración media de 2.6% el hipoclorito de sodio, funciona como un excelente solvente de tejidos y predentina, aunándose a esto su acción antiséptica.

↳ ELIMINACIÓN DE LA CAPA SUPERFICIAL:

La capa superficial en endodoncia se forma como resultado directo de la instrumentación de los conductos; por lo tanto, no está presente en conductos no instrumentados. El espesor de dicha capa puede variar, pero en general, se considera que es de 1 a 2 μm y se encuentra empacada dentro de los túbulos dentinarios hasta una profundidad máxima de 40 μm (74). Czonstkowsky y cols. (75) demostraron que la capa superficial está formada en mayor cantidad por sustancia inorgánica, la cual incluye principalmente estructura dental y ciertos contaminantes inorgánicos inespecíficos. Aunque los componentes más abundantes son inorgánicos, dentro de la capa superficial también se encuentra una porción de sustancia orgánica que está

formada por proteínas térmicamente coaguladas, tejido pulpar necrótico o viable y prolongaciones odontoblásticas, además de saliva, células sanguíneas y microorganismos. En este estudio se demostró también que, al dejar la capa superficial, las bacterias y sus productos encontrados en ella pueden actuar como una acumulación de irritantes potenciales. Al eliminarla, el hipoclorito de sodio puede penetrar los túbulos dentinarios y eliminar cualquier microorganismo presente hasta la distancia que el irrigante pueda recorrer dentro de los túbulos. Por otra parte, mencionan que el EDTA al 17% seguido por hipoclorito de sodio al 5.25% abren los túbulos dentinarios produciendo una superficie limpia, aún en la porción apical del conducto, y al lograr una superficie con estas características, es posible obtener una mejor adaptación de los materiales de obturación.

En cuanto a la filtración apical y la adhesión de los selladores, se ha demostrado que al eliminar la capa superficial, se disminuye notablemente la filtración (16, 76, 77), lo cual puede ser consecuencia de que la fuerza de adhesión de los selladores a las paredes dentinarias sin capa superficial se incrementa significativamente (74). Goldman y cols. (78), utilizando EDTA seguido por hipoclorito de sodio, desarrollaron lo que ahora se reconoce como el método más efectivo para eliminar la capa superficial. El tiempo de trabajo del EDTA ha sido tema de numerosos estudios y sigue siendo aun motivo de controversia. Diferentes autores han sugerido tiempos de trabajo que varían entre 1 y 30 minutos (74, 75, 79-82). Goldberg y Spielberg (81) mencionan que el tiempo de trabajo óptimo de la solución de EDTA es de 15 minutos. Por otra parte, en tomas al microscopio electrónico de barrido, Foster y cols. (80) demostraron que la capa superficial puede ser eliminada adecuadamente irrigando los conductos con 10 cm³ de EDTA al 17% seguido por una irrigación final con 10 cm³ de hipoclorito de sodio al 5.25%, cuando los irrigantes son depositados a una velocidad de 1 cm³ cada 3 segundos. Esto quiere decir que la capa superficial puede ser removida de las paredes de un

conducto en un tiempo de hasta 60 segundos.

❧ SELLADORES ENDODÓNTICOS:

En el pasado ha sido ampliamente demostrado que, independientemente de la técnica de obturación que se emplee, es necesario utilizar sellador endodóntico para garantizar un buen sellado del conducto radicular. Younis y Hembree (41) y Limkangwalmongkol y cols. (27, 28) demostraron que en la Técnica de Condensación Lateral, la gutapercha por sí sola no proporciona un sellado adecuado y por lo tanto, debe ser utilizada en combinación con algún sellador. Marlin y Schilder (83) demostraron la necesidad de utilizar sellador en la Técnica de Condensación Vertical para poder sellar completamente el espacio entre la gutapercha y las paredes de los conductos. Yee y cols. (84), ElDeeb (85) y Oguntebi y Shen (86) notaron que al utilizar sellador en la Técnica de Inyección Termoplástica de Gutapercha, se aumenta la calidad del sellado y por lo tanto se disminuye la filtración hacia el conducto radicular. Estos hallazgos demuestran que los conductos radiculares obturados exclusivamente con gutapercha presentan una filtración considerablemente elevada, la cual disminuye con la utilización de algún sellador endodóntico.

El Tubli-seal™ (Kerr Manufacturing Company, Romulus, MI, U.S.A.) es un sellador a base de óxido de zinc. Younis y Hembree (41) encontraron que de todos los selladores de composición similar, el Tubli-seal™ fue el único que presentó mínima filtración apical. En dicho estudio se compararon 10 selladores diferentes y el Tubli-seal™ obtuvo el segundo sitio en lo referente al sellado apical. El sellador que obtuvo los mejores resultados fue el Durelon, pero el autor aclara que este sellador no se puede recomendar para endodoncia debido a sus malas características de manejo. De esta manera, el Tubli-seal™ demostró ser el sellador más adecuado en cuanto a filtración.

Asimismo, Smith y Steiman (58) observaron también una disminución en la filtración cuando los conductos fueron obturados con Tubli-seal™ en comparación a otros dos selladores evaluados. Por otra parte, Higginbotham (87) comparó las características de cinco selladores comúnmente utilizados en endodoncia. En este estudio se demostró que el grosor de la película obtenida con el Tubli-seal™ (0.083 mm) es menor que el de los otros cuatro selladores analizados. Dicho sellador mostró tener una radiopacidad adecuada: mayor que la gutapercha y tres de los selladores, menor que las puntas de plata y solamente uno de los selladores. Por otra parte, Spangberg (88) evaluó la toxicidad de trece materiales de obturación en células HeLa y encontró que el Tubli-seal™ está dentro de los menos tóxicos junto con la gutapercha germicida y la cloropercha N-Ø. Mohammad y cols. (89) obtuvieron también resultados favorables en relación a la citotoxicidad del Tubli-seal™, debido a que después de 96 horas este sellador se encontró dentro de los menos tóxicos. Se ha mencionado que el corto tiempo de endurecimiento de este sellador puede considerarse su principal desventaja (90), pero Higginbotham (87) encontró que el Tubli-seal™ presentó un tiempo de endurecimiento de 23.5 min, lo cual fue comparable o mayor que el tiempo de endurecimiento de los otros selladores evaluados. Goldberg (91) menciona que este sellador posee un alto corrimiento antes de iniciar su endurecimiento, y quizá sea ésta la explicación del descubrimiento de Wollard y cols. (92), quienes en tomas al microscopio electrónico de barrido, observaron la penetración del Tubli-seal™ en el interior de los túbulos dentinarios cuando la capa superficial fue eliminada.

↳ CONSIDERACIONES PARA LA TÉCNICA DE OBTURACIÓN:

Simons y cols. (61) mencionan que para la Técnica de Condensación Lateral existen en el mercado dos tipos de espaciadores: manuales y digitales. En un intento por comparar estos dos tipos de instrumentos, descubrieron que al utilizar espaciadores

digitales la filtración apical disminuía significativamente. Por otra parte, Allison y cols. (44) demostraron que existe una disminución en la filtración apical cuando la punta del espaciador se puede insertar a 1 mm de la longitud de trabajo. En base a estos descubrimientos, se ha considerado como un procedimiento adecuado la utilización de espaciadores digitales, y para la colocación de las primeras puntas accesorias, la introducción del espaciador a una distancia de 1 mm de la longitud de trabajo.

OBJETIVO:

La presente investigación tiene como objeto fundamental evaluar la efectividad de un método experimental para medir la microfiltración endodóntica. Durante el diseño de este método, todos los procedimientos fueron cuidadosamente elegidos, evaluados y estandarizados para garantizar que los resultados que se obtuvieran de su utilización fueran altamente confiables. De esta manera se enfrentó lo que anteriormente se mencionó como el primero de los tres problemas fundamentales en los métodos experimentales que se utilizan para evaluar la filtración endodóntica. Asimismo, los procedimientos fueron seleccionados, con el fin de que el método pudiera ser aplicado en un futuro en estudios sobre la relación biológica que tienen estas investigaciones con el ambiente clínico.

HIPÓTESIS:

H₀¹: No existe una diferencia estadísticamente significativa en la filtración observada entre conductos no obturados, obturados con gutapercha y obturados con gutapercha en combinación con sellador endodóntico.

H₀²: No existe una diferencia estadísticamente significativa en el potencial de detección de filtración entre los métodos de evaluación con autoradiografías y con cuentas por minuto.

MATERIALES Y MÉTODOS

I. OBTENCIÓN DE ESPECÍMENES:

Se realizó una investigación *in vitro* en donde se utilizaron para el estudio dos juegos de especímenes. En el primero se utilizaron 48 raíces de dientes extraídos, las cuales fueron divididas al azar en tres grupos de 16. Cada grupo fue preparado de la siguiente manera: Grupo I: Controles (sin obturación); Grupo II: Condensación Lateral con gutapercha sin sellador endodóntico (obturaciones defectuosas); Grupo III: Condensación Lateral con gutapercha y sellador (Tabla 1). Los 16 especímenes de cada grupo fueron utilizados para realizar tanto evaluaciones lineales como cuantitativas de la filtración.

PRIMER JUEGO DE ESPECÍMENES
(EVALUACIONES LINEALES Y CUANTITATIVAS)

	Grupo I Control	Grupo II Condensación Lateral. (Sólo Gutapercha)	Grupo III Condensación Lateral. (Gutapercha y Sellador)	TOTAL
Número de Especímenes	16	16	16	48

Tabla 1

En el segundo juego de especímenes se utilizaron 24 raíces de dientes extraídos las cuales fueron divididas nuevamente al azar en tres grupos de ocho. Estos especímenes fueron preparados de la misma manera que los del primer juego y se utilizaron con el propósito de repetir exclusivamente las mediciones cuantitativas de la filtración (Tabla 2).

SEGUNDO JUEGO DE ESPECÍMENES
(EVALUACIONES CUANTITATIVAS)

	Grupo I Control	Grupo II Condensación Lateral. (Sólo Gutapercha)	Grupo III Condensación Lateral. (Gutapercha y Sellador)	TOTAL
Número de Especímenes	8	8	8	24

Tabla 2

Es decir, en total se utilizaron 72 especímenes (Juegos 1 y 2 : 3 grupos de 24) para realizar evaluaciones cuantitativas (Tabla 3) y 48 especímenes (Juego 1 : 3 grupos de 16) para realizar las mediciones de filtración lineal.

TOTAL DE ESPECÍMENES UTILIZADOS
(EVALUACIONES CUANTITATIVAS)

	Grupo I Control	Grupo II Condensación Lateral. (Sólo Gutapercha)	Grupo III Condensación Lateral. (Gutapercha y Sellador)	TOTAL
Número de Especímenes	24	24	24	72

Tabla 3

Cabe mencionar que en ambos juegos, el tamaño de muestra para cada grupo experimental fue seleccionado exclusivamente por motivos de conveniencia.

Los especímenes que se utilizaron fueron las raíces de cualquier diente anterior o posterior con un solo conducto (ver págs. 21 y 22) cuya curvatura no excediera de 25 grados. Todos los especímenes que se utilizaron para este estudio presentaron ápices maduros.

Inmediatamente después de la extracción, los dientes fueron colocados en una solución de cloruro de benzalconio al 1% y mantenidos en refrigeración. Se utilizó el cloruro de benzalconio al 1% para conservar los dientes por ser un antiséptico que no

daña el tejido dentario ni la capa superficial y en general, se considera seguro para esta aplicación (47).

Durante la recolección de dientes, se descartaron aquellos que se consideraron inadecuados por simple inspección visual. Por ejemplo, aquellos que presentaban destrucción radicular por caries o cualquier otra causa, fracturas radiculares, reabsorción externa, o que tuvieran formación apical incompleta, es decir, ápices abiertos sin constricción.

Las coronas fueron seccionadas a nivel de la unión cemento-esmalte con discos de diamante finos (Komet™, Germany), alta velocidad y enfriamiento por agua (Fig. 1). Los cortes se hicieron perpendiculares al eje longitudinal de los dientes en sentido horizontal. En el caso de los molares, se seccionaron las raíces por utilizar de la misma manera que las coronas, en sentido horizontal pero a nivel de las furcas (Fig. 2).

Se limpió la superficie externa de todos los especímenes cuidadosamente con una hoja de bisturí del número 15 (Aesculap Surgical Industries, Malaysia) con el fin de eliminar los restos de cualquier tejido que pudiera encontrarse adherido a ellos. Posteriormente, los especímenes fueron enjuagados varias veces con agua corriente y cada uno fue colocado dentro de uno de los 48 pozos de placas para microtitulación (Costar™, Cambridge, MA, U.S.A.) (Fig. 3). A partir de este momento los especímenes se consideraron como 'Especímenes Iniciales' y se llevaron a cabo los controles y registros de éstos siguiendo la numeración que tienen inscrita las placas para microtitulación. Se marcó cada placa con un número consecutivo del 1 al 5, debido a que fue necesario recolectar más de 200 'Especímenes Iniciales'. De esta manera no existió confusión en el control y registro de cada espécimen debido a que todas las anotaciones se realizaron registrando el número de pozo seguido por la letra P (Placa) y por el número de placa (Ej. Especimen Inicial No. A3-P1).

Los pozos de las placas para microtitulación se llenaron con suero fisiológico hasta que todos los especímenes quedaron cubiertos y se mantuvieron en incubación a 37°C. Esto se hizo con el fin de evitar que los especímenes sufrieran deshidratación y para que permanecieran a temperatura corporal durante todo el estudio. Bajo estas condiciones fueron retirados individualmente durante todos los procedimientos siguientes hasta antes de iniciar la preparación de los conductos.

Se examinaron cuidadosamente todos los especímenes iniciales utilizando un estereomicroscopio 60x, para verificar que ninguno presentara defectos o microfracturas radiculares y que los ápices se encontraran completos y bien formados.

Para comprobar que ningún espécimen presentara calcificación apical, se introdujo una lima tipo Flex-R No. 10 (Union Broach, New York, NY, U.S.A.) en cada conducto, la cual se pasó a través del foramen apical hasta que la punta fue visible en la superficie externa. Cualquier conducto que presentara calcificación fue descartado como espécimen de estudio. Durante este procedimiento se registró también la longitud total de los especímenes; ésta se consideró como la medida obtenida entre la punta de la lima y el tope de hule después de colocar la lima dentro del conducto y su punta se encontrara al ras de la superficie externa del foramen apical y el tope de hule (Sure-Stop™, Caulk/Dentsply, Milford, DE, U.S.A.) estuviera en contacto con la superficie cervical. De esta manera, la longitud total de los especímenes se consideró como la distancia real entre la superficie cervical y la salida del foramen apical. En este momento se descartaron aquellos especímenes que medían menos de 10 mm ya que se consideró inadecuado e impráctico trabajar con especímenes tan pequeños.

Se tomaron radiografías de todos los especímenes en dos vistas: mesio-distal y vestibulo-lingual. Estas radiografías fueron tomadas con una lima dentro de cada conducto, colocada a la longitud total del espécimen correspondiente. Mediante la inspección radiográfica se realizó la selección final de los dientes, descartando aquellos

que presentaban reabsorción interna, más de un conducto, calcificaciones, caries, tratamiento endodóntico previo o cualquier defecto que no hubiera sido aparente durante las inspecciones visuales y microscópicas, y se determinó la medida en grados de la curvatura de cada conducto. Las curvaturas fueron medidas de acuerdo al método descrito por Schneider para medir curvaturas radiculares (93) (Fig. 4). Esto se realiza por medio de radiografías y se consideran las curvaturas de los conductos y no de las raíces, midiéndose en relación al eje longitudinal de cada conducto en cualquiera de las dos vistas: mesio-distal o vestibulo-lingual. Todas las películas radiográficas (Kodak, Ektaspeed Polysoft™) fueron marcadas con el número correspondiente a cada espécimen al momento de su toma.

En resumen, los especímenes que se utilizaron para esta investigación fueron seleccionados en base a los siguientes criterios:

◆ **CRITERIOS DE INCLUSIÓN:**

- a) Cualquier diente natural anterior o posterior.
- b) Raíces con un solo conducto.
- c) Dientes con ápices maduros.
- d) Raíces con curvaturas menores de 25 grados.
- e) Raíces con una longitud mayor a 10 mm.

◆ **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:**

- a) Dientes con características contrarias a los puntos antes mencionados.
- b) Raíces con caries o algún otro tipo de destrucción.
- c) Dientes con fracturas radiculares.
- d) Dientes con reabsorción interna o externa.
- e) Conductos con tratamiento endodóntico previo.
- f) Dientes con calcificación que no permitiera el paso de una lima No. 10 a través del foramen apical.

Una vez que se realizó la selección final de los especímenes, aquellos que se consideraron adecuados fueron enjuagados con agua corriente, secados con papel absorbente y transferidos a otras placas para microtitulación en las cuales dichos especímenes fueron distribuidos aleatoriamente. En este caso se utilizaron dos placas para microtitulación numeradas respectivamente. La información registrada de los 'Especímenes Iniciales' se transfirió a hojas de registro nuevas que contaban con la numeración que se utilizó durante el resto del estudio. A partir de este momento, los especímenes fueron llamados 'Especímenes de Estudio' y se mantuvieron en las placas para microtitulación sin suero fisiológico, en incubación a 37°C con humedad al 100%. Cabe mencionar que debido a que los especímenes no estuvieron marcados, durante todo el estudio se siguió la regla de no retirar nunca de las placas más de uno a la vez; de esta manera se tuvo siempre la certeza del pozo y la placa a los que pertenecía cada uno.

II. PREPARACIÓN DE CONDUCTOS:

Para poder asegurar que la única variante en el estudio fuera la técnica de obturación, todos los procedimientos anteriores y posteriores a la obturación fueron estandarizados de tal manera que todos los especímenes se trataron con las mismas técnicas, instrumentos y materiales, a excepción de la obturación de los conductos, y fueron realizados por un mismo operador.

Todos los conductos fueron preparados y obturados exactamente hasta el mismo punto: 1 mm de la longitud real del conducto. Esta medida se llamó 'longitud de trabajo' y se obtuvo restándole un milímetro a la longitud total anteriormente descrita (ver pág. 21).

Todos los conductos fueron preparados con limas tipo Flex-R (Union Broach, New York, NY, U.S.A.) utilizando la técnica de 'paso-atrás'. Siguiendo esta técnica, la

porción apical de todos los conductos se ensanchó hasta un diámetro que no fue menor que el de una lima No. 25 ni mayor que el de una lima No. 40. Esto dependió del tamaño original de cada conducto y se utilizaron un mínimo de tres instrumentos a partir del primer número que trabajara la porción apical. Posteriormente se ensanchó la porción intermedia de los conductos, restándole a cada instrumento 1 mm de la longitud de trabajo. De esta forma se ampliaron los conductos el número necesario de instrumentos para limar esta porción, iniciando con el siguiente número de lima a partir del último que se utilizó en la porción apical. Por último, se amplió la porción cervical de los conductos con taladros de Gates-Glidden (Caulk/Dentsply, Milford, DE, U.S.A.) números 1, 2, 3 y 4, utilizando una pieza de mano de baja velocidad.

Antes de iniciar la preparación de los conductos y durante la preparación, entre un tamaño de instrumento y el siguiente, todos los conductos fueron irrigados con 5 cm³ de hipoclorito de sodio al 2.6% y se verificó que los forámenes apicales permanecieran patentes pasando una lima No. 10 a través de éstos.

Una vez terminada la preparación de los conductos, estos fueron irrigados con 10 cm³ de EDTAC (ácido etilendiaminotetraacético - Cetavión (*)) en solución al 17% y posteriormente se efectuó una irrigación final con 10 cm³ de hipoclorito de sodio al 5.25%. Ambas soluciones fueron depositadas a una velocidad de 1 cm³ por cada 3 segundos, de acuerdo a la técnica descrita por Foster y cols. (80) para eliminar la capa superficial. Todos los conductos fueron secados en su porción interna con puntas de papel (Caulk/Dentsply, Milford, DE, U.S.A.) y en su porción externa con papel absorbente. Se utilizó la solución de EDTAC de acuerdo a la fórmula descrita por Grossman y cols. (94):

Sal Disódica de EDTA	17.00g
Cetavión (*)	0.84g
Hidróxido de Sodio 5/N	9.25ml
Agua Destilada	100.00ml
(*) Bromuro de Cetiltrimetilamonio	

Todo el proceso de irrigación se efectuó con jeringas desechables de 10 cm³ y agujas de calibre 22 (Plastipak™, B-D, Becton Dickinson & Co., México) sin forzar la aguja dentro del conducto y tratando de producir un mínimo de presión de las sustancias hacia el foramen apical. Esta precaución se mantuvo para procurar que todos los procedimientos se realizaran lo más parecido posible a la situación clínica, en donde se deben tomar medidas para evitar la sobreirrigación (72).

III. OBTURACIÓN DE CONDUCTOS:

Se verificó nuevamente que los forámenes apicales estuvieran patentes, inmediatamente antes de cada obturación.

En las obturaciones de los especímenes del grupo III se utilizó Tubli-Seal™ como sellador y puntas de gutapercha maestras y accesorias (Hygenic Corporation, Akron, Ohio, U.S.A.) como material de obturación. La misma gutapercha fue utilizada para las obturaciones en el grupo II.

Antes de obturar con gutapercha se colocó una capa de sellador dentro del conducto por obturar (sólo en el grupo III). Esto se realizó con una punta maestra de gutapercha del tamaño anterior al último instrumento que se utilizó para ensanchar la porción apical. Se introdujo la punta de gutapercha impregnada de sellador dentro del conducto y se recubrió la porción apical y las paredes del mismo efectuando movimientos suaves de arriba a abajo y circulares de la punta. Se utilizó este método de colocación de sellador debido a que es un método sencillo y práctico, y se ha comprobado que es igualmente efectivo que cualquiera de los otros métodos sugeridos para la colocación de sellador dentro de los conductos radiculares (95). El sellador fue mezclado de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

En las obturaciones de los especímenes de los grupos II y III se aseguró el sellado de la punta maestra (debido a la gran importancia que esto representa), mediante

pruebas visuales y táctiles, como ha sido descrito por Ingle y Taintor (96). Es decir, se llevó la punta al conducto con una pinza porta-conos (Hu-Friedy, Immunity™ Steel Instruments, Chicago, U.S.A.) colocada en el extremo de ésta a la longitud de trabajo; si la punta alcanzaba esta longitud adecuadamente, se consideraba aprobada la primera prueba. La prueba táctil se realizó colocando la punta dentro del conducto de la manera anteriormente descrita. Una vez en su posición, se aplicó fuerza de tracción posterior para desalojarla (tug-back); si existía cierta resistencia al desalojar la punta y se pasaba la prueba visual, se consideraba satisfactorio el sellado apical de la punta maestra. Una vez elegida la punta por utilizar, se procedió a colocarla permanentemente dentro del conducto. Se terminó la obturación con puntas de gutapercha accesorias, utilizando los tamaños adecuados desde las puntas XF hasta las M de acuerdo con las especificaciones de esta técnica de obturación. Se utilizaron espaciadores digitales (finger-spreaders) (Kerr Manufacturing Company, Romulus, MI, U.S.A.), en tamaños variantes desde XF hasta M según el caso. Para la colocación de las primeras puntas accesorias se introdujo la punta del espaciador a una distancia de 1 mm de la longitud de trabajo.

Se consideraron terminadas las obturaciones cuando no se pudo introducir la punta del espaciador más de 3 o 4 mm en el conducto. Una vez obturados estos conductos, se cortaron las puntas de gutapercha sobrantes (penachos) con un Recortador de Gutapercha AGC (Ardines AGC, Interdent, México) caliente a nivel cervical de cada conducto. Posteriormente se realizó presión en sentido vertical con atacadores digitales (Finger-pluggers) (Kerr Manufacturing Company, Romulus, MI, U.S.A.), hasta que las obturaciones estuvieron bien compactadas.

En los especímenes que sirvieron como controles (grupo I) se siguieron los mismos procedimientos que en el resto de los especímenes pero permanecieron sin obturación.

En ningún caso se consideró necesario estandarizar las fuerzas de condensación, puesto que ha sido demostrado que dentro de un amplio rango de fuerzas, no existe una diferencia en la calidad del sellado apical cuando se varían éstas; de hecho, fuerzas mínimas hasta de 1 Kg producen un sellado adecuado (60). La única medida que se tomó en cuenta para minimizar variaciones de este tipo, es que un mismo operador experto realizó todos los procedimientos para la obturación de los conductos.

Una vez terminadas las obturaciones, la entrada de los conductos fue sellada con un tapón de Cavit™ (ESPE, West Germany) sobre el cual se colocaron dos capas de barniz para uñas rojo (Fig. 5). Antes de colocar el barniz, se permitió que el Cavit™ endureciera durante 48 horas en incubación a 37°C con humedad al 100%. El barniz fue colocado teniendo cuidado de sellar sólo el extremo cervical y no la superficie radicular (Fig. 6). Esto se realizó con el fin de sellar y evitar la filtración a través de los túbulos dentinarios que se encontraban expuestos en esta zona después de que las coronas fueron seccionadas.

IV. MÉTODO EXPERIMENTAL:

Los especímenes fueron transferidos a placas para microtitulación nuevas, siguiendo la misma organización y numeración que llevaron éstos con anterioridad.

En cada pozo de las placas para microtitulación, los especímenes quedaron colocados en posición vertical sin que los ápices tocaran el fondo. Esto se logró recubriendo la porción más profunda de los pozos con una capa de papel filtro Whatman 1 (Whatman Ltd., Maidstone, England), lo cual garantizó el libre paso del líquido hacia los forámenes apicales.

Se utilizó urea marcada con carbón-14 (Du Pont Company, Biotechnology Systems, Wilmington, DE, U.S.A.) como agente de medición. La actividad específica de esta solución es de 56 mCi por mmol y fue diluída con agua deionizada para obtener

una actividad de 0.02 mCi por mmol. La relación de agua : radioisótopo utilizada para obtener esta actividad fue de 1 : 2800, y se logró mediante la dilución de 35.7 microlitros (0.0357 ml) de ^{14}C -urea en 100 ml de agua deionizada.

Se colocó 1 ml de solución radioactiva en cada pozo. Empleando el mismo volumen para todos los especímenes, y permaneciendo éstos en un volumen constante de inmersión, fue posible controlar, estandarizar y exponer los especímenes a presiones hidrostáticas idénticas, lo cual hizo que las fuerzas de difusión fueran iguales para todos los casos (42, 47). De esta manera, se evitó que los resultados se vieran afectados por este tipo de variaciones.

Los especímenes de estudio fueron expuestos a la solución radioactiva por un lapso de 14 días y durante este tiempo permanecieron en incubación a 37°C con humedad al 100%.

Se retiraron individualmente los especímenes de la solución, una vez transcurrido el tiempo de inmersión y la superficie externa fue enjuagada sujetando cada uno bajo un chorro de agua corriente durante 1½ min. con los forámenes apicales orientados hacia la misma dirección de la caída del agua (Fig. 7). Esto se hizo con el fin de eliminar los isótopos que pudieran encontrarse adheridos a la superficie externa de las raíces. Después de ser enjuagados, se permitió que los especímenes se secaran al aire libre durante 24 horas.

V. CORTE DE LOS ESPECÍMENES:

El primer milímetro de la porción cervical de los especímenes fue incluido con acrílico dental autopolimerizable (Subiton™. Prothoplast, Buenos Aires, Argentina) en bloques de plástico para inclusión con el fin de que los especímenes pudieran ser sujetos durante la obtención de los cortes (Fig. 8).

Los cortes se realizaron con un aparato cuyo diseño surgió a raíz de las necesidades de esta investigación. La intención era encontrar un mecanismo de corte que permitiera obtener secciones de los especímenes sin previa desmineralización y que reunieran los tres requisitos básico que deben tener los cortes que se realizan para estudios de microfiltración (ver pág. 6). Después de varias pruebas con diferentes aparatos, se tomó la decisión de utilizar discos de diamante. Sin medio de enfriamiento, este procedimiento provoca que se eleve significativamente la temperatura de los especímenes y en algunos casos que se derrita la gutapercha que se encuentra dentro de los conductos obturados, provocando alteraciones en los resultados. Por las razones mencionadas en la Introducción (ver pág. 4), se consideró inadecuada la utilización de agua para enfriar el disco durante los cortes.

El aparato que se diseñó (Fig. 9 y 10) consta de un motor (Dremel™, Motor Tool, Sears Roebuck & Co., U.S.A.) montado en un microtomo de Jung, el cual ocupa el sitio donde normalmente se encuentra la cuchilla. Se colocó un disco de diamante de 180 micras de grosor (Komet™, Germany) en el motor. El disco montado y la platina del microtomo se encuentran encerrados dentro de una caja de acrílico transparente que permite la fácil visualización y recuperación de los cortes. El techo de dicha caja fue acondicionado con un orificio a través del cual pasa un tubo de cobre dirigido hacia el disco. El tubo está conectado por medio de un regulador a la salida de gas de un tanque de nitrógeno líquido (Linde de México, S.A. de C.V., Union Carbide, México). De esta manera, el enfriamiento se logró con gas sin la necesidad de utilizar algún líquido. El microtomo que se utilizó permitió efectuar cortes controlados y medidos a 1 mm y el suministro de gas produjo un grado de enfriamiento suficiente para que la gutapercha se conservara íntegra dentro de los conductos en cada corte (Fig. 11).

Se seccionó cada especimen en sentido horizontal a lo largo de toda la raíz. Las secciones se hicieron seriadas a 1 mm y se utilizaron los 10 primeros cortes a partir de

la porción apical de cada especimen. Cada sección fue colocada dentro de uno de los 96 pozos de placas para microtitulación (Costar™, Cambridge, MA, U.S.A.), de manera que fue posible conservar el orden de la secuencia de los cortes (Fig. 12).

VI. OBTENCIÓN DE AUTORADIOGRAFÍAS:

Se realizaron autoradiografías de cada especimen para la obtención de resultados o mediciones lineales de la filtración. Se adhirieron todos los cortes de cada especimen en orden serial y en sentido vertical a una cartulina por medio de cintas adhesivas y se utilizó una cartulina para cada grupo experimental (Fig. 13). Dentro de un cuarto oscuro, cada una de estas cartulinas se introdujo junto con la película autoradiográfica (Hyperfilm-MP™, High Performance Autoradiography Film, Amersham) en un cassette (Kodak X-Omatic Cassette C-1 with Kodak Lanex Fast Screens). El cassette fue cerrado de tal manera que las secciones quedaron presionadas contra la película, proporcionando así un contacto íntimo entre ambas. Los cassettes se introdujeron en bolsas de plástico que fueron posteriormente selladas y se mantuvieron en congelación a -35°C. El tiempo de exposición fue analizado mediante varias pruebas de ensayo y error, y se eligió un lapso de 10 días como tiempo ideal para producir autorradiografías claras y de alta calidad. Todas las películas fueron procesadas al mismo tiempo y bajo las mismas condiciones.

Los resultados que se obtuvieron del análisis de las autoradiografías se presentan en el capítulo de Resultados en base a la extensión lineal en milímetros de la filtración observada en cada grupo.

VII. OBTENCIÓN DE CUENTAS POR MINUTO:

Todas las secciones de cada espécimen fueron colocadas en un vial que contenía 5 ml de líquido para centelleo universal (Insta-Gel™, Universal Scintillation Cocktail for Aqueous and Nonaqueous Samples, Packard) (Fig. 14). Cada vial fue analizado en un contador de centelleo (Beckman, LS6000TA, U.S.A.) (Fig. 15) para medir las cuentas por minuto de la radiación emitida por los isótopos de ^{14}C -urea en cada espécimen, proporcionando así resultados cuantitativos de la filtración.

Las mediciones que se obtuvieron en esta parte de la investigación se presentan en el capítulo de Resultados en base a las cuentas por minuto registradas en cada grupo experimental.

RESULTADOS

La preparación de los especímenes en cada uno de los tres grupos experimentales se realizó de tal manera que fuera posible seguir un patrón predecible de resultados. En el pasado se ha estudiado y comprobado que los conductos radiculares sin obturación presentan mayor filtración que aquellos conductos que son obturados adecuadamente (6, 7, 10, 14, 20-22, 26, 40, 53, 58-61, 76). Asimismo, se ha demostrado también que las obturaciones que se realizan exclusivamente con gutapercha presentan un notable aumento de la filtración en comparación a los que se obturan con gutapercha en combinación con algún sellador endodóntico, independientemente de la técnica de obturación que se utilice (27, 28, 41, 83-86). Por lo tanto, para la interpretación de los resultados de la presente investigación se ha considerado que solamente si los grupos experimentales siguen este patrón de filtración, se podrá concluir que el método experimental funciona adecuadamente para realizar evaluaciones de los materiales y/o técnicas endodónticas. Es decir, solamente si los tres grupos presentan índices de filtración que concuerden con la hipótesis de resultados que se presenta a continuación, se podrá demostrar que el método experimental es adecuado.

HIPÓTESIS DE RESULTADOS:
Grupo I $\geq$ Grupo II > Grupo III
(A un nivel mínimo de significancia estadística de $p < 0.05$)

Los resultados de esta investigación fueron obtenidos y se expresan en base a dos observaciones diferentes:

I. MEDICIONES LINEALES:

Este resultado se obtuvo mediante mediciones lineales tomadas de las imágenes impresas en las películas autoradiográficas. Estas mediciones fueron efectuadas por cinco evaluadores bajo condiciones de ciego, es decir, que no estuvieron involucrados con la investigación y que no tenían información acerca del tratamiento que se les dio a los especímenes. Todos los evaluadores tuvieron la oportunidad de analizar las autoradiografías bajo las mismas condiciones y se les dio una explicación clara de cómo interpretarlas utilizando una autoradiografía extra como ejemplo.

Las mediciones fueron registradas en base al recorrido lineal en milímetros, en dirección del ápice hacia la porción cervical. En el caso de que existiera filtración a través de algún conducto accesorio (Fig. 16), ésta fue igualmente registrada de acuerdo a la extensión que se presentaba. Debido a que cada corte tenía un grosor exacto de 1 mm, las mediciones fueron sencillas de realizar y se tomó como regla para las evaluaciones que cada corte que presentara filtración, representaba cuantitativamente 1 mm de recorrido lineal.

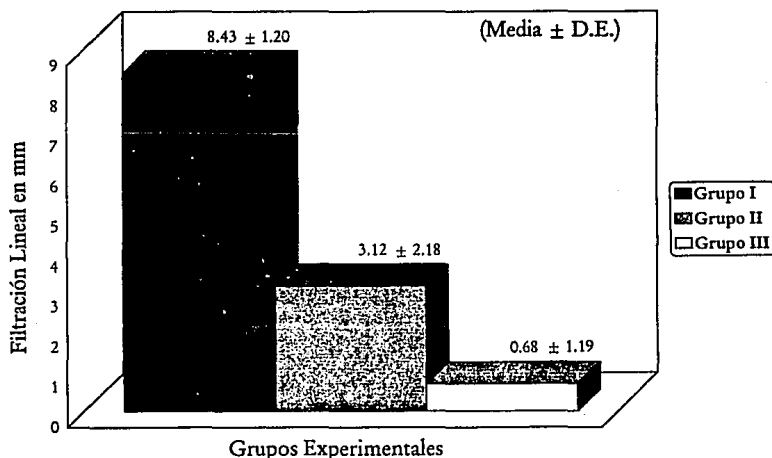
Los resultados calculados para cada grupo experimental con este método de evaluación se muestran a continuación en la Tabla 4 y Gráfica 1.

RESULTADOS DE FILTRACIÓN LINEAL

	No. de Especímenes	Media	Mediana	Varianza	D.E. (*)
Grupo I	16	8.4375	8.50	1.46250	1.2093387
Grupo II	16	3.1250	2.0	4.78333	2.1870833
Grupo III	16	0.6875	0	1.42916	1.1954776

((*) D.E.: Desviación Estándar)

Tabla 4

Resultados de Filtración Lineal**Gráfica 1**

Esta gráfica de medias de filtración lineal muestra que existen grandes diferencias entre cada uno de los tres grupos experimentales.

Para analizar estadísticamente las diferencias entre los resultados obtenidos en cada grupo experimental, se utilizó la prueba de Análisis de Varianza de una vía (ANOVA). Los tres grupos fueron incluidos en la prueba y se utilizaron dos grados de

libertad entre los grupos y 45 grados de libertad dentro de las observaciones del mismo grupo. Los resultados mostraron un valor de $F = 98.21$, equivalente a $p < 0.0001$. La interpretación de estos valores indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos experimentales a un nivel extraordinariamente alto de significancia.

Además de las mediciones lineales de la filtración, de las autoradiografías se pudieron realizar algunas otras observaciones. El punto más importante fue que a pesar de que las superficies externas de las raíces no fueron selladas, las imágenes en las autoradiografías demostraron que el isótopo radioactivo no penetró o penetró sólo parcialmente en las estructuras radiculares. Las imágenes autoradiográficas mostraban una línea radiopaca en el perímetro externo de los cortes, evidencia de que los isótopos radioactivos permanecieron adheridos a la superficie externa de las raíces o bien penetraron sólo ligeramente en el cemento radicular (Fig. 16). Cabe mencionar que esta línea en el perímetro de los cortes tenía un grosor de sólo unas décimas de milímetro y que no existe evidencia de penetración del agente de medición en las estructuras dentinarias. Los conductos radiculares se observaron radiolúcidos (blancos) cuando no existía filtración y radiopacos (negros) cuando existía filtración en el interior de los mismos. En la Figura 16 se ilustra asimismo, un ejemplo de cómo se observa en las autoradiografías la filtración a través de un conducto accesorio.

II. MEDICIONES CUANTITATIVAS:

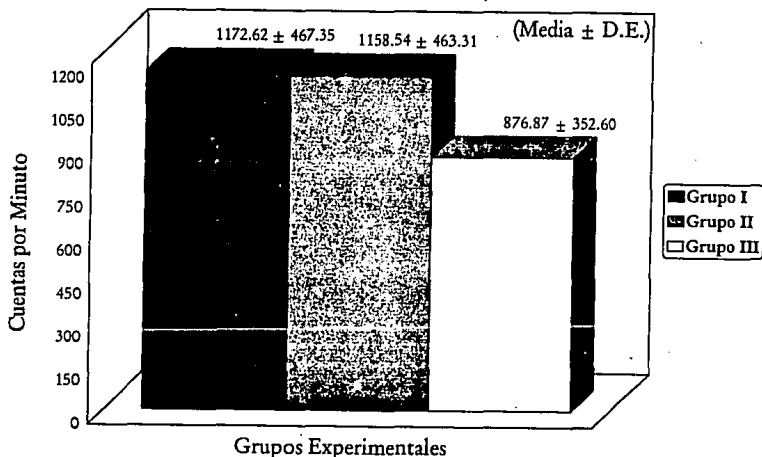
Este resultado fue calculado a partir de los registros de las cuentas por minuto obtenidos en el contador de centelleo, y se incluyen para el análisis estadístico los tres grupos experimentales del primero y segundo juego de especímenes (ver págs. 18 y 19). Los resultados de filtración obtenidos con este método de evaluación se expresan a continuación en la Tabla 5 y en la Gráfica 2.

RESULTADOS CUANTITATIVOS DE LA FILTRACIÓN

	No. de Especímenes	Media	Mediana	Varianza	D.E. (*)
Grupo I	24	1172.625	1202.0	218423.72	467.3582
Grupo II	24	1158.541	1151.0	214657.39	463.3133
Grupo III	24	876.8750	856.50	124333.07	352.6089

((*) D.E.: Desviación Estándar)

Tabla 5

Resultados Cuantitativos de la Filtración

Gráfica 2

Como se puede observar en esta gráfica de las cuentas por minuto, la única diferencia o disminución notable de filtración se registró en el grupo III. Los grupos I y II presentaron sólo una ligera diferencia de aproximadamente 14 cuentas por minuto. Esto sugiere que los grupos I y II son altamente diferentes al grupo III pero muy similares entre sí.

Al igual que en las mediciones lineales de la filtración, estos resultados fueron analizados estadísticamente utilizando la prueba de Análisis de Varianza de una vía (ANOVA). Nuevamente se incluyeron los tres grupos en la prueba y se utilizaron dos grados de libertad entre los grupos y 69 grados de libertad dentro de las observaciones del mismo grupo. Los resultados obtenidos mostraron un valor de $F = 3.59$, equivalente a $p = 0.03$. La interpretación de estos valores indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos experimentales.

Como se puede observar, los resultados de filtración obtenidos mediante ambos métodos de evaluación (Autoradiografías y Cuentas por Minuto) concuerdan con la hipótesis de resultados mencionada en la primera parte de este capítulo y rechazan la H_0^1 del estudio presentada en la Introducción (ver pág. 16). Esta validación sugiere que el método experimental propuesto puede considerarse un medio confiable y adecuado para realizar evaluaciones de filtración endodóntica. Sin embargo, si se analizan cuidadosamente los resultados obtenidos con cada método de evaluación, se puede observar que existe discordancia entre unos resultados y otros. Por lo tanto, para efectuar un análisis más amplio y profundo de los resultados obtenidos en esta investigación, se analizó estadísticamente la correlación entre ambos métodos de evaluación, utilizando la prueba 'r' de coeficiente de correlación de Pearson. Analizando los resultados obtenidos en cada grupo experimental con ambos métodos de evaluación, se encontraron los siguientes valores para los coeficientes de correlación: $r = 0.34$ para el grupo I, $r = 0.23$ para el grupo II y $r = 0.20$ para el grupo III. Tomando en consideración que el mínimo valor aceptable para poder determinar que existe una fuerte correlación lineal entre dos series de observaciones es de 0.75, la interpretación de estos datos indica que no existe una correlación estrecha entre los dos métodos de evaluación para ninguno de los tres grupos experimentales.

Tratando de dar una explicación a esta falta de correlación, se repitió el análisis de las cuentas por minuto con el segundo juego de especímenes (ver pág. 19) y se obtuvieron virtualmente los mismo resultados para cada grupo. El hecho de que con esta prueba se hayan obtenido los mismos resultados al correr el experimento dos veces en tiempos diferentes y con juegos distintos de especímenes, indica que los registros obtenidos en el contador de centelleo pueden considerarse como mediciones muy objetivas y altamente confiables. Por otra parte, analizando los registros de las observaciones realizadas por los cinco evaluadores, se notó que existían discrepancias entre los resultados dados por cada uno de ellos, y en algunos casos estas diferencias eran notablemente grandes. Se analizaron estadísticamente estas diferencias entre los evaluadores utilizando la prueba de Análisis de Varianza de una vía (ANOVA) para cada grupo experimental. Se utilizaron cuatro grados de libertad entre los evaluadores y 75 grados de libertad dentro de las observaciones de un mismo evaluador. Los resultados calculados mostraron valores de $F = 9.55$, $p < 0.0001$ para el grupo I; $F = 0.63$, $p = 0.63$ para el grupo II; y $F = 2.61$, $p < 0.05$ para el grupo III. La interpretación de estos valores indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre la filtración observada por los cinco evaluadores en el grupo I ($p < 0.0001$) y en el grupo III ($p < 0.05$), es decir, en dos de los tres grupos experimentales. El hecho de que existan discrepancias tan notables entre la filtración que observa un evaluador y otro sugiere que este método de evaluación es altamente subjetivo y poco consistente.

Las diferencias observadas en este análisis del potencial de detección de filtración entre los dos métodos de evaluación, rechazan la H_0^2 del estudio presentada en la Introducción (ver pág. 17).

Debido a la demostración de la alta subjetividad de este método de evaluación, dentro de la presente investigación se ha considerado que se debería proceder con

precaución al querer interpretar este tipo de evaluaciones en estudios de microfiltración como resultados concluyentes.

DISCUSIÓN

Como se mencionó anteriormente en la Introducción (ver pág. 8), los procedimientos que se siguen en estudios de microfiltración endodóntica no están suficientemente estandarizados. Por lo tanto, no fue posible realizar una comparación cuantitativa precisa entre los resultados obtenidos en esta investigación y aquellos obtenidos por Lee y cols. (10), Stabholz y cols. (14), Kuhre y Kessler (20), Dickson y Peters (22), y Oguntebi y Shen (86) entre otros, quienes también evaluaron las diferencias en la filtración que se presenta en conductos no obturados y obturados, y entre obturaciones realizadas con y sin sellador endodóntico. Sin embargo, a grandes rasgos, los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los resultados de los estudios anteriormente mencionados; es decir, los conductos no obturados presentaron mayor filtración que aquellos que fueron obturados adecuadamente (gutapercha y sellador), y los conductos obturados con gutapercha exclusivamente presentaron mayor filtración que los obturados con gutapercha en combinación con sellador endodóntico. La diferencia en la filtración registrada entre los conductos defectuosamente obturados (exclusivamente gutapercha) fue ligeramente menor que la registrada en el grupo control (sin obturación), aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa en las evaluaciones cuantitativas (cuentas por minuto).

Mediante el desarrollo y evaluación del método experimental propuesto en la presente investigación se pudieron observar y valorar varios puntos con respecto al diseño de métodos experimentales similares. Algunos de estos puntos se mencionan a continuación:

I. SELECCIÓN DEL AGENTE DE MEDICIÓN:

La selección del agente de medición que se utiliza para hacer este tipo de investigaciones tiene implicaciones mucho más serias de las que hasta la fecha se han considerado. Matloff y cols. (42) estudiaron la capacidad de difusión de tres radioisótopos diferentes (^{45}Ca , ^{14}C -urea y I^{125}) en comparación a la capacidad de difusión del azul de metileno. En dicho estudio se descubrió que el agente colorante penetró más profundamente dentro de los conductos radiculares que los tres isótopos radioactivos evaluados y que la ^{14}C -urea penetró en mayor medida que los otros dos isótopos radioactivos. Por otra parte, Starkey y cols. (26) estudiaron los diferentes niveles de penetración lineal del azul de metileno cuando éste es utilizado a diferente pH. Asimismo, Matxner y cols. (36) observaron las diferencias en recorrido lineal de filtración entre el azul de metileno y la tinta china. De acuerdo con los resultados de la presente investigación y en concordancia con las ideas de Delivannis y Chapman (43), la problemática primordial en cuanto a la selección del agente de medición no reside en su capacidad de penetración puesto que ni siquiera se conoce con precisión el significado real de esto (42), sino en la posibilidad de que el agente proporcione resultados cuantitativos y estimaciones objetivas de la filtración.

II. MÉTODOS DE EVALUACIÓN:

Durante las primeras pruebas que se realizaron para la obtención de las autoradiografías se observaron algunas discrepancias con los reportes de otra investigación. Inicialmente se utilizó un tiempo de exposición de 72 horas, de acuerdo a los reportes de Matloff y cols. (42) quienes utilizaron también ^{14}C -urea como agente de medición a una dilución de 0.02 mCi/mmol. En dicha investigación se utilizó un tiempo de inmersión de 48 horas, películas autoradiográficas Kodak Royal-X Pan No.

4166, y un tiempo de exposición de 48 horas. Se utilizó un tiempo de inmersión y de exposición menor, y películas menos sensibles que en la presente investigación, reportando sin embargo la obtención de autoradiografías de buena calidad. Utilizando un tiempo de exposición un poco mayor de 72 horas, en el presente estudio se observó que este tiempo era insuficiente para obtener imágenes en las películas autoradiográficas. Después de algunas pruebas de ensayo y error, se confirmó que el tiempo adecuado de exposición era de 10 a 12 días. Dado que el agente de medición en ambas investigaciones fue el mismo y además se utilizó a la misma dilución, no fue posible esclarecer el motivo de esta discrepancia en función de la información disponible por el momento.

En cuanto a la obtención de las cuentas por minuto, se observó que este método de evaluación tiene grandes ventajas: además de ser un método altamente confiable en cuanto a la obtención de resultados, es también sencillo de realizar. Por otra parte, los registros que se obtienen con este método de evaluación se basan no sólo en la cuenta de los radioisótopos que se encuentran en el interior de los conductos radiculares sino también en los que se encuentran en la porción externa de las raíces. Por lo tanto, todos los especímenes deben ser expuestos a la misma cantidad de solución radioactiva, a la misma dilución del radioisótopo, al mismo tiempo de enjuague y los grupos experimentales deben ser seleccionados dentro de un rango de tamaños similares. De esta manera, las diferencias que se registran en los resultados entre los grupos experimentales se deben a los isótopos en el interior de los conductos radiculares. Debido a la estandarización de los procedimientos, la radiación en la porción externa es en promedio la misma para todos los especímenes, y por lo tanto éste no debe ser considerado como un factor determinante ni una desventaja real del método de evaluación.

El análisis efectuado sobre la comparación de los métodos de evaluación (ver pág. 37) demostró que los resultados obtenidos de las autoradiografías son altamente subjetivos y muy poco consistentes, a diferencia de las cuentas por minuto que proporcionan resultados muy objetivos y confiables. Aunque sí existen algunos estudios publicados en donde se utilizan agentes o medios de medición que proporcionan resultados objetivos (23, 29, 43, 47, 50, 97, 98), por desgracia ésto no es lo más común. La mayor parte de los estudios de microfiltración utilizan soluciones colorantes como agente de medición. Inclusive, la mayor parte de los que utilizan isótopos radioactivos, derivan sus resultados exclusivamente de las autoradiografías (1, 41, 44-46, 48, 49). Cuando se utilizan tinciones como agente de medición, los resultados se obtienen esencialmente del mismo tipo de observaciones que se realizan con las autoradiografías; es decir, se basan en mediciones lineales subjetivas que realizan uno o varios evaluadores. Si se considera que, a mayor grado de subjetividad de una evaluación determinada, menor es su grado de confiabilidad, debería procederse con cuidado si se pretenden evaluar los materiales y/o las técnicas endodónticas exclusivamente en función de este tipo de mediciones tan subjetivas, que no pueden ni deben considerarse como resultados conclusivos.

III. MANEJO DE LOS ESPECÍMENES:

El manejo de los especímenes de estudio después de efectuados los registros de filtración es, sin lugar a dudas, una de las consideraciones más importantes. Cualquier procedimiento que tenga la capacidad de alterar los registros originales de filtración debería ser eliminado del diseño del método experimental (transparentación, desmineralización, mecanismo de corte, lavado de los especímenes, etc.). Algunos otros investigadores han mostrado su preocupación y están en acuerdo con este criterio (42, 43, 47). Inclusive, Yancich y cols. (39) mencionan que decidieron utilizar tinta

china como agente de medición en lugar de azul de metileno, debido a que el primer agente resiste mejor la descomposición o dilución que el segundo durante los procedimientos para la desmineralización y transparentado de los especímenes. El hecho de que este agente "resista mejor" la descomposición o dilución, significa que sí se pierde parte del agente de medición, aunque la pérdida sea menor que con otro e implica que los resultados están siendo modificados o alterados en alguna medida.

Como se mencionó en el capítulo de Materiales y Métodos, los cortes que se realizaron en esta investigación fueron efectuados con un aparato que se diseñó por las necesidades que de aquí surgieron. A pesar de que el diseño de dicho aparato es aun precario y por lo tanto cuenta con algunas limitaciones, los cortes obtenidos reúnen los requisitos que deben presentar este tipo de cortes (ver pág. 6), a diferencia de los otros métodos sugeridos para esta finalidad (ver pág. 7). Por lo tanto, dentro de la presente investigación se ha considerado que el aparato de corte utilizado es una propuesta más adecuada a los mecanismos comúnmente utilizados.

IV. SELLADO DE LAS RAÍCES:

El barnizado o sellado de la superficie externa de las raíces es también un punto que merece consideración. Como se mencionó en la Introducción (ver pág. 4), las raíces son selladas en los estudios de microfiltración debido a que se cree que los agentes de medición penetran a través de las estructuras radiculares y esto hace imposible determinar qué parte del agente de medición se introdujo al conducto a través del foramen apical y conductos accesorios, y cuál a través de dichas estructuras. Las autoradiografías obtenidas en el presente estudio demuestran que esta afirmación no es del todo cierta, debido a que el agente de medición que fue utilizado no penetró a través de las estructuras radiculares. Algunos autores han demostrado que sí es posible montar un modelo experimental sin colocar barniz ni aislante sobre la superficie

externa de las raíces (11, 13, 21, 48, 57), aun cuando se utilicen agentes de medición como el Ca^{45} que tiene una interacción franca con las estructuras dentarias (45). Asimismo, Kapsimalis y Evans (49), Hasegawa y cols. (9) y Lares y ElDeeb (38), utilizando ^{35}S , azul de metileno y tinta china respectivamente, observaron también este fenómeno.

Además de la penetración del agente de medición por las estructuras radiculares, los especímenes se barnizan en estos estudios porque algunos investigadores desean limitar la filtración exclusivamente al foramen apical. A pesar de que esto pudiera parecer un buen modelo de experimentación, de ninguna manera se asemeja a una situación *in vivo*. En la boca, la raíz de un diente puede presentar pequeños conductillos accesorios, los cuales muchas veces son visibles sólo microscópicamente, y por los cuales puede haber filtración hacia el conducto. Sería ideal poder aislar la totalidad de la raíz a excepción de unos cuantos milímetros en el ápice, pero mientras esto no sea posible en la boca, las obturaciones endodónticas seguirán teniendo filtración no sólo por el ápice sino por toda la extensión de la raíz en donde se tengan conductillos accesorios que se encuentren en contacto con los fluidos del periodonto y el periápice. Por lo tanto, si se pretende hacer una evaluación correcta de la efectividad de las técnicas o materiales endodónticos, las mediciones deben realizarse con modelos que reproduzcan, hasta donde sea posible, las condiciones *in vivo*. Para esto, debe considerarse que las obturaciones endodónticas deberían proporcionar un sello impermeable no sólo del ápice sino también de los conductos accesorios, y es necesario realizar las evaluaciones de microfiltración dentro de este parámetro.

Atendiendo a esta reflexión, se debe considerar que la utilización de barniz no es sólo innecesaria para estos estudios, sino que inclusive podría considerarse inadecuada puesto que no permite que se efectúen mediciones completas del sellado de los materiales y/o técnicas endodónticas evaluadas.

CONCLUSIONES:

De los resultados y observaciones obtenidas en la presente investigación se puede concluir que el método experimental que fue diseñado y evaluado puede ser considerado como un medio efectivo y confiable para medir la microfiltración endodóntica. Los resultados derivados de su utilización no parecen estar limitados por el propio método experimental, sino que son una consecuencia directa de los materiales o técnicas que se evalúen. Asimismo, las observaciones que proporciona este método pueden considerarse altamente confiables debido a que los factores más obvios que las pudieran alterar fueron eliminados del diseño. Desde luego es preciso afirmar que es posible obtener resultados objetivos y cuantitativos de la filtración.

En segundo lugar, se concluye que aunque las evaluaciones subjetivas que se realizan en estos estudios pudieran quizá tener un cierto valor, definitivamente no deben ser consideradas como resultados concluyentes.

Por último, es necesario emprender estudios subsecuentes para el perfeccionamiento de los métodos experimentales que se utilizan para poder esclarecer el significado biológico de las investigaciones de filtración, si se pretenden hacer inferencias reales sobre el fracaso o éxito clínicos de los tratamientos endodónticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- DOW PR & INGLE JI 1955. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg* 8:1100-1104.
- 2- SELTZER S, BENDER IB & TURKENKOPH S 1963. Factors affecting successful repair after root canal therapy. *J Am Dent Assoc* 67:651-662.
- 3- GROSSMAN LI 1981. Práctica Endodóntica. Trad. Margarita Muruzabal, 9ª edición en inglés, 4ª edición en español, editorial Mundi, Argentina, 501pp, págs. 157-166.
- 4- INGLE JI & TAINTOR JF 1988. Endodoncia. Trad. José Luis García Martínez, 3ª edición, nueva editorial interamericana, México, 913pp, pág. 230.
- 5- INGLE JI & TAINTOR JF 1988. Endodoncia. Trad. José Luis García Martínez, 3ª edición, nueva editorial interamericana, México, 913pp, pág. 30.
- 6- FABRA-CAMPOS H 1993. Experimental apical sealing with a new canal obturation system. *J Endodon* 19:71-75.
- 7- GREENE HA, WONG M & INGRAM TA 1990. Comparison of the sealing ability of four obturation techniques. *J Endodon* 16:423-428.
- 8- HATA G-I, KAWAZOE S, TODA T & WEINE FS 1992. Sealing ability of thermafil with and without sealer. *J Endodon* 18:322-326.
- 9- HASEGAWA M, TANAKA S, SATAKE S, SHIMIZU A & YOSHIOKA W 1993. An experimental study of the sealing ability of a dentinal apical plug treated with bonding agent. *J Endodon* 19:570-572.
- 10- LEE S-J, MONSEF M & TORABINEJAD M 1993. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endodon* 19:541-544.

- 11- FOGEL BB 1977. A comparative study of five materials for use in filling root canal spaces. *Oral Surg* 43:284-299.
- 12- CHOHAYEB AA 1993. Evaluation of the apical condensation of gutta-percha by a tapered/calibrated spreader/plugger. *J Endodon* 19:167-169.
- 13- SMITH JJ, CUNNINGHAM CJ & MONTGOMERY S 1992. Cervical canal leakage after internal bleaching procedures. *J Endodon* 18:476-481.
- 14- STABHOLZ A, KHAYAT A, RAVANSHAD SH, MCCARTHY DW, NEEV J & TORABINEJAD M 1992. Effects of Nd: YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J Endodon* 18:371-375.
- 15- TORABINEJAD M, WATSON TF & PITT FORD TR 1993. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endodon* 19:591-595.
- 16- GENÇOĞLU S, SAMANI S & GÜNDAY M 1993. Evaluation of sealing properties of thermafil and ultrafil techniques in the absence or presence of smear layer. *J Endodon* 19:599-603.
- 17- GILHEANY PA, FIGDOR D & TYAS MJ 1994. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *J Endodon* 20:22-26.
- 18- LEE Y-C, YANG S-F, HWANG Y-F, CHUEH LH & CHUNG K-H 1993. Microleakage of endodontic temporary restorative materials. *J Endodon* 19:516-520.
- 19- NIEMANN RW, DICKINSON GL, JACKSON CR, WEARDEN S & SKIDMORE AE 1993. Dye ingress in molars: furcation to chamber floor. *J Endodon* 19:293-296.
- 20- KUHRE AN & KESSLER JR 1993. Effect of moisture on the apical seal of laterally condensed gutta-percha. *J Endodon* 19:277-280.

- 21- AL-AJAM ADK & MCGREGOR AJ 1993. Comparison of the sealing capabilities of ketac-silver and extra high copper alloy amalgam when used as retrograde root canal filling. *J Endodon* 19:353-356.
- 22- DICKSON SS & PETERS DD 1993. Leakage evaluation with and without vacuum of two gutta-percha fill techniques. *J Endodon* 19:398-403.
- 23- ALHADAINY HA, ELSAED HY & ELBAGHDADY YM 1993. An electrochemical study of the sealing ability of different retrofilling materials. *J Endodon* 19:508-511.
- 24- KHAYAT A, LEE S-J & TORABINEJAD M 1993. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endodon* 19:458-461.
- 25- BECKHAM BM, ANDERSON RW & MORRIS CF 1993. An evaluation of three materials as barriers to coronal microleakage in endodontically treated teeth. *J Endodon* 19:388-391.
- 26- STARKEY DL, ANDERSON RW & PASHLEY DH 1993. An evaluation of the effect of methylene blue dye pH on apical leakage. *J Endodon* 19:435-439.
- 27- LIMKANGWALMONGKOL S, BURTSCHER P, ABBOTT PV, SANDLER AB & BISHOP BM 1991. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *J Endodon* 17:495-499.
- 28- LIMKANGWALMONGKOL S, ABBOTT PV & SANDLER AB 1992. Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *J Endodon* 18:535-539.
- 29- ICHESCO WR, ELLISON RL, CORCORAN JF & KRAUSE DC 1991. A spectrophotometric analysis of dentinal leakage in the resected root. *J Endodon* 17:503-507.

- 30- VERTUCCI FJ, HWANG CL & NIXON CE 1993. Apical dye penetration associated with three root canal obturation techniques. *J Dent Res* 72. IADR Abstract 93:115.
- 31- VERTUCCI FJ, MATTISON GD, DEGROOD ME & MINDEN NJ 1993. Apical dye penetration associated with thermafil and successfil obturations. *J Dent Res* 72. IADR Abstract 94:115.
- 32- CHAN DCN, NIELD DG & DAHLBERG GW 1994. Effect of three incremental insertion techniques on microleakage. *J Dent Res* 73. IADR Abstract 1778:324.
- 33- MUNRO G, HILTON T, HERMESCH C & GRAY S 1994. Microleakage in etched and rebonded class V composite resin restorations. *J Dent Res* 73. IADR Abstract 1781:324.
- 34- ZAKARIASEN KA, ZAKARIASEN KL & MCMINN MM 1993. A comparison of root canal leakage study methods. *J Dent Res* 72. IADR Abstract 172:125.
- 35- SAUNDERS WP, SAUNDERS EM, GUTMANN ML & GUTMANN JL 1993. Apical leakage of apicected teeth with root-end fillings of EBA cement. *J Dent Res* 72. IADR Abstract 173:125.
- 36- MATXNER DA, TAYLOR JK, JOHNSON WT & RIVERA E 1993. A comparison of apical leakage in lateral condensation and Ketac-Endo obturations. *J Dent Res* 72. IADR Abstract 174:125.
- 37- TAYLOR JK, GREEN TI, MATXNER DA & WALTON RE 1993. Solvent softened vs. standard master cone: determining apical leakage. *J Dent Res* 72. IADR Abstract 175:125.
- 38- LARES C & ELDEEB ME 1990. The sealing ability of the thermafil obturation technique. *J Endodon* 16:474-479.

- 39- YANCICH PP, HARTWELL GR & PORTELL FR 1989. A comparison of apical seal: chloroform versus eucalyptol-dipped gutta-percha obturation. *J Endodon* 15:257-260.
- 40- KARAGÖZ-KÜÇÜKAY I, KÜÇÜKAY S & BAYIRLI G 1993. Factors affecting apical leakage assessment. *J Endodon* 19:362-365.
- 41- YOUNIS O & HEMBREE JH 1976. Leakage of different root canal sealants. *Oral Surg* 41:777-784.
- 42- MATLOFF IR, JENSEN JR, SINGER L & TABIBI A 1982. A comparison of methods used in root canal sealability studies. *Oral Surg* 53:203-208.
- 43- DELIVANIS PD & CHAPMAN KA 1982. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg* 53:410-416.
- 44- ALLISON DA, WEBER CR & WALTON RE 1979. The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *J Endodon* 5:298-304.
- 45- MOLONEY LG, FEIK SA & ELLENDER G 1993. Sealing ability of three materials used to repair lateral root perforations. *J Endodon* 19:59-62.
- 46- DELIVANIS P & TABIBI A 1978. A comparative sealability study of different retrofilling materials. *Oral Surg* 45:273-281.
- 47- BESSE H, NORMAND B, LABARRE P & WODA A 1991. An evaluation of four methods of root canal preparation using ^{14}C urea. *J Endodon* 17:54-58.
- 48- KAPSIMALIS P, EVANS R & TUCKERMAN MM 1965. Modified autoradiographic technique for marginal penetration studies. *Oral Surg* 20:494-504.

- 49- KAPSIMALIS P & EVANS R 1966. Sealing properties of endodontic filling materials using radioactive polar and nonpolar isotopes. *Oral Surg* 22:386-393.
- 50- JACOBSEN EL, KARRAS LG, BeGOLE EA & DANIEL JC 1993. Long-term sealing efficacy of four root surface sealing materials used in endodontic leakage studies. *J Endodon* 19:587-590.
- 51- PRATI C, SEMPRINI P, SELIGHINI M, RUGGERI O & FERRIERI P 1994. Marginal morphology and leakage of amalgam restorations used with bonding agents after *in vitro* cyclic load tests. *J Dent Res* 73. IADR Abstract 960:221.
- 52- BARTHEL CR, KOSTKA EC & ROULET J-F 1993. Effect of root canal irrigations and filling techniques on microleakage. *J Dent Res* 72. IADR Abstract 95:115.
- 53- SCOTT AC, VIRE DE & SWANSON R 1992. An evaluation of the thermafil endodontic obturation technique. *J Endodon* 18:340-343.
- 54- METZGER Z, NISSAN R, TAGGER M & TAMSE A 1988. Apical seal by customized versus standardized master cones: a comparative study in flat and round canals. *J Endodon* 14:381-384.
- 55- BARKINS W & MONTGOMERY S 1992. Evaluation of thermafil obturation of curved canals prepared by the canal master-u system. *J Endodon* 18:285-289.
- 56- HOPKINS JH, REMEIKIS NA & VAN CURA JE 1986. McSpadden versus lateral condensation: the extent of apical microleakage. *J Endodon* 12:198-201.
- 57- GARCIA-ARANDA L, ARELLANO M, DA ROCHA G & FUENTES G 1994. Microleakage on bur 33½ preparations against ultrasonic microtips on retrofilling. *J Dent Res* 73. IADR Abstract 2461:409.
- 58- SMITH MA & STEIMAN HR 1994. An *in vitro* evaluation of microleakage of two new and two old root canal sealers. *J Endodon* 20:18-21.

- 59- LaCOMBE JS, CAMPBELL AD, HICKS ML & PELLEU GB 1988. A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *J Endodon* 14:445-450.
- 60- HATTON JF, FERRILLO PJ, WAGNER G & STEWART GP 1988. The effect of condensation pressure on the apical seal. *J Endodon* 14:305-308.
- 61- SIMONS J, IBANEZ B, FRIEDMAN S & TROPE M 1991. Leakage after lateral condensation with finger spreaders and D-11-T spreaders. *J Endodon* 17:101-104.
- 62- INGLE JI & TAINTOR JF 1988. Endodoncia. Trad. José Luis García Martínez, 3ª edición, nueva editorial interamericana, México, 913pp, pág. 26.
- 63- RITCHIE GM, ANDERSON DM & SAKUMURA JS 1988. Apical extrusion of thermoplasticized gutta-percha used as a root canal filling. *J Endodon* 14:128-132.
- 64- GOLDBERG F 1982. Materiales y técnicas de obturación endodóntica. 1ª edición, editorial Mundi, Argentina, 194pp, págs.2-3.
- 65- KUTTLER Y 1986. Fundamentos de endo-metaendodoncia práctica. 3ª edición, editorial Francisco Méndez Oteo, México, 254pp, pág. 14.
- 66- ROANE JB, SABALA CL & DUNCANSON MG 1985. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endodon* 11:203-211.
- 67- LESEBERG DA & MONTGOMERY S 1991. The effects of canal master, Flex-R, and K-Flex instrumentation on root canal configuration. *J Endodon* 17:59-65.
- 68- POWELL SE, SIMON JHS & MAZE BB 1986. A comparison of the effect of modified and nonmodified instrument tips on apical canal configuration. *J Endodon* 12:293-300.

- 69- MYERS GL & MONTGOMERY S 1991. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and canal master techniques. *J Endodon* 17:275-279.
- 70- GATOT A, PEIST M & MOZES M 1989. Endodontic overextension produced by injected thermoplasticized gutta-percha. *J Endodon* 15:273-274.
- 71- CRANE AB 1920. A practible root canal technique. 1ª edición, editorial Philadelphia: Lea & Febiger, pág. 69.
- 72- GATOT A, ARBELLE J, LEIBERMAN A & YANAI-INBAR L 1991. Effects of sodium hypochlorite on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex. *J Endodon* 17:573-574.
- 73- RUBIN L, SKOBE Z, KRAKOW AA & GRON P 1979. The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy; a scanning electron microscope study. *J Endodon* 5:328.
- 74- GETTLEMAN BH, MESSER HH & ELDEEB ME 1991. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endodon* 17:15-20.
- 75- CZONSTKOWSKY M, WILSON EG & HOLSTEIN FA 1990. Capa superficial en endodoncia. trad. José A. Ramos Tercero, editorial interamericana, México, *Clínicas Odontológicas de Norteamérica* 1:11-23.
- 76- KENNEDY WA, WALKER WA & GOUGH RW 1986. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endodon* 12:21-27.
- 77- CERGNEUX M, CIOCCHI B, DIETSCHI JM & HOLZ J 1987. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J* 20:228-232.
- 78- GOLDMAN M, GOLDMAN LB, CAVALERI R, BOGIS J & LIN PS 1982. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endodon* 8:487-492.

- 79- GROSSMAN LI 1981. Práctica endodóntica. Trad. Margarita Muruzabal, 9ª edición en inglés, 4ª edición en español, editorial Mundi, Argentina, 501pp, págs. 256-258.
- 80- FOSTER KH, KULILD JC & WELLER RN 1993. Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. *J Endodon* 19:136-140.
- 81- GOLDBERG F & SPIELBERG C 1982. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg* 53:74-77.
- 82- VON DER FEHR FR & NYGAARD-ÖSTBY B 1963. Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg* 16:199-205.
- 83- MARLIN J & SCHILDER H 1973. Physical properties of gutta-percha when subjected to heat and vertical condensation. *Oral Surg* 36:872-879.
- 84- YEE FS, MARLIN J, KRAKOW AA & GRON P 1977. Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *J Endodon* 3:168-174.
- 85- ELDEEB ME 1985. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha. *J Endodon* 11:84-86.
- 86- OGUNTEBI BR & SHEN C 1992. Effect of different sealers on thermoplasticized gutta-percha root canal obturations. *J Endodon* 18:363-366.
- 87- HIGGINBOTHAM TL 1967. A comparative study of the physical properties of five commonly used root canal sealers. *Oral Surg* 24:89-101.
- 88- SPANGBERG L 1969. Biological effects of root canal filling materials. II. Effect *in vitro* of water soluble components of root canal filling material on HeLa cells. *Odontol Revy* 20:133-145.

- 89- MOHAMMAD AR, MINCER HH, YOUNIS O, DILLINGHAM E & SISKIN M 1978. Cytotoxicity evaluation of root canal sealers by the tissue culture-agar overlay technique. *Oral Surg* 45:768-773.
- 90- COHEN S & BURNS RC 1988. Endodoncia. Los caminos de la pulpa. trad. Jorge Frydman, 4ª edición, editorial médica panamericana, Argentina, 1055pp, pág. 266.
- 91- GOLDBERG F 1982. Materiales y técnicas de obturación endodóntica. 1ª edición, editorial Mundi, Argentina, 194pp, pág. 87.
- 92- WOLLARD RR, BROUGH SO, MAGGIO S & SELTZER S 1976. Scanning electron microscopic examination of root canal filling materials. *J Endodon* 2:98.
- 93- SCHNEIDER SW 1971. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg* 32:271-275.
- 94- GROSSMAN LI, OLIET S & DEL RIO CE 1988. Endodontic practice. 11ª edición, editorial Lea & Febiger, U.S.A., 371pp, págs. 222-225.
- 95- WIEMANN AH & WILCOX LR 1991. *In vitro* evaluation of four methods of sealer placement. *J Endodon* 17:444-447.
- 96- INGLE JI & TAINTOR JF 1988. Endodoncia. Trad. José Luis García Martínez, 3ª edición, nueva editorial interamericana, México, 913pp, pág. 256.
- 97- GOODIS HE, WHITE JM, PUA C, CALA M & WONG E 1994. Bacterial leakage of laser cleaned root canals. *J Dent Res* 73. IADR Abstract 915:216.
- 98- GOODIS HE, HOLT B & WHITE JM 1994. Bacterial leakage of obturated root canals: vertical condensation vs. thermofil. *J Dent Res* 73. IADR Abstract 916:216.

FIGURAS

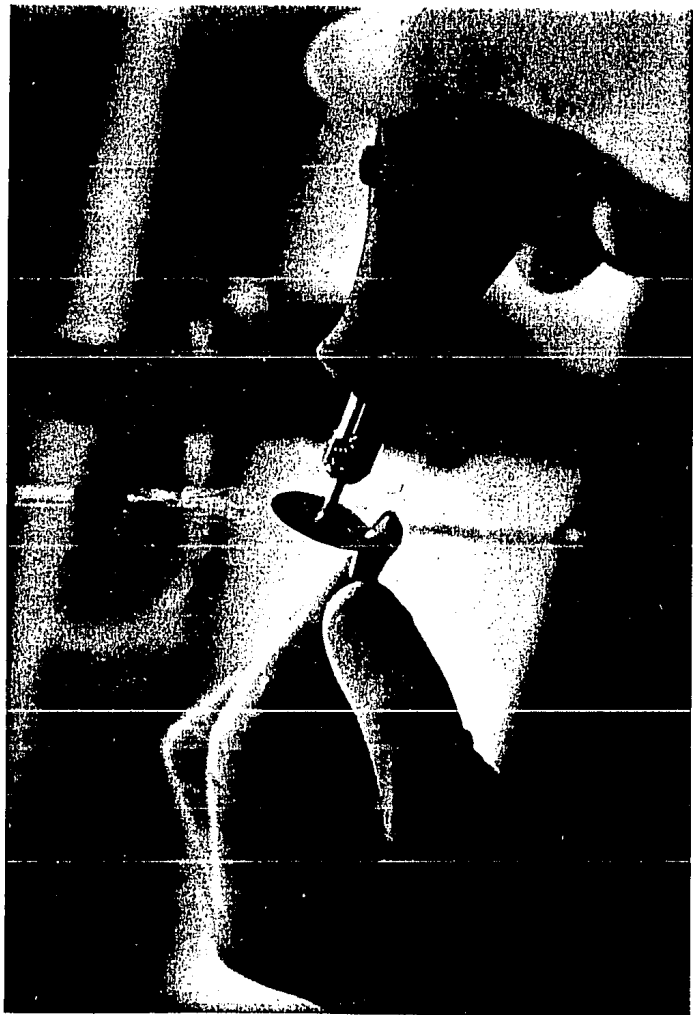


Figura 1



Figura 2

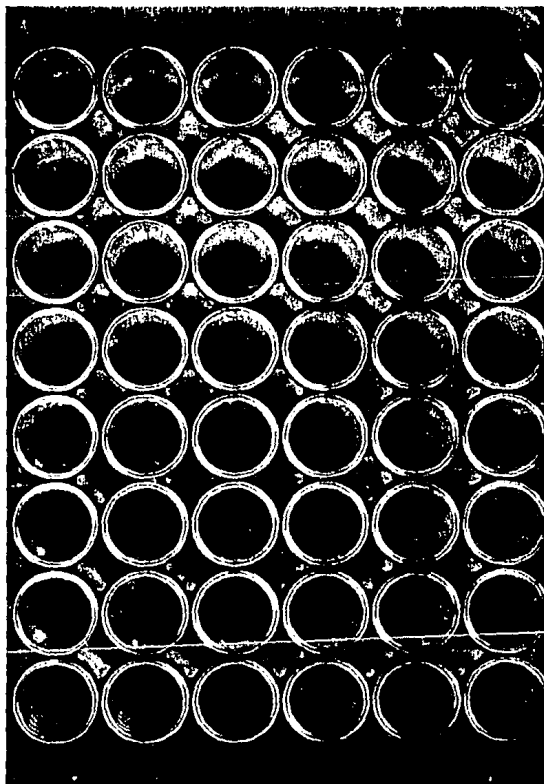


Figura 3

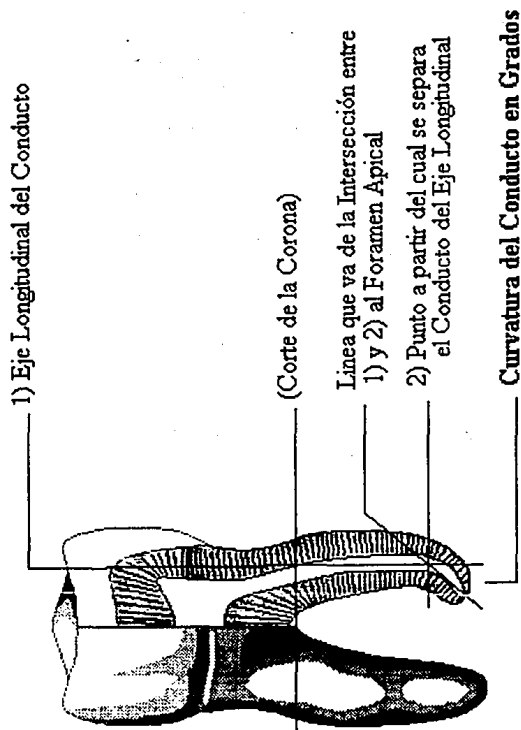


Figura 4



Figura 5

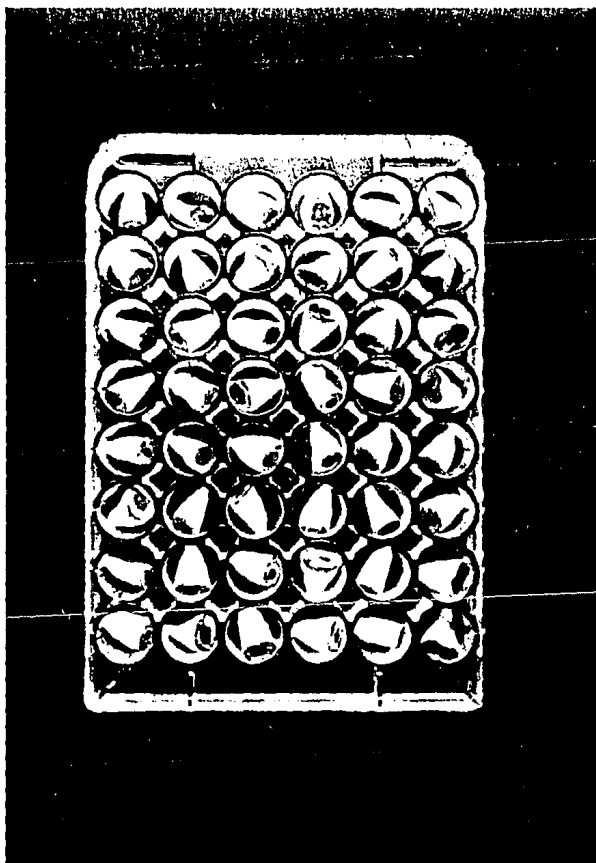


Figura 6

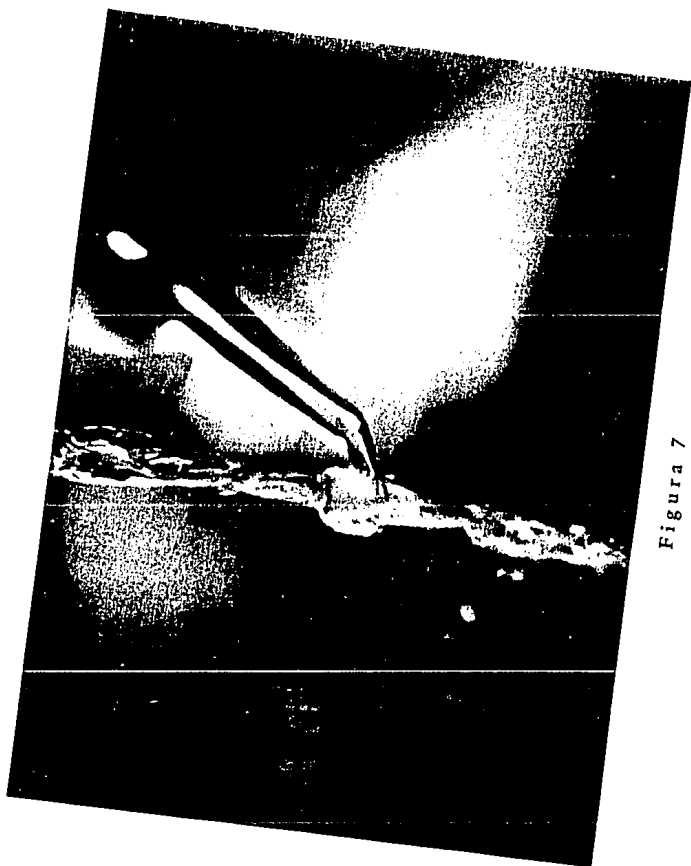


Figura 7



Figura 8

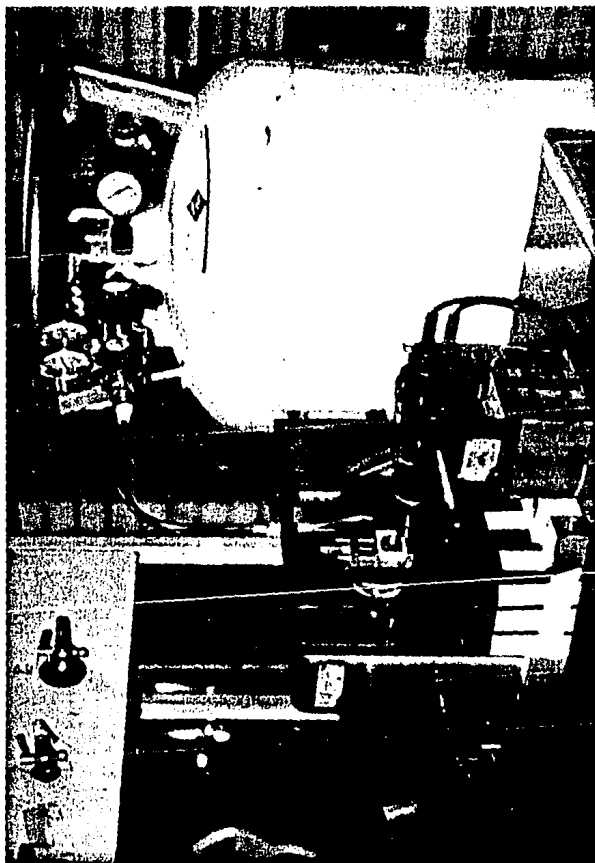


Figura 9

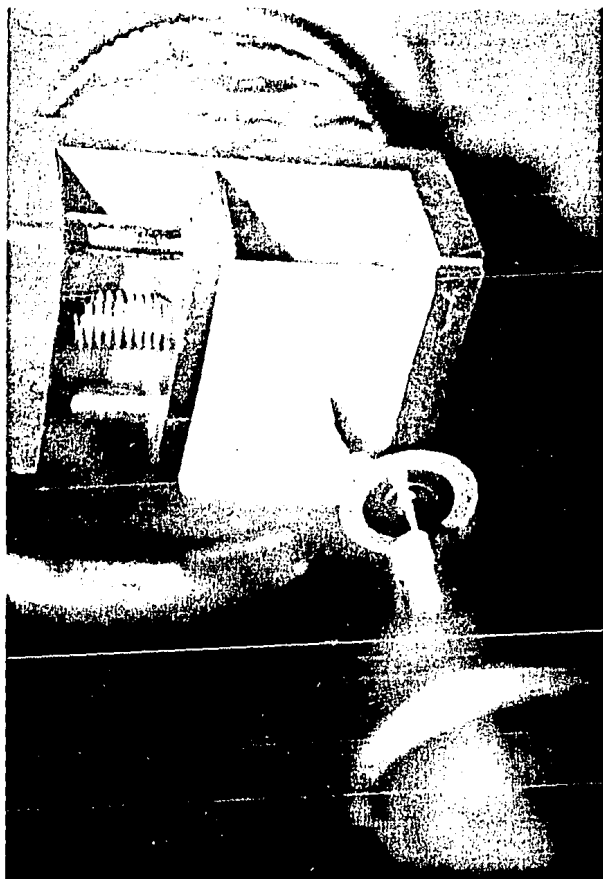


Figura 10

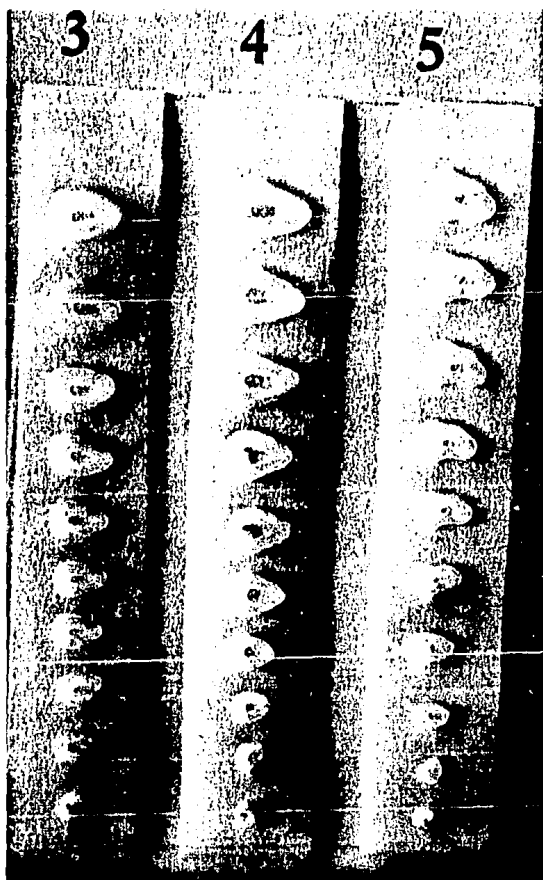


Figura 11

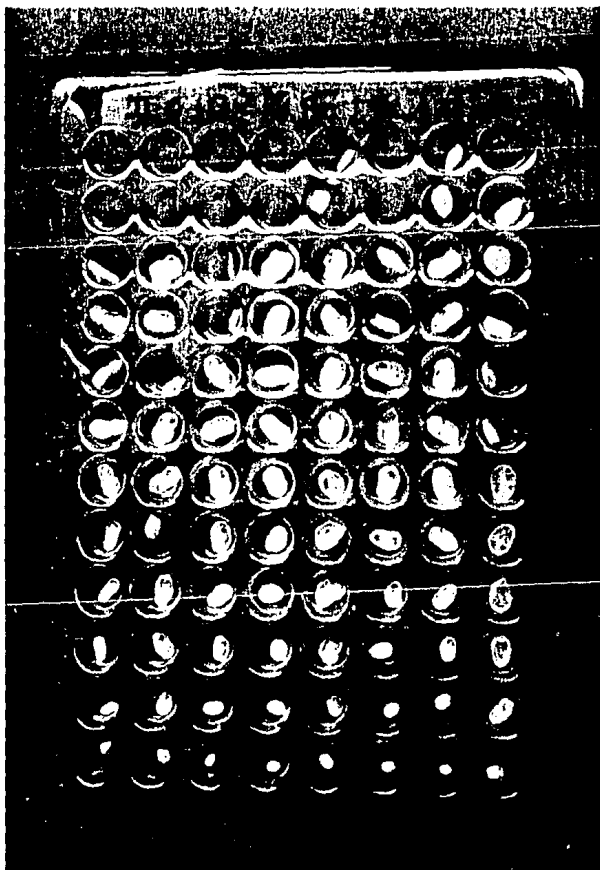


Figura 12

FIGURAS

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Ximénez Fyvie
Bibliotecario Profesional

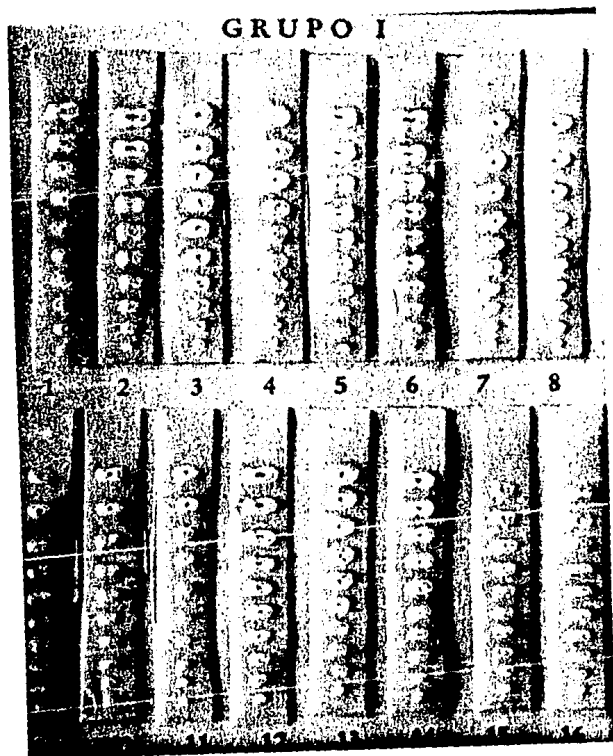


Figura 13

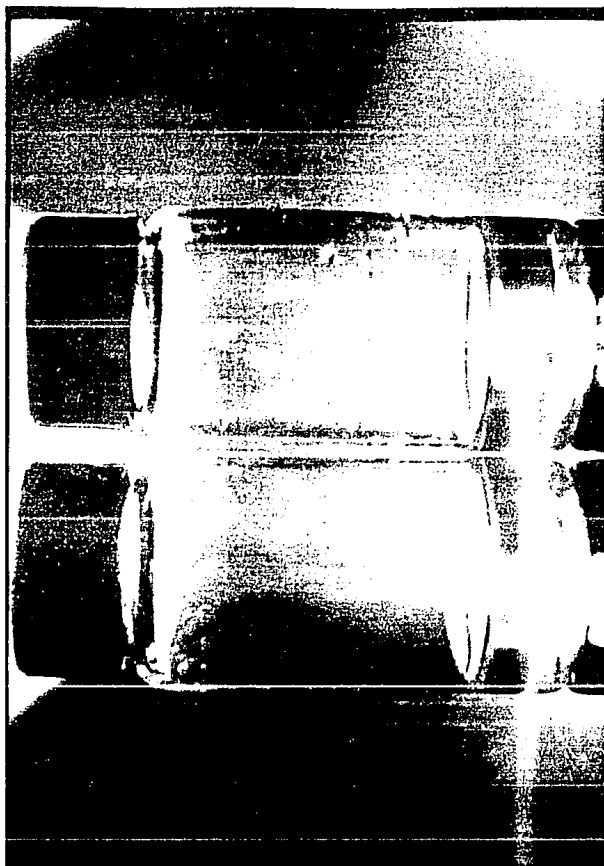


Figura 14

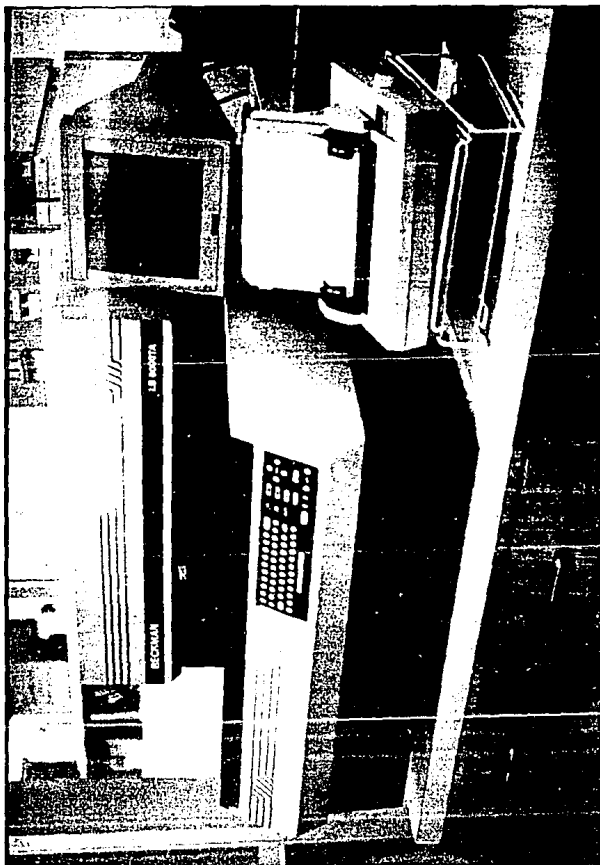


Figura 15

ESQUEMA DE LAS IMÁGENES AUTORADIOGRÁFICAS

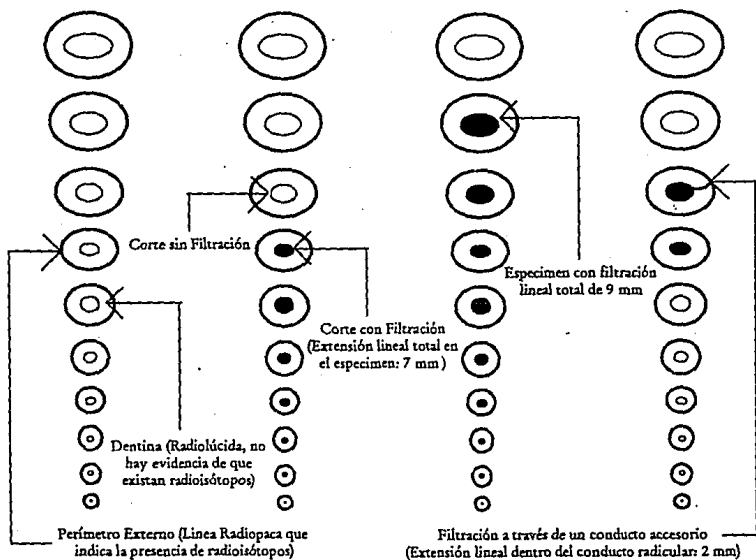


Figura 16