



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

COMPARACIÓN DE LA MICROFILTRACIÓN APICAL ENTRE LA  
TÉCNICA DE COMPACTACIÓN LATERAL EN FRÍO Y LA  
TÉCNICA DE COMPACTACIÓN LATERAL CON  
ULTRASONIDO: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

EDITH HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

TUTOR: Esp. ALEJANDRA RODRÍGUEZ HIDALGO 

ASESOR: Esp. RICARDO ALFONSO ENRIQUE WILLIAMS VERGARA 



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

*Con mucho amor y agradecimiento, dedico esta tesina especialmente a mi mamá, por cuidar de mí, darme tu amor incondicional, apoyo y tolerancia, por motivarme a lo largo de mi trayectoria académica, por enseñarme que lo que hace especial a una persona es su calidad humana, por ser la mejor mamá del universo. Todos mis logros son tuyos, te amo infinitamente, eres mi mayor motivación y ejemplo a seguir. Gracias por todas tus enseñanzas, sacrificio y esfuerzo, siempre estaré agradecida por todo lo que haces en beneficio de nuestra familia.*

*A mi hermana Mariana, por ser mi guía en todo momento, a veces mamá, por hacerme reír, aconsejarme y siempre cuidarme desde que tengo uso de razón. Gracias por tu paciencia y cariño.*

*A mi papá, por cuidar siempre de nosotras y hacerte presente de una u otra manera, en cada pensamiento, triunfo y anécdota que cuentan tu familia y amigos. A mis abuelitos, Javier y Julita, por ser una de mis mayores inspiraciones de vida, gracias por todo el amor que nos brindaron y por siempre tener una sonrisa para todos, por ser papás cuando lo necesite, amigos y super héroes, los amo y siempre los llevo en mi corazón. A Fabi, gracias por todo el amor y paciencia, por enseñarme lo que es realmente valioso en la vida, te amo mucho.*

*A mi tutora y asesor, Alejandra Rodríguez y Ricardo Williams, por siempre brindarme su conocimiento, atención y apoyo en el desarrollo de esta tesina.*

*A mi querida Facultad de Odontología, profesores y amigos, por las oportunidades que me han dado, por transmitirme sus conocimientos y orgullo de pertenecer a tan hermosa universidad.*

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MARCO TEÓRICO .....	2
2.1	Obturación del Sistema de Conductos Radiculares .....	2
2.1.1	Antecedentes.....	2
2.1.2	Objetivos de la Obturación .....	3
2.1.3	Condiciones para la Obturación.....	4
2.1.4	Límite Apical para la Obturación.....	5
2.2	Materiales de Obturación .....	6
2.2.1	Propiedades del Material de Obturación Ideal .....	7
2.2.2	Clasificación de los Materiales de Obturación .....	7
2.2.3	Cementos Selladores .....	8
2.2.3.1	Propiedades del Cemento Sellador Ideal .....	8
2.2.3.2	Tipos de Cementos Selladores .....	9
2.2.3.2.1	A base de Óxido de Zinc y Eugenol .....	9
2.2.3.2.2	A base de Hidróxido Cálcico .....	10
2.2.3.2.3	A base de Ionómero de Vidrio .....	11
2.2.3.2.4	A base de Resinas .....	12
2.2.3.2.5	A base de Silicón.....	12
2.2.3.2.6	A base de MTA.....	13
2.2.3.2.7	A base de Biocerámicos.....	14
2.2.4	Materiales de núcleo.....	15
2.2.4.1	Conos de plata .....	15
2.2.4.2	Gutapercha.....	16
2.2.4.3	Resilon .....	18
2.3	Protocolo de Irrigación previo a la Obturación .....	19
2.4	Técnica de Compactación Lateral en Frío.....	21
2.4.1	Indicaciones.....	22
2.4.2	Ventajas.....	22
2.4.3	Desventajas.....	22
2.4.4	Procedimiento.....	23

2.5	Técnica de Compactación Lateral Modificada con Ultrasonido.....	28
2.5.1	Ultrasonido .....	28
2.5.2	Aplicaciones del Ultrasonido en Endodoncia.....	29
2.5.3	Indicaciones.....	29
2.5.4	Ventajas.....	30
2.5.5	Desventajas.....	30
2.5.6	Procedimiento.....	31
2.6	Microfiltración Apical .....	33
2.6.1	Métodos de Evaluación de Microfiltración Apical.....	33
2.7	Artículos que Comparan la Microfiltración entre la Técnica de Compactación Lateral en Frío y la Técnica de Compactación Lateral con Ultrasonido .....	34
3	CONCLUSIONES .....	41
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## 1 INTRODUCCIÓN

La obturación del espacio radicular es el paso que concluye el tratamiento de conductos y es importante un buen sellado para su éxito a largo plazo. El sellado debe ser tridimensional: en el ápice, en la corona y a los lados. No es posible evaluar por completo el sellado de la obturación mediante una radiografía y también es importante mencionar que ninguna técnica o material evitan por completo la filtración, debido a la morfología de los conductos y la estructura porosa de la dentina. Sin embargo, gracias a nuevos materiales y técnicas, se ha observado una reducción de áreas no obturadas, mejorando el pronóstico del tratamiento.

Se han utilizado diferentes métodos para evaluar la microfiltración después de la obturación, como radioisótopos, colorantes, bacterias, filtración computarizada de fluidos, entre otros.

La compactación lateral en frío es un método común de obturación, ya que se puede utilizar en la mayoría de las situaciones y proporciona control en la longitud. Una desventaja es que no permite llenar las irregularidades del conducto y puede llegar a tener cambios dimensionales cuando el cemento sellador se contrae.

La compactación lateral con ultrasonido es una modificación de la compactación lateral convencional, proporciona homogeneidad en toda la longitud del conducto radicular ya que las vibraciones proveen calor para la plastificación de la gutapercha, haciéndola más adaptable a las paredes del conducto y llenando las irregularidades.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es describir que técnica de obturación proporciona la menor microfiltración apical, aumentando el índice de éxito del tratamiento endodóncico.

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Obturación del Sistema de Conductos Radiculares**

La Asociación Americana de Endodoncia define la obturación como el método utilizado para rellenar y sellar un conducto radicular limpio y conformado, con un cemento sellador y un material de núcleo.<sup>1</sup>

La obturación de los conductos radiculares constituye la última fase del tratamiento endodóncico y se refiere al llenado del conducto radicular con materiales que promuevan un sellado estable, tridimensional y estimulen o no interfieran con el proceso de reparación. La obturación consiste en el aislamiento del sistema de conductos radiculares del medio bucal y del periodonto profundo<sup>2, 3</sup>.

El éxito del tratamiento de conductos se basaba en la tríada de desbridamiento, desinfección exhaustiva y obturación, todos con la misma importancia. Hoy en día, el éxito se basa en principios que incluyen el diagnóstico y planificación del tratamiento, el conocimiento de la anatomía y morfología, los conceptos tradicionales de desbridamiento, desinfección y obturación, y la restauración coronal del diente<sup>4</sup>.

Ingle realizó un estudio radiológico sobre éxito y fracaso, donde indica que un 58% de los fracasos se debían a una obturación incompleta. Cuando se evalúa radiográficamente un tratamiento que ha fracasado, lo único que puede juzgarse es la calidad de la obturación, ya que la preparación suele ser difícil de evaluar. Se deben considerar dos elementos importantes al juzgar la obturación de un conducto radicular: la incapacidad de saber con certeza si el ápice se ha sellado en un procedimiento no quirúrgico y la existencia de múltiples canales accesorios<sup>4, 5</sup>.

#### **2.1.1 Antecedentes**

Antes de 1800, el material de relleno empleado era el oro. Las obturaciones posteriores con diversos metales, oxiclورو de cinc, parafina y amalgama proporcionaron grados variables de éxito y satisfacción. En 1847, Hill desarrolló el primer material de obturación a base de gutapercha blanqueada, carbonato cálcico y cuarzo, fue

patentado en 1848. En 1867, Bowman utilizó gutapercha para la obturación de conductos en un primer molar extraído<sup>4</sup>.

En 1883, Perry afirmó que había usado un alambre de oro, envuelto en gutapercha blanda. Más adelante empleó goma laca calentada sobre una placa y enrollaba los conos para obtener una punta del tamaño deseado. Antes de colocar la punta de gutapercha final, saturaba la cavidad pulpar con alcohol, lo que provocaba que se ablandara la laca y se empaquetara la gutapercha<sup>4</sup>.

En 1887, la S.S. White Company comenzó a fabricar puntas de gutapercha. Rollins, en 1893, introdujo un nuevo tipo de gutapercha con bermellón, la técnica fue criticada ya que el bermellón (óxido de mercurio) resultaba peligroso en las cantidades sugeridas<sup>4</sup>.

Con la introducción de la radiografía para la evaluación de la obturación, se observó que el conducto no era cilíndrico, por lo tanto se necesitaba material de obturación adicional para llenar los espacios observados. Al principio se emplearon cementos odontológicos con endurecedor, su resultado fue insatisfactorio pues se pensaba que el cemento debía poseer acción antiséptica. El reblandecimiento y la disolución de la gutapercha para emplearla como sustancia cementadora con colofonia, fueron introducidos por Callahan en 1914, y en 1974 utilizó la combinación cloroformo-resina-gutapercha con la finalidad de aumentar la adhesión del material<sup>4</sup>.

Durante el último siglo, se ha intentado mejorar la calidad de la obturación del conducto radicular con cementos selladores y modificaciones e introducción de nuevas técnicas<sup>4</sup>.

### **2.1.2 Objetivos de la Obturación**

El objetivo de la obturación es crear un sello hermético a lo largo del sistema de conductos radiculares desde la abertura coronal hasta la terminación apical. Tradicionalmente se ha pasado por alto la importancia de establecer y mantener un sello coronal. Sin embargo, ahora se sabe que es tan importante como el sello apical

para un resultado favorable a largo plazo. De acuerdo con Laurichesse y Breillat, existe un objetivo técnico y uno biológico<sup>2, 6</sup>.

**Objetivo técnico:** Consiste en rellenar el sistema de conductos radiculares con un material estable sin sobrepasar sus límites. La calidad de la obturación debe permanecer en toda la longitud del conducto desde el tercio cervical hasta el foramen apical. El sellado apical debe ser lo más hermético posible, ya que existen bacterias que quedan dentro del sistema de conductos radiculares y alrededor del orificio apical que pueden reanudar la infección. La necesidad de un sellado lateral es imprescindible por la posible existencia de conductos laterales, factor que influye más en pacientes con enfermedad periodontal<sup>2</sup>.

**Objetivo biológico:** Al no llegar productos tóxicos al periápice, se dan las condiciones óptimas para la reparación apical. El material de obturación ideal debe sellar el conducto y favorecer la reparación del tejido periapical<sup>2</sup>.

### **2.1.3 Condiciones para la Obturación**

El conducto radicular está listo para su obturación una vez que se ha limpiado, conformado, desinfectado y secado. Se precisan los siguientes requisitos: <sup>2, 3</sup>

- Ausencia de sintomatología: La presencia de dolor indica inflamación de los tejidos periapicales y la obturación podría exacerbar el cuadro álgico.
- Ausencia de exudado hemorrágico, seroso o purulento. El conducto debe de estar completamente seco.
- Grado de dificultad del caso: En casos complejos se opta por múltiples citas, como por ejemplo, en pacientes que por alguna situación médica o estado psicológico requieran citas breves. En presencia de síntomas agudos es preferible retrasar la obturación hasta que estos desaparezcan. En el caso de procesos infecciosos crónicos, se sugiere alargar las sesiones para que reciba la acción de la medicación intraconducto y provocar mayor reducción bacteriana.

Anteriormente se recomendaba la obtención de un cultivo bacteriano negativo previo a la obturación. En 1971, Morse advirtió que se trataba de un procedimiento poco práctico, ya que las bacterias más prevalentes son anaerobias y estas requieren procedimientos de recolección inviables en el consultorio dental<sup>2, 7</sup>.

#### **2.1.4 Límite Apical para la Obturación**

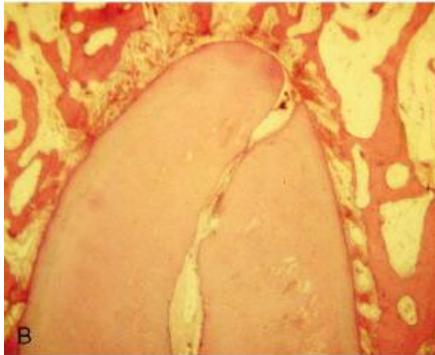
En 1922, Davis fue el primero en sugerir que el tratamiento cuidadoso en el tejido apical era un requisito para el éxito del tratamiento del conducto radicular. Desde entonces se han realizado múltiples estudios histológicos que confirman su observación, como consecuencia se determinó que la obturación apical debía ser justo antes del ápice radiográfico, incluso en presencia de una lesión periapical<sup>8</sup>.

Grove, en 1929, sugirió que la obturación del conducto radicular debe detenerse en la unión cemento-dentina. El tejido pulpar termina en este punto, y comienza el ligamento periodontal<sup>7</sup>.

Ricucci y Langeland, en 1998, realizaron un estudio histológico sobre el límite apical de la instrumentación y obturación del conducto radicular, en donde sugirieron que el límite apical no debe ser determinado únicamente por el estudio radiográfico, la unión cemento-dentinaria o la distancia de 1 mm desde el ápice radiográfico, sino más bien por la constricción apical. La constricción apical es identificada como la porción más estrecha del conducto<sup>8</sup>.

La mayoría de los autores coinciden en que el límite apical para la preparación y obturación es entre 0.5 y 1 mm del ápice radiográfico, aunque no se tiene certeza de la ubicación de la constricción<sup>2</sup>.

Hoy en día se utilizan los localizadores electrónicos de foramen, y sabemos que indican el final del conducto. El “ápice electrónico” en el 50% de los casos coincide con el ápice radiográfico cuando el conducto es recto (Fig. 1). En el otro 50% el conducto radicular es curvo. Aproximadamente el 40% de las veces la curvatura es hacia mesial o distal, y solo el 10% de las veces la curvatura es hacia bucal o lingual, estos son los casos en los que la obturación parece ser radiográficamente corta<sup>7</sup>.



**Fig. 1** Corte histológico que muestra la salida del foramen cerca del ápice radicular<sup>4</sup>.

Los materiales utilizados en la obturación de conductos deben mantenerse confinados en su interior, desde el orificio cameral hasta la constricción apical. El material de obturación puede representar una irritación innecesaria que impida o retarde la reparación periapical<sup>7</sup>.

Se deben considerar los siguientes términos: la sobreextensión se refiere al componente vertical que va más allá del foramen apical y la subeextensión indica una obturación vertical deficiente, es decir, corta según la longitud de trabajo. La subobturación indica un llenado insuficiente en todas las dimensiones del conducto radicular y la sobreobturación se refiere a la obturación tridimensional en la que una parte del material se extruye más allá del foramen. La situación de un conducto con ligera sobreobturación es muy diferente a la de un conducto con sobreextensión y un llenado insuficiente. La sobreextensión del material es potencialmente dañina, particularmente cuando entra en contacto con estructuras vitales como el nervio alveolar inferior o los senos maxilares.<sup>2, 7, 9, 10</sup>.

## **2.2 Materiales de Obturación**

Los materiales de obturación son aquellos que ocupan el espacio del conducto radicular después de su limpieza y conformación. La mayoría de las técnicas de obturación emplean un núcleo central y un cemento sellador para lograr la impermeabilidad a los fluidos<sup>2, 11</sup>.

### **2.2.1 Propiedades del Material de Obturación Ideal**

Los requisitos para el material de obturación ideal del conducto radicular según West son<sup>7</sup>:

- Fácil manipulación, con un tiempo de trabajo suficiente.
- Sellar la totalidad del conducto, tanto apical como lateralmente.
- Dimensionalmente estable.
- Impermeable, sin solubilizarse en medio húmedo.
- No reabsorbible por un período de tiempo indefinido.
- No debe ser irritante para los tejidos periapicales.
- Capacidad bacteriostática.
- No debe teñir los tejidos del diente.
- Radiopaco.
- Estéril o esterilizable.
- Ligeramente expandible después de la colocación.
- Ha de poder retirarse con facilidad del conducto si es necesario.

Aunque ningún material cumple con todos los requisitos, se debe buscar el que más se aproxime a estos<sup>7</sup>.

### **2.2.2 Clasificación de los Materiales de Obturación**

Generalmente, los materiales de obturación del conducto radicular se dividen en: <sup>7</sup>

- Pastas y cementos
- Materiales sólidos
- Materiales semisólidos

Las pastas, como material de obturación final, están contraindicadas, ya que no aseguran un sellado permanente y se solubilizan en el interior del conducto<sup>7</sup>.

Por lo general, se utiliza un material central, denso, que constituye el núcleo de la obturación, y un material de mayor plasticidad, un cemento sellador, para ocupar el espacio entre el material de núcleo y las irregularidades de las paredes del conducto<sup>2</sup>.

### **2.2.3 Cementos Selladores**

Los cementos son necesarios para sellar el espacio entre la pared dentinaria y material central, también llenan irregularidades del conducto, conductos laterales y accesorios, y los espacios que quedan entre las puntas de gutapercha usadas en la compactación lateral. Los cementos selladores actúan además como lubricantes durante el proceso de obturación<sup>11</sup>.

Los cementos selladores presentan cierta toxicidad cuando están recién mezclados; sin embargo, la toxicidad disminuye al fraguar, por esta razón se debe evitar su extrusión en los tejidos perirradiculares. Algunos cementos selladores son reabsorbibles cuando entran en contacto con los tejidos y fluidos tisulares<sup>11</sup>.

#### **2.2.3.1 Propiedades del Cemento Sellador Ideal**

Grossman describió las propiedades del cemento sellador ideal: <sup>11</sup>

- Ser pegajoso durante la mezcla, para proporcionar buena adherencia con la pared del conducto una vez fraguado.
- Proporcionar sellado hermético.
- Ser radiopaco.
- Ser polvo muy fino, para mezclarlo fácilmente con el líquido.
- No debe contraerse al fraguar.
- No teñir la estructura dental.
- Bacteriostático.
- Fraguado lento.
- Insoluble en fluidos tisulares.
- No producir irritación del tejido perirradicular.
- Ser soluble en un disolvente común, si se precisa eliminar la obturación del conducto radicular.

Ingle y West añadieron dos requisitos más: <sup>2</sup>

- No ha de generar reacción inmunitaria al ponerse en contacto con el tejido periapical.
- No debe ser mutagénico, ni carcinogénico.

### **2.2.3.2 Tipos de Cementos Selladores**

Los cementos selladores se clasifican en función de su componente principal<sup>2</sup>:

- A base de óxido de zinc y eugenol
- A base de hidróxido cálcico
- A base de ionómero de vidrio
- A base de resina
- A base de silicón
- A base de MTA
- A base de biocerámicos

Las formulaciones más populares son de óxido de zinc-eugenol, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio y resinas<sup>11</sup>.

#### **2.2.3.2.1 A base de Óxido de Zinc y Eugenol**

Son los más antiguos, presentan un ligero efecto de inhibición microbiana al mismo tiempo que un efecto de protección celular. Estos cementos selladores experimentan reabsorción si pasan a los tejidos perirradiculares, su tiempo de fraguado es largo, sufren contracción y pueden teñir la estructura dental<sup>2, 4</sup>.

Rickert y Dixon introdujeron uno de los primeros cementos selladores a base de óxido de zinc-eugenol en forma de polvo-líquido, contenía partículas de plata para proporcionar radiopacidad, con la desventaja de teñir la estructura dental si no se eliminaba por completo. Grossman en 1958 modificó su composición, e introdujo una formulación que no producía tinción, conocida como cemento sellador de Roth<sup>4</sup>.

Tubli-Seal (SybronEndo, CA) (Fig. 2) es un sistema de dos pastas contenido en dos tubos separados. Ha sido desarrollado como una alternativa ya que no pigmenta la estructura dental, es fácil de mezclar pero tiene la desventaja de tiempo de fraguado rápido. El Tubli-Seal EWT ofrece mayor tiempo de trabajo. El cemento sellador de Wach (Balas Dental, Chicago, IL) proporciona una consistencia pegajosa o adhesiva y contribuye a reblandecer la gutapercha para convertirla en una masa más homogénea cuando se emplea en la técnica de compactación lateral<sup>4, 7</sup>.



**Fig. 2** Tubli-Seal (SybronEndo)<sup>1</sup>.

#### **2.2.3.2.2 A base de Hidróxido Cálcico**

Se crearon con la finalidad de incorporar las propiedades biológicas del hidróxido de calcio. La solubilidad es necesaria para la liberación de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Esta característica está en desacuerdo con el objetivo de un cemento sellador. El cemento sellador a base de hidróxido de calcio más popular es Sealapex (SybronEndo)<sup>4</sup>.

Sealapex (SybronEndo) (Fig. 3) es un cemento sellador de hidróxido de calcio sin eugenol, que promueve una rápida cicatrización. Se presenta en 2 tubos (pasta/pasta), el tiempo de trabajo es corto, y disminuye con la humedad y el calor. Su radiopacidad es escasa, su fluidez adecuada, con aceptable adherencia a la dentina y solubilidad elevada. Es muy bien tolerado por los tejidos, favoreciendo la aposición de tejidos calcificados en el orificio apical<sup>1, 2</sup>.

Hovland y Dumsha realizaron un estudio en el que informaron que no hubo diferencia significativa de microfiltración apical entre Sealapex, Procosol y Tubli-Seal<sup>12</sup>.

Otro cemento que contiene hidróxido de calcio es CRCS (Calciobiotic Root Canal Sealer), es un cemento sellador de óxido de cinc-eugenol con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que forma parte del sistema Sealapex (SybronEndo) de catalizador/base; sin embargo, sus propiedades biológicas son inferiores a las del Sealapex<sup>2</sup>.



**Fig. 3** Cemento sellador de hidróxido de calcio (Sealapex)<sup>1</sup>.

#### **2.2.3.2.3 A base de Ionómero de Vidrio**

Los cementos selladores a base de ionómero de vidrio tienen capacidad de unión a la dentina, logrando un sellado de gran calidad. Se ha demostrado que estos selladores tienen bajo nivel de citotoxicidad durante largos periodos de tiempo, lo que indica ser un material muy biocompatible. Sus principales desventajas son un tiempo de fraguado rápido y la dificultad de retirarlo en caso de un retratamiento. Este cemento sellador tiene una actividad antimicrobiana mínima<sup>2, 4, 13</sup>.

Algunos cementos selladores a base de ionómero de vidrio son Ketac-Endo (3M ESPE, Minneapolis, MN) (Fig. 4) y Activ GP (Brasseler EE.UU., Savannah, GA) que consta de un cono de gutapercha impregnado de ionómero de vidrio, con un recubrimiento externo y un sellador de ionómero de vidrio<sup>2</sup>.



**Fig. 4** Cemento sellador Ketac-Endo (ESPE)<sup>14</sup>.

#### **2.2.3.2.4 A base de Resinas**

Los cementos selladores de resina proporcionan adhesión y no contienen eugenol. Sus ventajas incluyen adherencia, un tiempo de trabajo prolongado, facilidad de mezcla y muy buen sellado. Sus desventajas son la insolubilidad relativa en disolventes y cierta solubilidad a los fluidos orales<sup>6</sup>.

El AH-26 (Dentsply/DeTrey) es una resina epoxi de fraguado lento que libera formaldehído al fraguar. El AH Plus (Dentsply/DeTrey) (Fig. 5) es una fórmula modificada del AH-26 que no libera formaldehído, tiene un tiempo de trabajo de 4 h y posee un alto corrimiento, lo que exige un conducto con un buen tope apical<sup>2, 6, 10</sup>.



**Fig. 5** AH Plus (Dentsply/DeTrey)<sup>14</sup>.

#### **2.2.3.2.5 A base de Silicón**

Estos materiales se han desarrollado como selladores de conductos radiculares y los datos clínicos y de laboratorio son prometedores. RoekoSeal (Coltène/Whaledent,

Alemania) es un polivinilsiloxano, el tiempo de trabajo es de 15-30 minutos, la radiopacidad elevada, buena fluidez, ligera expansión y es bien tolerado por los tejidos. GuttaFlow (Coltène/Whaledent) (Fig. 6) es una matriz fluida que se presenta para ser inyectado en el conducto complementando con la técnica de punta única de gutapercha. Es fluido, estable y de radiopacidad media<sup>11</sup>.



**Fig. 6** GuttaFlow (Coltène/Whaledent)<sup>15</sup>.

#### **2.2.3.2.6 A base de MTA**

El agregado de trióxido mineral (MTA) se ha evaluado ampliamente. En estudios de laboratorio, se ha informado que tiene una excelente biocompatibilidad y capacidad de sellado, además de estar asociado con resultados clínicos deseables cuando se usa para la reparación de perforaciones radiculares, obturaciones retrógrada, obturación radicular, recubrimiento pulpar directo e indirecto y cuando es utilizado para crear un tapón apical, entre otras aplicaciones. En su composición, el polvo tiene fundamentalmente cemento Portland y otros óxidos metálicos, dentro de estos, el óxido de bismuto, que le confiere radiopacidad<sup>3, 16, 17</sup>.

El MTA es un cemento hidrofílico que fragua en presencia de humedad, posee propiedades antimicrobianas y biológicas, estimulando la formación de cristales de apatita. Algunos de los selladores a base de MTA son: Endo-CPM-Sealer (Egeo S.R.L.), iRoot SP (Innovative Bioceramix), MTA Fillapex (Angelus) (Fig. 7) mostró actividad antibacteriana contra *E. faecalis* antes del fraguado<sup>16</sup>.



**Fig. 7** MTA Fillapex (Angelus)<sup>18</sup>.

#### **2.2.3.2.7 A base de Biocerámicos**

Los biocerámicos son materiales diseñados para el uso clínico, que incluyen alúmina, zirconio, vidrio bioactivo, vidrios cerámicos, hidroxapatita y fosfatos de calcio reabsorbibles. Son biocompatibles y no producen irritación al entrar en contacto con tejidos periapicales, tienen capacidad osteoinductora, funcionan como andamio regenerativo, logran un sellado hermético al formar un enlace químico con la estructura dental, poseen propiedades antimicrobianas y tienen una expansión de 0,002mm. Estos cementos biocerámicos tienen un futuro muy prometedor en su aplicación a la terapia endodóntica<sup>19, 20, 21</sup>.

Se clasifican en tres categorías: <sup>20</sup>

- Bioinertes: capaces de rellenar tejidos y ser tolerados por el organismo.
- Bioactivos: tolerados por el organismo con capacidades de osteoconducción. Dentro de este grupo se encuentran los siguientes cementos selladores: iRoot SP (IBC, Canadá), Endosequence BC Sealer (Brasseler, USA) (Fig. 8) y TotalFill BC Sealer (FKG, Suiza), entre otros.
- Biodegradables: con capacidad de ser degradados en ambiente biológico y reemplazados o incorporados en el tejido.



**Fig. 8** Endosequence BC Sealer (Brasseler, USA)<sup>22</sup>.

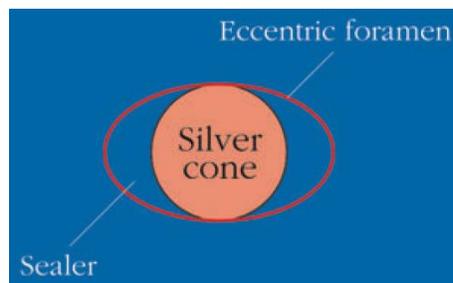
## **2.2.4 Materiales de núcleo**

El sellado hermético y tridimensional del sistema de conductos radiculares es el componente final de la tríada endodóncica. Aunque se han usado diversos núcleos centrales en conjunto con un cemento sellador, el método más común de obturación es el que utiliza la gutapercha como núcleo central. La gutapercha se ha establecido como un estándar de oro. Además, ha demostrado gran eficacia con diferentes técnicas de obturación manteniendo sus requisitos básicos. Los materiales y las técnicas de obturación no siempre suministran un sellado impermeable del sistema de conductos; todos los materiales permiten algún grado de filtración<sup>4, 23</sup>.

### **2.2.4.1 Conos de plata**

Jasper introdujo los conos de plata en 1993 y su rigidez inherente los hizo fáciles de colocar. La facilidad de manejo de este material condujo al mal uso y abuso, causando numerosos fracasos en el tratamiento. Esto se debió principalmente a su introducción en conductos que no habían sido suficientemente conformados. Sin embargo, radiográficamente, daban la apariencia de un conducto perfectamente llenado debido a su alta radiopacidad. Los conos de plata no podían llenar todas las irregularidades del conducto, lo que permitió filtraciones y provocó corrosión (Fig. 9)<sup>7, 24</sup>.

Cuando los conos de plata entran en contacto con los fluidos tisulares experimentan corrosión. Se ha comprobado que los productos de corrosión son citotóxicos y producen patología o impiden la curación apical. Actualmente los conos de plata están en desuso<sup>24</sup>.



**Fig. 9** Ilustración esquemática de un cono de plata y un foramen apical elíptico<sup>7</sup>.

#### **2.2.4.2 Gutapercha**

La gutapercha ha demostrado ser el material de elección desde su introducción por Bowman en 1867. Las puntas de gutapercha por sí solas no pueden sellar completamente las irregularidades del conducto radicular, los conductos laterales y accesorios y los espacios entre las puntas de gutapercha utilizados en la compactación lateral en frío, por lo que se usa en combinación de un cemento sellador para una obturación exitosa<sup>2, 24</sup>.

La gutapercha es una sustancia vegetal extraída bajo la forma de látex de los árboles de la familia de las *Sapotáceas*. Se puede hacer fluir usando calor o solventes, como cloroformo o eucalipto, así como por el uso de ultrasonido<sup>3, 24</sup>.

La composición consiste en 18% a 22% de gutapercha, 59% a 76% óxido de zinc, 1% a 4% de ceras y resinas y 1% a 18% de sulfatos metálicos. La gutapercha funciona como matriz, el óxido de zinc actúa como relleno, mientras que las ceras y resinas sirven como plastificantes y los sulfatos metálicos, como el sulfato de bario, proporcionan la radiopacidad para identificar el material radiográficamente<sup>7</sup>.

C.W Bunn en 1942, informó que la gutapercha se presenta bajo dos formas cristalinas, las cuales denominó: alfa-cristalina y beta-cristalina. La forma alfa-cristalina proviene directamente del árbol, es quebradiza a temperatura ambiente y, cuando se calienta a una temperatura mayor a 65 °C, se torna pegajosa, adherente y con mayor corrimiento. En la forma beta-cristalina, la gutapercha es estable y flexible a temperatura ambiente,

no presenta adhesividad y tiene menor corrimiento. Su temperatura de fusión es de 56°C. La mayor parte de la gutapercha comercializada se encuentra en la forma beta-cristalina. Sin embargo, el uso de gutapercha en fase alfa ha aumentado a medida que las técnicas termoplásticas se han hecho más populares<sup>3, 23, 25</sup>.

Las ventajas de la gutapercha son: una vez fraguada, la gutapercha es estable, solubilidad baja, es tolerada por los tejidos, actividad bacteriostática débil (atribuida al óxido de zinc), es maleable cuando se calienta y adopta la forma del conducto, radiopacidad, su desinfección es sencilla y su eliminación es fácil con calor o solventes. Las desventajas incluyen: falta de adhesión a la dentina, siempre se debe de utilizar con un sellador y cuando se calienta existe una contracción al enfriarse<sup>7, 23</sup>.

Los conos de gutapercha se comercializan en tamaño estandarizado y no estandarizado. Los conos estandarizados corresponden a los mismos números de los instrumentos manuales (15-140) y su diámetro apical y conicidad (0.02) es la misma. Estos conos son indicados para la técnica de compactación lateral donde el cono maestro se selecciona en función del último instrumento utilizado. Por desgracia, no existe uniformidad en la fabricación, y el tamaño real de los conos es variable. Los conos no estandarizados son más cónicos y puntiagudos. En lugar de ser distinguidos por número, se distinguen por el tamaño que tienen en la punta y en el cuerpo del cono, como por ejemplo, un cono de punta fina y cuerpo mediano (FM). Aunque la mayoría de puntas estandarizadas presentan una conicidad del 2%, existen también en las conicidades del 4% y del 6% (Fig. 10), e incluso del 7%, 8% y 9%, para adaptarse a las nuevas conicidades de los instrumentos rotatorios.<sup>2, 7, 11</sup>.



**Fig. 10** Puntas de gutapercha estandarizadas con conicidad del 2%, 4% y 6%<sup>4</sup>.

La desinfección de los conos de gutapercha debe de ser rápida en el consultorio ya que la cantidad de conos a utilizar en un tratamiento de endodoncia no se puede predecir. Se han probado desinfectantes como el hipoclorito de sodio, glutaraldehído, alcohol, compuestos de yodo y peróxido de hidrógeno. El NaOCl a una concentración del 5,25% es un agente eficaz para un alto nivel de desinfección a un minuto de inmersión de los conos de gutapercha, elimina las esporas de *Bacillus subtilis*. La CHX al 2%, glutaraldehído al 2% y alcohol etílico al 70% sí eliminan formas vegetativas en un período corto pero no elimina las esporas de *Bacillus subtilis*<sup>26</sup>.

Uno de los inconvenientes de la gutapercha es la falta de adhesión. Por lo tanto, se ha intentado mejorar mediante la modificación de la superficie con los siguientes materiales:<sup>23</sup>

- Recubierto de resina: Se puede unir a un sellador de resina (metacrilato).
- Recubierto de ionómero de vidrio: El ionómero de vidrio crea un enlace iónico con la dentina, no se reabsorbe y no se ve afectado por la presencia de hipoclorito de sodio residual.
- Los materiales biocerámicos se incorporan y se recubren los conos de gutapercha. Mejoran la calidad de la obturación junto con selladores biocerámicos específicos. Este tipo de obturación produce una ligera expansión en lugar de la contracción habitual, lo que en realidad es beneficioso para sellar los canales.
- Plasma de Argón y plasma de oxígeno pulverizados: Favorecen la adhesión, el plasma de argón provoca modificaciones químicas y el grabado de la superficie, mientras que el plasma de oxígeno aumenta la rugosidad de la superficie.

#### **2.2.4.3 Resilon**

El Resilon (Pentron), comercializado también por SybronEndo como Real Seal, es un polímero de poliéster, con vidrio bioactivo, hidróxido cálcico y un relleno radiopaco de bismuto y bario que representa un 65% en peso. Es termoplástico, y se presenta en

forma de puntas estandarizadas de conicidad 2%, 4% y 6% (Fig. 11), puntas accesorias desde XF a L, puntas Autofit de conicidades del 4%, 6%, 8%, 10% y 12%, puntas Autofit para *back-fill*, cartuchos para Obtura II y para Elements (SybronEndo). Se utiliza con un sellador denominado Epiphany (Pentron)<sup>2</sup>.

Resilon presenta un efecto de inhibición microbiana debido al vidrio bioactivo y al hidróxido cálcico, es biocompatible, soluble en cloroformo, proporciona un sellado coronopical adecuado y se puede utilizar con la mayoría de técnicas de obturación<sup>2</sup>.



**Fig. 11** Puntas de Resilon con conicidad del 2%, 4% y 6%, y tapón termoplástico para usar en el sistema Obtura II (Obtura Spartan, Earth City, MO)<sup>4</sup>.

### **2.3 Protocolo de Irrigación previo a la Obturación**

Durante el proceso de limpieza y conformación, los restos orgánicos e inorgánicos de se acumulan en la pared del conducto y producen una capa de barrillo dentinario irregular y amorfo. La capa de barrillo dentinario tiene un grosor de 1 a 5  $\mu\text{m}$ , esos residuos superficiales pueden ser empaquetados en los túbulos dentinarios hasta distancias variables<sup>4</sup>.

La presencia de restos de pulpa necrótica, junto con el exudado acumulado, puede contribuir a su viabilidad y también puede interferir con la adherencia y la penetración de los selladores en los túbulos dentinarios. Sin embargo, si el conducto está completamente obturado en las tres dimensiones, cualquier microorganismo restante puede quedar "atrapado" sin fuentes nutricionales y con posibilidad reducida de proliferación. El barrillo dentinario no es una barrera completa contra las bacterias, pero puede actuar como una barrera fisiológica y disminuir la penetración bacteriana en los túbulos<sup>4, 7</sup>.

Se siguen discutiendo las ventajas y desventajas del barrillo dentinario. Sin embargo, cada vez existen más datos en favor de la eliminación de esa capa antes de la obturación radicular<sup>4</sup>.

Después de completar los procedimientos de limpieza y conformación, la eliminación del barrillo dentinario se obtiene mediante la irrigación del conducto con NaOCl al 2,5% y EDTA al 17%. El NaOCl es necesario para eliminar los componentes orgánicos restantes y los agentes quelantes eliminan los componentes inorgánicos<sup>4</sup>.

Las sustancias quelantes fueron introducidas en el campo de la endodoncia por Nygaard-Ostby en 1957. Se encuentran disponibles en forma de líquido y pasta, y las concentraciones comunes varían entre el 15 y el 17%. Muchas veces se añade al líquido un detergente para disminuir la tensión superficial, aumentar la capacidad limpiadora y potenciar la acción bactericida de la solución. La efectividad del EDTA guarda relación con el tiempo de aplicación, el pH y la concentración. El tiempo recomendado para eliminar la capa de barrillo dentinario es de 1 a 5 min. Los investigadores han encontrado que la exposición durante 1 min a 10 ml de EDTA es adecuada para eliminar la capa de barrillo dentinario<sup>4</sup>.

Un método adicional para eliminar el barrillo dentinario se basa en el uso de instrumentos sónicos y ultrasónicos. Las soluciones de irrigación con buena capacidad

humectante para disolver el tejido pueden mejorarse mediante ultrasonido. De todos los irrigantes conocidos, ninguno ha sido tan eficaz como la solución de hipoclorito de sodio, combinado con ultrasonido o un sistema de vibración de ondas tiene mayor efecto antimicrobiano, ya que mejora el intercambio de sustancias en el conducto, permite el calentamiento de la sustancia irrigante y mejora la eliminación de los residuos, consiguiendo un mayor efecto limpiador<sup>27</sup>.

De acuerdo al Manual de Procedimientos de la Clínica de Endodoncia de la DEPEl "*Irrigación con ultrasonido*", la irrigación debe de realizarse con NaOCl al 2,5% y activarlo con ultrasonido 20 segundos en un total de 3 ciclos, la lima del kit de irrigación debe estar a 3mm de la longitud de trabajo y es necesario renovar el irrigante entre cada ciclo. Después se debe neutralizar con 10ml de solución fisiológica para recibir el EDTA. Irrigar con 5ml de EDTA al 17% y dejarlo actuar de 3 a 5 minutos. Finalmente se debe realizar el secado del conducto y estará listo para recibir los materiales de obturación<sup>28</sup>.

#### **2.4 Técnica de Compactación Lateral en Frío**

La técnica de compactación lateral en frío es la más empleada por la mayoría de profesionales. Su eficacia comprobada, su relativa sencillez, el control del límite apical y el uso de instrumental simple han determinado su preferencia. Se considera un estándar de oro con el que se comparan técnicas más novedosas. Fue descrita por primera vez por Hall en 1930 y con el tiempo se introdujeron modificaciones como el uso de espaciadores y conos accesorios (Weine 1996, y Gutmann y Witherspoon 2002)<sup>2, 29</sup>.

Esta técnica se ha puesto por encima de las técnicas de cono único, muchos conductos presentan una sección oval, imposible de rellenar con una sola punta. Algunos autores, como Schilder, consideraban que con la compactación lateral las puntas de gutapercha quedarían en el interior de una mar de cemento, sin formar una masa densa. Otros

autores, como Weine, niegan esta afirmación, habiendo demostrado que con esta técnica se consigue una masa compacta de puntas de gutapercha, con una mínima capa de sellador<sup>2</sup>.

Con la técnica de compactación lateral se tiene mayor control del límite apical y está indicada para la mayoría de casos. En conductos muy curvos o con grandes irregularidades se recomiendan otras técnicas con gutapercha plastificada por calor<sup>2</sup>.

#### **2.4.1 Indicaciones**

La compactación lateral en frío se puede utilizar en la mayoría de situaciones clínicas. Las excepciones son los canales muy curvados o de forma anormal y aquellos con grandes irregularidades, como reabsorción interna. Sin embargo, la compactación lateral se puede combinar con otros enfoques de obturación<sup>6</sup>.

#### **2.4.2 Ventajas**

La compactación lateral es relativamente sencilla, requiere instrumental simple y proporciona sellado como otras técnicas. Una gran ventaja de la compactación lateral, sobre la mayoría de las otras técnicas, es el control de longitud. Con el establecimiento de un tope apical definitivo y el uso cuidadoso del esparcidor, la longitud de obturación puede ser adecuada sin preocuparse por una extensión excesiva<sup>6</sup>.

Las ventajas adicionales incluyen la adaptación a las paredes del conducto, la estabilidad dimensional, el procedimiento se puede realizar con cualquiera de los cementos aceptados y la capacidad de preparar el espacio del poste<sup>4, 6</sup>.

#### **2.4.3 Desventajas**

Una de las desventajas es que la obturación resultante no es una masa homogénea, las áreas entre todos los conos están parcialmente llenas por el sellador. Otras

desventajas importantes es la dificultad para obturar conductos curvos, conductos con ápice abierto y conductos con defectos internos, como la resorción<sup>6</sup>.

Desafortunadamente, se puede aumentar el riesgo de fracturas radiculares a través de las fuerzas transferidas al esparcidor durante la compactación. Otra preocupación es la posibilidad de relleno cervical prematuro, considerando que los conos de gutapercha son más anchos en su parte superior, es probable que el tercio cervical del conducto se llene antes que el apical, especialmente si se utilizan conos accesorios con gran conicidad<sup>29</sup>.

#### **2.4.4 Procedimiento**

##### **Calibrado de la zona apical del conducto**

En las técnicas manuales, la lima apical maestra indica el calibre de la zona más apical del conducto. Sin embargo, en las técnicas rotatorias pueden existir pequeñas discrepancias, por ello se debe calibrar la zona apical del conducto con una lima manual<sup>2</sup>.

##### **Elección del espaciador**

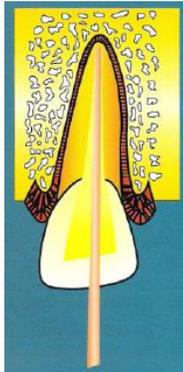
Al finalizar la preparación del conducto, se selecciona el espaciador más adecuado. Ha de alcanzar una longitud 1-2 mm menos que la longitud de trabajo. La estandarización de los espaciadores y las puntas accesorias facilita su elección<sup>2</sup>.

Por lo general, se prefieren los espaciadores digitales de níquel-titanio, ya que tienen mayor flexibilidad, generan menor fuerza sobre las paredes del conducto, se tiene mayor control del instrumento, mejor penetración apical y minimizan el riesgo de fracturas. Es conveniente colocar un tope de silicona en el espaciador a 1 mm menos que la longitud de trabajo<sup>2, 6</sup>.

### **Elección del cono maestro**

Se selecciona un cono del mismo calibre que la lima apical maestra (Fig. 12). En general se eligen las de conicidad del 2%, ya que, de este modo, el espaciador penetrara más cercano a la constricción y la compactación es mayor<sup>2</sup>.

No es necesario que alcance la longitud de trabajo, puede quedar a una distancia de 0,5-1 mm como máximo, esta discrepancia es conveniente cuando se introduce el cono con sellador y se ejerce fuerza con el espaciador. Si la punta queda a una distancia más corta, hay que probar una de calibre inmediatamente inferior. Si la punta sobrepasa el límite elegido, es preferible seleccionar una de diámetro inmediatamente superior que cortar el extremo apical<sup>2, 6</sup>.

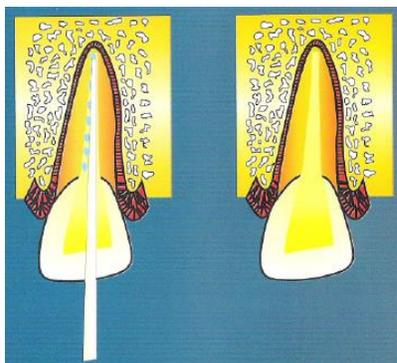


**Fig. 12** Elección del cono maestro<sup>14</sup>.

La punta solo ajusta en la zona final del conducto. Por ello se debe percibir una ligera sensación de fricción. Cuando se cree que la punta alcanza una longitud adecuada respecto a su límite apical, se debe comprobar mediante una radiografía (conometría)<sup>2</sup>.

### **Secado del conducto**

Se realiza con puntas de papel estandarizadas y estériles, hasta conseguir retirarlas completamente secas (Fig. 13). Si su extremo apical resulta manchado de sangre, posiblemente sea un indicador de que el conducto no se ha preparado de modo adecuado, y se deberá volver a preparar la zona apical correctamente<sup>2</sup>.



**Fig. 13** Secado del conducto radicular<sup>14</sup>.

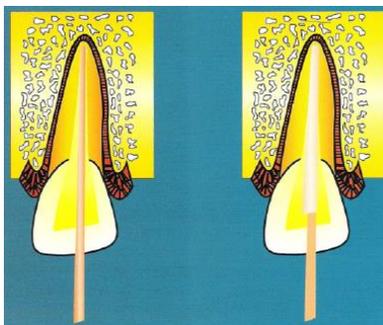
### **Introducción del sellador**

El sellador se debe preparar siguiendo las instrucciones del fabricante<sup>2</sup>.

Para la colocación del sellador es necesario un léntulo. El léntulo debe funcionar en sentido horario en la pieza de mano de baja velocidad, se impregna con sellador y se inserta 2 mm anteriores a la longitud de trabajo para asegurar que pueda girar sin comprometer las paredes del conducto. Debe iniciar su rotación al tiempo que se retira gradualmente del conducto radicular, este instrumento impulsa el material sellador en el conducto radicular de un modo eficaz<sup>4</sup>.

### **Introducción del cono maestro**

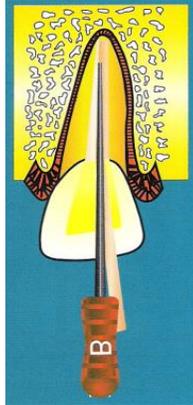
El cono maestro se impregna ligeramente con sellador y se introduce de forma lenta para permitir la salida del aire que hay en el interior del conducto, hasta alcanzar la longitud indicada (Fig. 14)<sup>2</sup>.



**Fig. 14** Introducción del cono maestro<sup>14</sup>.

### Condensación de puntas accesorias

Se introduce el espaciador seleccionado, ejerciendo fuerza hacia apical, pero que no sea excesiva, suficiente para que el cono principal ajuste en la zona apical del conducto (Fig. 15). Se debe dejar el espaciador en esta posición durante 1-2 segundos. Para retirarlo, se ejerce un movimiento de rotación horaria y anti horaria inferior a 180°, de modo que el espaciador quede libre y pueda extraerse<sup>2</sup>.



**Fig. 15** Introducción del espaciador<sup>14</sup>.

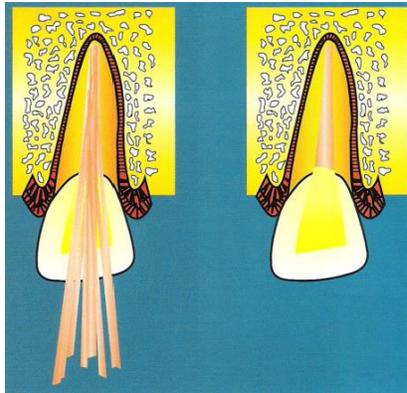
A continuación se introduce la punta accesoria seleccionada (Fig. 16), preferentemente la de menor calibre, y se repite la secuencia hasta que el espaciador no pueda penetrar más de 1-2 mm en el conducto<sup>2</sup>.



**Fig. 16** Introducción de puntas accesorias<sup>14</sup>.

Se recortan las puntas que sobresalen con el instrumento AGC caliente, 1 mm en el interior del conducto (Fig. 17), y se compacta verticalmente con un atacador o plugger.

Se toma una radiografía para comprobar el límite apical y la calidad de la obturación. Si existe algún defecto, se debe repetir la obturación<sup>2</sup>.

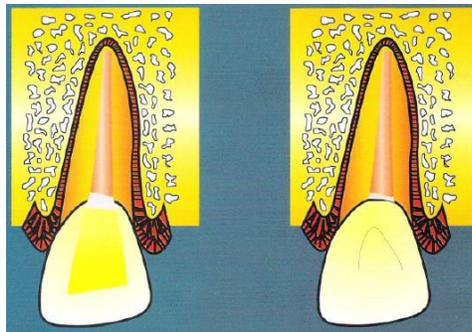


**Fig. 17** Recorte de las puntas accesorias sobresalientes<sup>14</sup>.

### **Cuidados finales**

Se recomienda limpiar la cámara pulpar con un solvente, como el cloroformo o xilol, para eliminar cualquier resto del material de obturación que podría ocasionar tinción de la corona<sup>2</sup>.

Ante el peligro de contaminación por filtración marginal, con posibilidad de que las bacterias puedan desplazarse a través del material de obturación, se debe sellar la cámara pulpar y realizar la rehabilitación definitiva de la pieza dental (Fig. 18)<sup>2</sup>.



**Fig. 18** Obturación definitiva<sup>14</sup>.

## 2.5 Técnica de Compactación Lateral Modificada con Ultrasonido

### 2.5.1 Ultrasonido

El ultrasonido es energía acústica con una frecuencia por encima del rango de audición humana, que es de 20 kHz. El rango de frecuencias empleado en las unidades ultrasónicas fue entre 25 y 40 kHz. Posteriormente se desarrollaron las piezas de mano ultrasónicas de baja frecuencia, que operan de 1 a 8 kHz, producen menos tensión de cizallamiento, provocando menor alteración en la superficie dental<sup>30</sup>.

Hay dos métodos básicos para producir ultrasonido: <sup>30</sup>

- **Magnetostricción:** Transforma la energía electromagnética en energía mecánica, como resultado se producen vibraciones.
- **Efecto piezoeléctrico:** Se utiliza un cristal que vibra cuando se aplica una carga eléctrica. La deformación de este cristal se convierte en oscilación mecánica sin producir calor.

La principal ventaja de las unidades piezoeléctricas en comparación con las unidades por magnetostricción, es que ofrecen más ciclos por segundo, 40 kHz versus 24 kHz. Una unidad de magnetostricción crea un movimiento elíptico, que no es ideal para el uso en endodoncia, mientras que las unidades piezoeléctricas trabajan en un movimiento lineal, ideal en endodoncia (Fig. 19). Las unidades por magnetostricción también tienen la desventaja de generar calor, por lo que requiere un enfriamiento adecuado<sup>30</sup>.



**Fig. 19** Dispositivo ultrasónico piezoeléctrico con neutrones P5<sup>4</sup>.

### **2.5.2 Aplicaciones del Ultrasonido en Endodoncia**

El ultrasonido se utiliza en odontología para aplicaciones terapéuticas y de diagnóstico, así como en la limpieza de instrumental antes de la esterilización. Actualmente su uso principal es en el área de periodoncia y endodoncia<sup>30</sup>.

El concepto de odontología mínimamente invasiva y el deseo de preparaciones de pequeñas dimensiones han estimulado nuevos enfoques en el diseño de cavidades, que incluyen ultrasonido para su preparación<sup>30</sup>.

La siguiente es una lista de las aplicaciones más frecuentes del ultrasonido en endodoncia: <sup>30</sup>

- Mejorar el acceso a la cámara pulpar, encontrar conductos calcificados, remoción pulpar y de calcificaciones.
- Eliminación de obstrucciones intraconducto (instrumentos separados, endopostes y conos de plata).
- Preparación del conducto radicular.
- Mejorar la acción de las soluciones de irrigación.
- Condensación ultrasónica de gutapercha.
- Colocación del agregado de trióxido mineral (MTA).
- Endodoncia quirúrgica.

### **2.5.3 Indicaciones**

La compactación ultrasónica es un método alternativo a la compactación lateral en frío, esta modificación implica la activación ultrasónica del espaciador, el cual calienta la gutapercha y la plastifica. Alfonso Moreno en 1977, fue el primero en describir esta técnica y desde entonces se ha evaluado clínicamente obteniendo resultados favorables del sellado y la densidad de la gutapercha<sup>6, 31</sup>.

La obturación de conductos radiculares por compactación lateral con ultrasonido está indicada prácticamente en cualquier situación clínica<sup>6</sup>.

#### **2.5.4 Ventajas**

- Toma las ventajas de la compactación lateral en frío como el control de la longitud de obturación, minimizando el riesgo de la extrusión de material fuera del ápice<sup>30</sup>.
- La acción ultrasónica puede extender el sellador a lo largo del conducto<sup>6</sup>.
- El espaciador ultrasónico termoplastifica la gutapercha, mejorando el llenado tridimensional del conducto con una masa homogénea, disminuyendo las áreas no obturadas<sup>30</sup>.
- Se requiere menor fuerza para colocar el espaciador ultrasónico, lo que minimiza el riesgo de una fractura vertical de la raíz<sup>6</sup>.
- El tamaño del espaciador ultrasónico es elegido según la conicidad y tamaño del conducto, además que el espaciador puede adaptarse a la curvatura del conducto radicular<sup>31</sup>.
- La gutapercha no se pega al espaciador mientras la unidad ultrasónica este activa<sup>31</sup>.
- La baja temperatura producida por la unidad, en su configuración de potencia más baja, puede resultar en menores cambios dimensionales de la gutapercha al enfriarse<sup>30</sup>.

#### **2.5.5 Desventajas**

- Cuando se trabaja con gutapercha caliente puede ocurrir un sobrecalentamiento capaz de dañar los tejidos perirradiculares, esto depende principalmente de la temperatura de la unidad ultrasónica, el tiempo de aplicación y el contacto con las paredes del conducto<sup>32</sup>.
- Mayor riesgo de extrusión en comparación con la compactación lateral en frío<sup>33</sup>.
- Tiene un mayor costo debido al uso de la unidad ultrasónica<sup>33</sup>.

## 2.5.6 Procedimiento

Se han descrito varios protocolos de obturación para la compactación lateral con ultrasonido: <sup>30, 32</sup>

- Moreno, 1977: Ablandamiento del cono maestro con el inserto PR30 de 3 a 4 segundos, seguido de condensación lateral en frío.
- Baumgardner y Krell, 1990: Activación ultrasónica después de la colocación de cada cono accesorio.
- Amditis y cols. 1992: Uno o dos tiempos de activación ultrasónica después de finalizar la compactación lateral en frío.
- Deitch y cols. 2002: Activación ultrasónica después de cada dos conos accesorios.
- Bailey y cols. 2004: Penetración del ultrasonido sin activar hasta la longitud deseada y activación al sacarlo.

En el Manual de Procedimientos de la Clínica de Endodoncia de la DEPEI se describe la técnica de obturación mediante termoplastificación con ultrasonido por el C.D.E.E. José Luis Jacome Musule: <sup>34</sup>

- Secar el conducto radicular.
- Seleccionar las puntas de gutapercha principales y accesorias y desinfectarlas con NaOCl al 2.5% por 3 min.
- Calibrar la punta de gutapercha principal para que corresponda con la lima maestra apical.
- Introducir la punta maestra dentro del conducto hasta la longitud de trabajo real y tomar radiografía (conometría).
- Mezclar el cemento sellador según las indicaciones del fabricante.
- Seleccionar el espaciador digital o manual de acuerdo al diámetro del conducto.
- Colocar cemento sellador en la punta maestra de gutapercha y llevarla al interior del conducto hasta la longitud de trabajo real.

- Colocar el espaciador digital o manual aproximadamente a 1-2mm menos de la longitud de trabajo real.
- Verificar el espacio para la próxima punta de gutapercha accesoria.
- Colocar xilol y cemento sellador en la punta accesoria seleccionada.
- Llevar la punta de gutapercha al interior del conducto radicular.
- Repetir de dos a tres veces hasta que el espaciador no penetre más allá del tercio coronal del conducto. Tomar radiografía de prueba de obturación.
- Colocar adaptador para lima de ultrasonido en la unidad ultrasónica.
- Seleccionar la lima de ultrasonido adecuada de acuerdo al conducto a obturar y colocarla dentro del adaptador.
- Seleccionar la potencia adecuada para la obturación.
- Colocar espaciador en el conducto hasta sentir resistencia.
- Insertar la lima activada con ultrasonido dentro del conducto por 3 a 5 segundos.
- Insertar esta lima 3-5mm antes de la longitud de trabajo real.
- Colocar el espaciador digital en el espacio dejado por la lima de ultrasonido a resistencia.
- Colocar cemento sellador y xilol en la punta accesoria seleccionada y llevarla al interior del conducto hasta la longitud que se requiera.
- Repetir de dos a tres veces hasta que exista resistencia de penetración del espaciador.
- Encender lámpara de alcohol y calentar instrumento AGC o cucharilla 33L al rojo vivo.
- Colocar el instrumento en la entrada del conducto para recortar excedentes de gutapercha.
- Realizar compactación vertical utilizando condensadores verticales y posteriormente Glick no. 1.
- Comprobar que la obturación se encuentre 1-2 mm por debajo de la entrada del conducto.
- Limpiar la cámara pulpar con torunda de algodón y xilol.
- Colocar restauración temporal, tomar radiografía final y verificar la oclusión.

## **2.6 Microfiltración Apical**

El propósito de la obturación del conducto radicular es crear un sellado hermético en las tres dimensiones y evitar la filtración de fluidos o microorganismos que promuevan el crecimiento bacteriano dentro del conducto y el periápice<sup>4</sup>.

La microfiltración se define como la difusión de bacterias, fluidos, iones y moléculas entre el diente y el material de obturación. Las causas de la microfiltración pueden atribuirse a varios factores. Se considera que la microfiltración apical es la causa más común del fracaso del tratamiento y está influenciada por muchas variables, como las diferentes técnicas de obturación, las propiedades químicas y físicas de los materiales de obturación y la presencia de barrillo dentinario<sup>35</sup>.

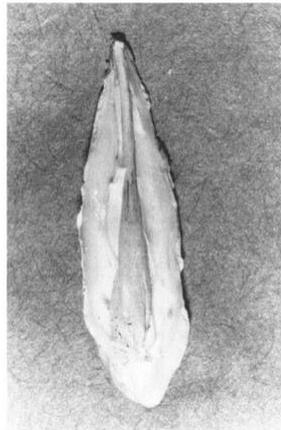
### **2.6.1 Métodos de Evaluación de Microfiltración Apical**

Se han realizado numerosos estudios utilizando diversas técnicas para evaluar el potencial de microfiltración de los materiales de obturación. Las principales técnicas utilizadas incluyen: <sup>35, 36</sup>

- Penetración de isótopos radiactivos (primeros en utilizarse)
- Penetración de tintes (por ejemplo, azul de metileno)
- Penetración bacteriana
- Seccionar transversalmente para evaluar la microfiltración
- Modelo de penetración de glucosa
- Prueba de microfiltración de proteínas
- Prueba de microfiltración electroquímica
- Análisis de microscopio electrónico de barrido

## 2.7 Artículos que Comparan la Microfiltración entre la Técnica de Compactación Lateral en Frío y la Técnica de Compactación Lateral con Ultrasonido

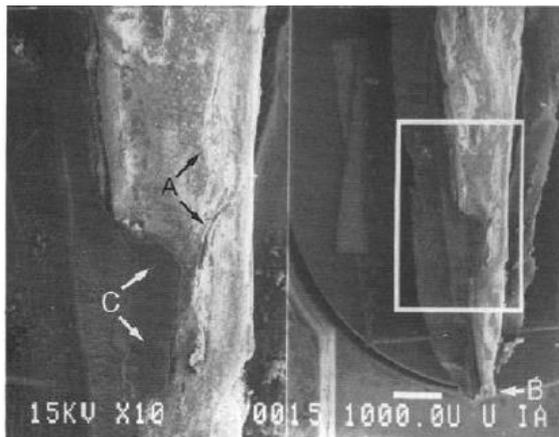
Moreno en 1977, realizó un estudio en 20 dientes unirradiculares recientemente extraídos, divididos en dos grupos: el primer grupo de 10 dientes fue obturado por la técnica de compactación lateral convencional; el segundo grupo de diez dientes fue obturado por la técnica de compactación lateral con ultrasonido. Se utilizó yodo 131 con la finalidad de evaluar la microfiltración entre ambas técnicas. Los resultados demostraron que los dientes obturados por compactación lateral convencional tenían un rango de filtración de 1 a 3 mm, mientras que los dientes obturados por la técnica de compactación lateral con ultrasonido sólo tres ejemplares mostraron filtración con una media de 0.6 mm, además que se observaba una obturación más homogénea (Fig. 20)<sup>31</sup>.



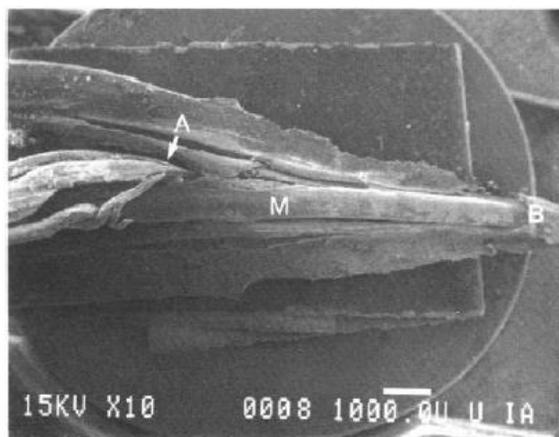
**Fig. 20** Homogeneidad de la obturación mediante la técnica de compactación lateral modificada con ultrasonido<sup>31</sup>.

Baumgardner y cols. en 1990, realizaron un estudio para evaluar, mediante penetración de tintes y microscopía electrónica de barrido, la microfiltración apical y homogeneidad de la gutapercha entre tres técnicas de compactación lateral. La muestra fue de 32 dientes extraídos (incisivos y caninos), los cuales se dividieron en tres grupos: Grupo I, compactación lateral con activación del ultrasonido; Grupo II, compactación lateral con el uso de espaciadores digitales; Grupo III, compactación lateral utilizando la punta ENAC sin ser activada por la unidad ultrasónica. Los

resultados de este estudio demostraron que se produjo menor penetración apical del tinte cuando los dientes se obturaron con un esparcidor activado por ultrasonido en comparación con la condensación manual. La masa de gutapercha condensada ultrasónicamente era más homogénea y con menos espacios en la longitud del conducto radicular (Fig. 21), mientras que el grupo II y III, mostraron deficiencias en la calidad de la masa de la gutapercha (Fig. 22)<sup>37</sup>.



**Fig. 21** Microfotografía del grupo I, se observa una masa homogénea de gutapercha. B, ápice; C, pared del conducto<sup>37</sup>.



**Fig. 22** Microfotografía del grupo II, se observa falta de homogeneidad de la gutapercha, torsión y flexión de los conos accesorios. M, cono maestro; A, conos accesorios; B, ápice<sup>37</sup>.

Amditis y cols. en 1992, evaluaron la adaptación de la obturación radicular de cuatro técnicas de obturación. Utilizaron una muestra de 50 dientes anteriores extraídos, los cuales se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos: Grupo I, compactación lateral en frío; Grupo II, compactación por la técnica McSpadden; Grupo III, compactación lateral con ultrasonido; Grupo IV, termoplastificación con el sistema Ultrafil. El método de

evaluación de microfiltración fue por penetración de tintes (azul de metileno). Los resultados de la penetración del tinte se llevaron a cabo después de completar 30 días. Las medidas de penetración de tinte exhibidas se tomaron desde la parte más apical hasta donde se detectó por primera vez la penetración del tinte (Cuadro 1). En el grupo de dientes obturados por compactación lateral en frío (Grupo I) la penetración lineal fue de 2,8 mm y en el grupo de dientes obturados por compactación lateral modificada con ultrasonido (Grupo III) fue de 2,5 mm. Las diferencias de microfiltración entre las técnicas fueron relativamente mínimas<sup>38</sup>.

<i>Técnica de obturación (código)</i>	<i>No. de dientes que no presentaron LDP</i>	<i>No. de dientes que presentaron LDP (Distancia desde el tope apical hasta donde se detectó penetración del tinte por primera vez)</i>					
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm
<b>Grupo I</b>	1	3	1	0	3	1	1
<b>Grupo II</b>	4	2	0	2	2	0	0
<b>Grupo III</b>	1	2	3	1	1	2	0
<b>Grupo IV</b>	2	2	3	1	0	0	2

**Cuadro 1.** Penetración lineal del tinte (Linear dye penetration LDP)<sup>38</sup>.

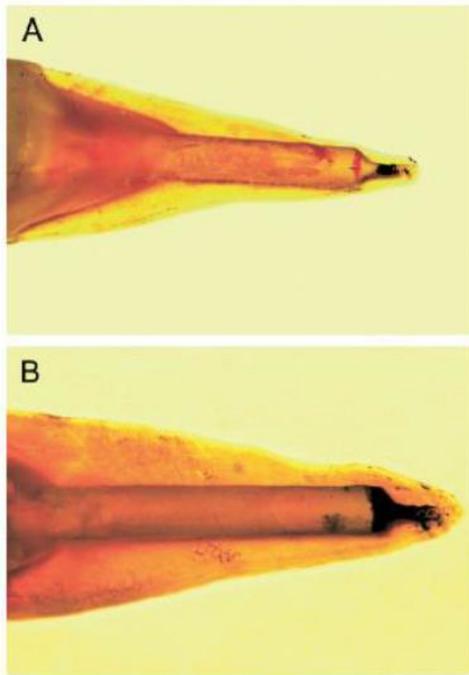
Gound y cols. en el año 2000, realizaron un estudio comparando el peso de la gutapercha compactada entre la técnica de compactación lateral convencional y compactación lateral modificada con ultrasonido. Se encontró que la técnica de compactación lateral con ultrasonido tiene una capacidad superior para producir un relleno más pesado, independientemente de si el canal es recto o curvo. Los investigadores también notaron que se ejercía menor fuerza y tiempo de trabajo al compactar la gutapercha, favoreciendo a la técnica modificada con ultrasonido<sup>39</sup>.

Bailey y cols. en 2004, realizaron un estudio que permitió analizar la calidad de la obturación radicular con la técnica de compactación lateral con ultrasonido, así como un análisis superficial para encontrar la potencia y tiempo de la activación ultrasónica adecuado sin dañar la superficie periapical. El análisis de superficie y de sección

transversal encontraron que solo el ajuste de potencia 5 y los tiempos de activación ultrasónica de 10 y 15 segundos produjeron la termoplastificación de la gutapercha con menos vacíos que con la condensación lateral en frío. Sin embargo, un ajuste en potencia 5 y un tiempo de activación de 15 segundos producían aumentos excesivos de temperatura en la superficie de la raíz. Por lo tanto, el ajuste en potencia 5 con un tiempo de activación de 10 segundos fueron los más óptimos para una obturación homogénea y sin daño periapical<sup>40</sup>.

Li Peng y cols, realizaron un metanálisis en el año 2007, en el que incluyeron ensayos controlados que comparaban la obturación lateral en frío y la obturación lateral con ultrasonido. Los resultados de este metanálisis demostraron una mayor incidencia de extrusión del material de obturación en el grupo de compactación lateral con ultrasonido. En los ensayos clínicos se observó que las proporciones de las lesiones periapicales disminuyeron del 44% al 15% en el grupo tratado con obturación lateral en frío, mientras que en la obturación con ultrasonido la proporción de lesiones disminuyó de 5% a 59%, aunque existe una diferencia entre ambos grupos se concluyó que no era significativa. La calidad de la obturación, el resultado a largo plazo y la prevalencia del dolor posoperatorio fueron similares entre estos dos grupos<sup>33</sup>.

Johannes Mente y cols. en 2007, realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la microfiltración en conductos amplios (tamaño apical 70 y 140) mediante compactación lateral con ultrasonido, compactación lateral en frío y compactación termoplastificada. La penetración del tinte fue significativamente mayor en los dientes obturados por condensación lateral en frío (Fig. 23). La penetración del tinte fue más profunda en los conductos agrandados al tamaño 140, esta diferencia fue consistente en los tres grupos de obturación. Los resultados de este estudio sugirieron que la compactación lateral ultrasónica podría ser una técnica valiosa de obturación radicular en tales dientes, ya que parece proporcionar un mejor sellado apical que el que se puede lograr con la técnica de condensación lateral en frío. Además, la lesión de los tejidos perirradiculares causada por el calor generado por ultrasonidos se puede evitar si el tiempo de activación no supera los 15 segundos<sup>41</sup>.



**Fig. 23** Dientes preparados apicalmente hasta un instrumento 140 y sometidos a penetración de tinte por 7 días. **(A)** Obturado por compactación lateral ultrasónica. La profundidad de penetración del tinte fue de 0 mm. **(B)** Obturado por compactación lateral en frío. La profundidad de penetración del tinte fue de 2,2 mm<sup>41</sup>.

Shahriar y cols. en 2008, realizaron un estudio en donde comparaban la microfiltración apical entre la obturación lateral en frío y la obturación lateral con ultrasonido. Utilizaron 48 caninos recientemente extraídos, los cuales se dividieron aleatoriamente. El método de evaluación para la microfiltración fue por penetración de tinte (azul de metileno). Los resultados demostraron que había menor penetración del tinte en los dientes obturados con la técnica de compactación con ultrasonido con una filtración media de 1.9 mm, mientras que los dientes obturados con la técnica de compactación lateral en frío tuvieron una filtración media de 2.9 mm, la diferencia fue significativa<sup>42</sup>.

Araya y cols. en 2010, realizaron un estudio para determinar la densidad de la obturación entre la compactación lateral convencional y la compactación lateral modificada con ultrasonido a una y dos aplicaciones. Se utilizaron 30 bloques de resina acrílica transparente con conductos simulados por cada grupo. Los resultados revelaron que el uso del ultrasonido aumentaron la densidad de la gutapercha 46,04% en la primera aplicación y 29,7% en la segunda aplicación, por lo que concluyeron que con la activación del ultrasonido la obturación mejoraba hasta en un 75,74%, evitando espacios sin obturar y microfiltración (Cuadro 2)<sup>32</sup>.

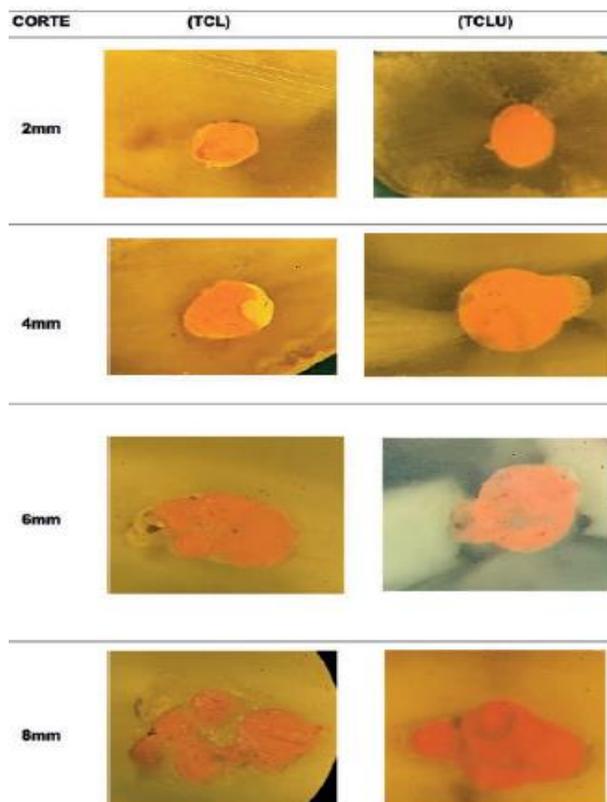
Grupos	Lateral	Ultrasónica 1	Ultrasónica 2	Total
Muestras	30	30	30	90
Promedio de tiempo (min)	6,681	10,062	13,39	13,39
Incremento de tiempo	0	3,381	3,328	6,709
Promedio de puntas	7	13	19	19
Incremento de puntas	0	6	6	12
Promedio de densidad (mg)	32,43 ± 3,92	47,19 ± 5,46	61,04 ± 6,01	61,04 ± 6,01
Incremento densidad (mg)	0	14,76	13,85	28,61
%Incremento densidad	0	46,04	29,70	75,74

*Todos los grupos comparados entre sí presentaron  $p < 0.05$  (Tukey-Krumer)*

**Cuadro 2.** Resultados de tiempo, puntas de gutapercha y densidad para cada técnica<sup>32</sup>.

Ho y cols. en 2015, realizaron un estudio para comparar la calidad de la obturación con la técnica de compactación lateral en frío, compactación lateral con ultrasonido y compactación vertical. El estudio se realizó en 33 primeros molares inferiores extraídos, se tomaron imágenes antes y después de la obturación mediante microtomografía computarizada y se analizaron volumétricamente para determinar la cantidad de gutapercha presente en cada segmento de 2 mm del conducto radicular. No se encontraron diferencias significativas entre la técnica con ultrasonido y la compactación vertical. Sin embargo, hubo diferencias con la técnica de compactación lateral en frío, se observó que con los conos de gutapercha no presentaban adaptabilidad a las paredes del conducto ni a los conos accesorios, generando espacios sin obturar. La compactación vertical y la compactación lateral con ultrasonido demostraron una obturación significativamente más densa, mejorando la calidad y pronóstico del tratamiento<sup>43</sup>.

Reyes Arteaga y cols. en 2020, realizaron un estudio in vitro que compara el porcentaje de las áreas no obturadas entre la técnica de compactación lateral en frío (TCL) y la técnica de compactación lateral con ultrasonido (TCLU). El estudio fue realizado con una muestra de 68 dientes extraídos, los cuales se dividieron aleatoriamente en dos grupos. El grupo obturado por compactación lateral con ultrasonido presentó un mayor porcentaje de gutapercha con el 94,4%, áreas ocupadas por cemento del 3,8% y áreas no obturadas del 1,3%. El grupo obturado por compactación lateral en frío presentó un porcentaje de gutapercha del 84,4%, áreas ocupadas por cemento del 7,2% y áreas no obturadas del 4,2% (Fig. 24). La diferencia fue significativa y los resultados demostrados se traducen en menor microfiltración, mayor densidad de la gutapercha y mejores beneficios a largo plazo con la técnica de compactación lateral con ultrasonido<sup>44</sup>.



**Fig. 24** Fotografías en las que se observan áreas ocupadas por gutapercha, cemento sellador y espacios vacíos a los 2, 4, 6 y 8 mm entre la TCL y la TCLU<sup>44</sup>.

### **3 CONCLUSIONES**

La obturación del sistema de conductos radiculares consiste en sellar lo más herméticamente posible el conducto radicular. La técnica de compactación lateral en frío ha sido la más utilizada, por la ventaja de permitir mayor control de la longitud y el uso de instrumental de fácil manipulación y costo accesible. Su principal desventaja es la pobre adaptación a las paredes del conducto, falta de homogeneidad y la probabilidad de ocasionar fracturas radiculares debido a la fuerza que ejerce el operador durante la compactación.

En busca de minimizar las desventajas de la compactación lateral en frío se han desarrollado técnicas con la finalidad de reblandecer la gutapercha, permitiendo que se adapte mejor a las irregularidades del conducto radicular. La técnica de compactación lateral con ultrasonido reblandece la gutapercha y el operador sigue teniendo el control longitudinal de la misma, minimizando el riesgo de extrusión del material a los tejidos periapicales.

En relación con los artículos revisados, en los que se compara la técnica lateral en frío y la técnica lateral modificada con ultrasonido, se demostró que la modificación con ultrasonido brinda un mejor sellado apical, en el que hay mayor masa de gutapercha, densa y homogénea, menos espacios ocupados por cemento y un mínimo porcentaje de espacios vacíos.

De acuerdo a los artículos revisados en los que se realizaron métodos de evaluación de microfiltración, se describe menor microfiltración cuando la obturación es realizada con ultrasonido, gracias a la termoplastificación de la gutapercha y al desplazamiento del cemento sellador que logran un sellado tridimensional, alcanzando las irregularidades que presente el conducto, dando como resultado un pronóstico favorable del tratamiento.

Estos resultados nos indican que la compactación lateral con ultrasonido es superior a la compactación lateral en frío, mantiene las ventajas del control longitudinal y adiciona la termoplastificación de la gutapercha. El uso de la unidad ultrasónica genera un mayor costo, pero mejores beneficios a largo plazo.

#### 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. B. Suresh Chandra, V. Gopikrishna. *Grossman's Endodontic Practice*. 13ª ed. India: Wolters Kluwer; 2014, p. 343-73.
2. Canalda Sahli C., Brau Agudé. *Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas*. 3ª ed. Barcelona: Elsevier; 2014, p. 206-27.
3. Soares I., Goldberg F. *Endodoncia: Técnica y fundamentos*. 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2002, p. 225-56.
4. Cohen S., Hargreaves KM. *Cohen vías de la pulpa*. 10ª ed. España: Elsevier, 2011, p. 349-83.
5. Herbert Schilder, D.D.S. *Filling Root Canals in Three Dimensions*. J Endod. 2006 [Consultado 3 Feb 2021]; 32(4): 281-90. DOI: 10.1016/j.joen.2006.02.007.
6. Mahmoud Torabinejad, Richard E. Walton, Ashraf F. Fouad. *Endodontics Principles and Practice*. Missouri: Elsevier, 2015, p. 316-37.
7. Ilan Rotstein, John I. Ingle. *Ingle's Endodontics 7*. 7ª ed. North Carolina: PMPH USA, 2019, p. 669-728.
8. Ricucci, Langeland. *Apical limit of root canal instrumentation and obturation. A histological study*. Int Endod J. 2002 [Consultado 7 Feb 2021]; 31(6): 394–409. DOI: 10.1046/j.1365-2591.1998.00183.x
9. Fernanda Weber Mello y cols. *The influence of apical extent of root canal obturation on endodontic therapy outcome: a systematic review*. Clin Oral Invest. 2019 [Consultado 7 Feb 2021]; 23(5): 2005-19. DOI: 10.1007/s00784-019-02897-x
10. Marco A. Versiani, Bettina Basrani, Manoel D. Sousa-Neto. *The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition*. Springer (eBook); 2019 [Consultado 7 Feb 2021], p. 323-42. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73444-6>
11. Kenneth M. Hargreaves, Louis.H. Berman. *Cohen. Vías de la pulpa*. 11ª ed. España: Elsevier; 2016, p. 966-1118.
12. Hovland, E. J., Dumsha, T.C. *Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex*. Int Endod J. 1985 [Consultado 8 Feb 2021]; 18(3): 179–182. DOI:10.1111/j.1365-2591.1985.tb00437.x
13. Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., Imai, Y. *Comprehensive review of current endodontic sealers*. Dent Mater J. 2020 [Consultado 12 Feb 2021]. DOI:10.4012/dmj.2019-288

14. Carlos Estrela. *Ciencia Endodóntica*. Sao Paulo: Artes Médicas; 2005, p. 539-88.
15. Dentaltix. Kit Guttaflow 2. [Internet]. [Consultado 12 Feb 2021]. Disponible en: <https://www.dentaltix.com/es/roeko/kit-guttaflow-2-sellador-y-gutapercha-plastica-frioler-5ml-acc>
16. Josette Camilleri. *Mineral Trioxide Aggregate*. Springer (eBook), 2014 [Consultado 20 Feb 2021], p. 103-31. DOI 10.1007/978-3-642-55157-4
17. M. Parirokh, M. Torabinejad & P. M. H. Dummer. *Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part I: vital pulp therapy*. Int Endod J. 2018 [Consultado 20 Feb 2021]; 51: 177–205. DOI:10.1111/iej.12841
18. DentaEuropa. MTA Fillapex. [Internet]. [Consultado 20 Feb 2021]. Disponible en: [http://www.dentaeuropa.com/productos/mta-fillapex-ref-den8288\\_7124286\\_1.html](http://www.dentaeuropa.com/productos/mta-fillapex-ref-den8288_7124286_1.html)
19. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P. *Bioceramics in Endodontics – a review*. J Istanbul Univ Fac Dent. 2017 [Consultado 24 Feb 2021]; 51(3): 128-37. DOI: <http://dx.doi.org/10.17096/jiufd.63659>
20. Braun AY. *Cementos de Obturación Biocerámicos: Una nueva alternativa en Endodoncia*. Revista de la Sociedad de Endodoncia de Chile. 2015 [Consultado 24 Feb 2021]; 31: 4-8.
21. Radu Chisnoiu y cols. *Comparative apical sealing evaluation of two bioceramic endodontic sealers*. Medicine and Pharmacy Reports. 2019 [Consultado 24 Feb 2021]; 92(3): 55-60. DOI: 10.15386/mpr-1516
22. MDC Dental. EndoSequence. [Internet]. [Consultado 24 Feb 2021]. Disponible en: <https://dental.com.mx/publicacion/espmx/f033ab37c30201f73f142449d037028d/endo-sequence-bc-sealer>
23. Vijetha Vishwanath, H. Murali Rao. *Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science*. J Conserv Dent. 2019 [Consultado 27 Feb 2021]; 22(3): 216–22. DOI: 10.4103/JCD.JCD\_420\_18
24. Bobby Patel. *Endodontic Treatment, Retreatment and Surgery. Mastering Clinical Practice*. Springer (eBook); 2016 [Consultado 27 Feb 2021], p. 147-90. DOI: 10.1007/978-3-319-19476-9
25. Combe EC, Cohen BD, Cummings K. *Alpha- and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling*. Int Endod J. 2001 [Consultado 27 Feb 2021]; 34(6):447-51. DOI: 10.1046/j.1365-2591.2001.00415.x

26. Gomes BP y cols. *Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005 [Consultado 2 Mar 2021]; 100(4): 512-7. DOI: 10.1016/j.tripleo.2004.10.002
27. Mozo S, Llena C, Forner L. *Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions*. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2012 [Consultado 2 Mar 2021]; 17 (3). DOI:10.4317/medoral.17621
28. Rodríguez H, Alejandra. *Descripción del procedimiento irrigación con ultrasonido: UNAM FdOD. Manual de Procedimientos de la Clínica de Endodoncia. Tomo I*. Ciudad Universitaria. 2017 [Consultado 2 Mar 2021], p. 75-7. Disponible en: <http://www.odonto.unam.mx/index.php/es/manuales-de-procedimientos>
29. Souza, E. M., Wu, M.-K., van der Sluis, L. W., Leonardo, R. T., Bonetti-Filho, I., Wesselink, P. R. *Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings*. Int Endod J. 2009 [Consultado 5 Mar 2021]; 42(8):719–726. DOI:10.1111/j.1365-2591.2009.01575.x
30. Plotino G., Pameijer CH., Maria Grande N., Somma F. *Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature*. J Endod. 2007 [Consultado 6 Mar 2021]; 33(2): 81-95. DOI: 10.1016/j.joen.2006.10.008
31. Moreno W. *Thermomechanically softened gutta-percha root canal filling*. J Endod. 1977; 3(5): 186-88.
32. Rodríguez, HA., González, A. *Incremento de la Densidad de la Gutapercha con Ultrasonido*. Revista Científica Odontológica. 2010 [Consultado 9 Mar 2021]; 2(1). Disponible en: <https://revistaodontologica.colegiodontistas.org/index.php/revista/article/view/338/462>
33. Peng, L., Ye, L. Tan, H., Zhou, X. *Outcome of Root Canal Obturation by Warm Gutta-Percha versus Cold Lateral Condensation: A Meta-analysis*. J Endod. 2007 [Consultado 9 Mar 2021]; 33(2), 106-9. DOI: 10.1016/j.joen.2006.09.010
34. Jacome MJ, Luis. *Técnica de obturación mediante termoplastificación con ultrasonido: UNAM FdOD. Manual de Procedimientos de la Clínica de Endodoncia. Tomo I*. Ciudad Universitaria. 2017 [Consultado 9 Mar 2021], p. 96-107. Disponible en: <http://www.odonto.unam.mx/index.php/es/manuales-de-procedimientos>
35. Sabir Muliya, MK Abdul Shameem, Rekha P Thankachan, P G Francis, C S Jayapalan, K A Abdul Hafiz. *Microleakage in Endodontics*. J Int Oral Health. 2014 [Consultado 12 Mar 2021]; 6(6): 99-104. PMC4295468

36. Limkangwalmongkol, S., Abbott, V., Sandler, B. *Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning*. J Endod. 1992 [Consultado 12 Mar 2021]; 18(11): 535–9. DOI: 10.1016/s0099-2399(06)81209-4
37. Baumgardner, K. R., V. Krell, K. *Ultrasonic condensation of gutta-percha: An in vitro dye penetration and scanning electron microscopic study*. J Endod. 1990 [Consultado 12 Mar 2021]; 16(6): 253-9. DOI: 10.1016/s0099-2399(06)81625-0
38. Amditis, C., Blackler, S., Bryant, R., Hewitt, G. The adaptation achieved by four root canal filling techniques as assessed by three methods. Aust Dent J. 1992 [Consultado 14 Mar 2021]; 37(6): 439-44. DOI: 10.1111/j.1834-7819.1992.tb05898.x
39. Gound, T., Riehm, R., Makkawy, H., Odgaard, E. *A Description of an Alternative Method of Lateral Condensation and a Comparison of the Ability to Obturate Canals Using Mechanical or Traditional Lateral Condensation*. J of Endod. 2000 [Consultado 14 Mar 2021]; 26(12): 756-9. DOI:10.1097/00004770-200012000-00024
40. Bailey, GC., Ng, YL., Cunnington, SA., Barber, P., Gulabivala, K., Setchell, DJ. *Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-percha. Part II: an in vitro investigation of the quality of obturation*. Int Endod J. 2004 [Consultado 14 Mar 2021]; 37(10): 694-8. DOI:10.1111/j.1365-2591.2004.00858.x
41. Mente J., y cols. In vitro leakage associated with three root-filling techniques in large and extremely large root canals. J Endod. 2007 [Consultado 14 Mar 2021]; 33(3): 306-9. DOI: 10.1016/j.joen.2006.11.013
42. Shahriar, S., Seyed, MJ., Reza, M., Hasan, A. *A comparative study of apical microleakage using the conventional lateral condensation and mechanical lateral condensation techniques*. Iran Endod J. 2008 [Consultado 14 Mar 2021]; 3(3): 79-82. PMC3800551
43. Ho, ESS., Chang, JWW., Cheung, GSP. *Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques*. Restorative Dentistry & Endodontics. 2015 [Consultado 21 Mar 2021]; 41(1): 22-8. DOI: 10.5395/rde.2016.41.1.22
44. Reyes AF, Atziri., Camacho A, Liliana., Rodríguez H, Alejandra., Ramírez O, Paulina., Calderón U, David. *Comparación del porcentaje de áreas no obturadas entre la técnica de compactación lateral en frío y la técnica de compactación lateral con ultrasonido*. Revista Oficial de la Asociación Española de Endodoncia. 2020; 38: 6-15.