

Alberdi, Jorge Carlos

**Efecto de la temperatura
generada por las técnicas de
obturación endodónticas
sobre el fraguado y la
adhesión a dentina de los
selladores biocerámicos**

**Tesis para la obtención del título de
posgrado de Doctor en Ciencias de la
Salud**

Directora: Kaplan, Andrea

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.



[Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.](#)



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CÓRDOBA**
JESUITAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**“Efecto de la temperatura generada
por las técnicas de obturación
endodónticas sobre el fraguado y la
adhesión a dentina de los selladores
biocerámicos.”**

Autor: Od. Jorge Carlos Alberdi
Directora de tesis: Dra. Andrea Kaplan

- TESIS DOCTORAL -
Doctorado en Ciencias de la Salud
Año 2023

**“Efecto de la temperatura generada
por las técnicas de obturación
endodónticas sobre el fraguado y la
adhesión a dentina de los selladores
biocerámicos.”**

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

A mi esposa, Belén, por el amor, “el aguante”, la paciencia, y el acompañamiento en estos años de carrera, que fueron muchos e intensos...

A mis hijos, Cami, Santi y Sofi por entender a su manera, pero divertida lo que estoy haciendo. Y sobre todo que puedan ver que con trabajo y esfuerzo uno puede llegar donde se proponga...

A mis padres, por enseñarme a ir siempre hacia adelante y por el buen camino, que no siempre es el más fácil...

A mis abuelos, tres en el cielo - Iaia, Neri y Santiago - y uno en la tierra, Lelo; que me dieron mucho amor y me acompañan en mi corazón en todo lo que hago...

A toda la familia, en general que siempre está alentando, en cada paso...

A Pablo, mi mejor amigo, que siempre acompaña y sobre todo contiene...

A mis maestros, principalmente la Dra. Arminia Baroffi, mi madrina y maestra en la Endodoncia por el apoyo durante toda mi carrera, por enseñarme con amor, transmitiéndome esa pasión por la docencia y la endodoncia que hoy llevo...hoy me sigue desde otro plano...

Al Dr. Fernando Goldberg por mostrarme una manera diferente de ver y entender mi especialidad, la Endodoncia...

A mis amigos, colegas y compañeros del camino con quienes comparto el trabajo y la vida...

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, la Dra. Andrea Kaplan, por el inmensurable apoyo y por haber aceptado dirigirme en este desafío sin casi conocerme.

A la Dra. Gabriela Martin, que fue quien me impulsó hace ya unos años a recorrer este camino de la carrera de doctorado.

A Daniel Patanelli, Ligia Madi y Nicolas Menoni por el apoyo para realizar el trabajo.

Al comité evaluador de mi trabajo de tesis, Dra. Cecilia de Caso, Dra. Gabriela Martín y Dr. Ricardo Cabral, por su permanente disposición, consejos y contribuciones a mi proyecto.

Al Director de la Carrera, Dr. Gustavo Molina, por su cordialidad e información sobre la carrera, cada vez que fue requerido.

CONTENIDOS

CONTENIDOS

RESUMEN	Pág. 10
ABSTRACT	Pág. 14
MARCO TEÓRICO	Pág. 20
A- Conceptos generales sobre obturación endodóntica	
B- Selladores Endodónticos	
B.1- Generalidades	
B.2- Selladores a base de Óxido de Zinc-Eugenol	
B.3- Selladores a base de Hidróxido de Calcio	
B.4- Selladores a base de Ionómero Vítreo	
B.5- Selladores a base de Resina	
B.6- Selladores Biocerámicos	
C- Técnicas de obturación del sistema de conductos radiculares	
C.1- Cono Único	
C.2- Técnicas Termoplásticas	
C.2.1- Técnica de Compactación Vertical Caliente/Onda Continua	
C.2.2- A base de un transportador: Guttacore	
D- Selladores endodónticos en combinación con técnicas termoplásticas	
ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN E INTERES EN SU REALIZACIÓN	Pág. 48
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	Pág. 50
METODOLOGÍA	Pág. 52
SECCIÓN I: Evaluación del efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas sobre la adhesión a dentina de los selladores biocerámicos	
A- VARIABLES	
B- CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA	
C- VALORACIÓN DE LAS VARIABLES	
D- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	

SECCIÓN II: Evaluación del efecto de la temperatura aplicada sobre el sellador biocerámico, en su tiempo de fraguado

A- VARIABLES

B- VALORACIÓN DE LAS VARIABLES

C- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

RESULTADOS

Pág. 75

SECCIÓN I: Resultados sobre la Adhesión

SECCIÓN II: Resultados sobre el Tiempo de Fraguado

CONCLUSIONES

Pág. 96

BIBLIOGRAFÍA

Pág. 98

RESUMEN

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La clasificación general de los selladores endodónticos incluye: selladores a base de óxido de zinc-eugenol, de hidróxido de calcio, de ionómero vítreo, de resinas y en la actualidad, a base de silicato tricálcico o selladores biocerámicos, también llamados selladores hidráulicos. Estos se diferencian de un sellador tradicional por ser hidrofílico y por lo tanto la humedad en el conducto y los túbulos dentinarios, es una ventaja, a diferencia de la mayoría de los selladores donde la humedad es perjudicial para su rendimiento. Si bien, la mayoría de los selladores biocerámicos, se proponen con el uso de la técnica de obturación de cono único en frío, son utilizados con todas las técnicas, ya sean en frío, como también termoplásticas. Hasta el momento, pocos estudios evaluaron este aspecto de la obturación, respecto a la compatibilidad de estos selladores hidráulicos con las técnicas de obturación que aplican calor.

OBJETIVOS: El trabajo tiene dos objetivos: el primero, evaluar el efecto del calor generado con dos técnicas de obturación termoplásticas en comparación con la técnica de cono único en frío, sobre la adhesión a la dentina radicular; y el segundo, evaluar el tiempo de fraguado del sellador biocerámico ante la aplicación de calor a dos temperaturas diferentes: 200°C y 90°C; y compararlo con el tiempo de fraguado del mismo sin la aplicación de temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS: El trabajo se dividió en dos secciones: Sección I y Sección II. En ambas secciones, los selladores estudiados fueron Bio-C Sealer (Angelus), CeraSeal (MetaBiomed) y BioRoot (Septodont). Sección I: Evaluación del efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas sobre la adhesión a dentina de los selladores biocerámicos. Se seleccionaron 63 premolares humanos extraídos por causas ajenas a este trabajo. Los especímenes preparados, se dividieron al azar en 9 grupos de 7 (n7). Para la obturación se utilizaron 3 técnicas: Cono Único en frío, Compactación Vertical Caliente y a base de un transportador, Guttacore. Además, se utilizaron 3 selladores biocerámicos diferentes, dos en jeringa premezclada (Bio-C Sealer y CeraSeal) y uno polvo

líquido (BioRoot). De la combinación de los 3 selladores y las 3 técnicas surgieron los 9 grupos a estudiar. Posteriormente, una vez fraguados los selladores, se realizó un corte a 3 mm del ápice y ese corte fue llevado a la máquina de ensayos Instron, con el fin de hacer la prueba de push-out, a ese nivel, de los 63 cortes obtenidos, 1 por cada espécimen. Después de completar la prueba de expulsión, las muestras se examinaron bajo microscopio óptico y las fallas se clasificaron como adhesiva, cohesiva y mixta. Sección II: Evaluación del efecto de la temperatura aplicada sobre el sellador biocerámico, en su tiempo de fraguado. Se prepararon modelos para este trabajo. Se instaló sobre una base de silicona, una hilera de 5 probetas de plástico, correspondientes a cada grupo. Se prepararon 9 hileras de 5 probetas cada una, correspondientes a cada grupo. Todos los selladores se prepararon según indicaciones del fabricante y se llenaron las 5 probetas de cada grupo con el mismo sellador y en el mismo momento. El tiempo de fraguado se evaluó luego de 3 situaciones diferentes en relación al calor aplicado sobre el mismo: sin aplicación de temperatura, luego de la aplicación de 200°C durante 5 segundos, y luego de la aplicación de 90°C durante 5 segundos. La prueba de fraguado se repitió en 3 condiciones ambientales diferentes, con el fin de evaluar el comportamiento de estos selladores biocerámicos ante distintos escenarios: la primer prueba se evaluó a temperatura y humedad ambientales, 20°C y la 45%, respectivamente; la segunda prueba de fraguado se ejecutó colocando las probetas de todos los grupos en estufa a 37°C, sin humedad; y la tercera prueba de fraguado se llevó a cabo en estufa a 37°C y 95% de humedad. Para estudiar el tiempo de fraguado se utilizó la norma ISO 6876:2012 (International Standard ISO 6876:2012: Dentistry – Root Canal Sealing Materials). La determinación del tiempo de fraguado se realizó mediante una técnica de indentación con una aguja Vicat modificada.

RESULTADOS: Sección I: No hubo diferencias significativas entre selladores, técnicas, ni en la interacción entre selladores y técnicas, para ninguno de los factores analizados: máxima carga registrada y tipo de falla. Sección II: Se pudo observar en los datos obtenidos, que tanto para Bio C Sealer como CeraSeal son necesarios los parámetros de temperatura 37°C y humedad 95% para que su fraguado ocurra en un tiempo cercano o dentro de los plazos que informa el fabricante. No fue así para BioRoot, que ante los 3 escenarios ambientales,

incluyendo a temperatura ambiente, tuvo una respuesta de fraguado dentro de los tiempos establecidos por el fabricante.

CONCLUSIONES: Bajo las condiciones de este estudio, se puede decir que el calor generado por las técnicas de obturación no tuvo efectos en la adhesión del sellador biocerámico a la pared de la dentina, en relación a los selladores biocerámicos estudiados. La presencia de humedad fue fundamental para alcanzar el endurecimiento en los tiempos sugeridos de los selladores estudiados, que se presentan en jeringa premezclada, no así en el caso del sellador que se presenta polvo líquido, que fraguó tanto en seco como en humedad de manera similar.

ABSTRACT

ABSTRACT

SUMMARY: The general classification of endodontic sealers include zinc oxide-eugenol-based sealers, calcium hydroxide-based, glass ionomer-based, resin-based, and currently, tricalcium silicate-based or bioceramic sealants, also called hydraulic cements. These differ from a traditional sealer in that they are hydrophilic and therefore moisture in the canal and dentinal tubules is an advantage, unlike most sealants where moisture is detrimental to their performance. Although most of the bioceramic sealers are proposed with the use of the cold single cone obturation technique, they are used with all techniques, whether cold or thermoplastic. Few studies have evaluated this aspect of these hydraulic sealers, that is, the compatibility of them with filling techniques that apply heat.

OBJECTIVES: The study has two objectives: the first, to evaluate the effect of the heat generated with two thermoplastic obturation techniques in comparison with the single cold cone technique, on the adhesion to root dentin; and the second, to evaluate the setting time of the bioceramic sealant before the application of heat at two different temperatures: 200°C and 90°C; and compare it with the setting time of it, without the application of temperature.

MATERIALS AND METHODS: The study was divided into two sections: Section I and Section II. In both sections, the sealers evaluated were Bio-C Sealer (Angelus), CeraSeal (MetaBiomed) and BioRoot (Septodont). Section I: Evaluation of the effect of the heat generated by endodontic obturation techniques on the adhesion to dentin of bioceramic sealers. Sixty-three (63) human premolars extracted for reasons unrelated to this work were selected. The prepared specimens were randomly divided into 9 groups of 7 (n7). For the obturation, 3 techniques were used: Cold Single Cone, Warm Vertical Compaction, and carrier-based technique, Guttacore. In addition, 3 different bioceramic sealers were used, two in the premixed syringe presentation (Bio-C Sealer and CeraSeal) and one in the liquid-powder presentation (BioRoot). From the combination of the 3 sealants and the 3 techniques, the 9 groups to be studied arise. Subsequently, once the sealers had set, a cut was made at

3mm from the apex and this sample was taken to the Instron testing machine, to carry out the push-out test, at that level, of the 63 cuts obtained. 1 for each specimen. Section II: Evaluation of the effect of the temperature applied on the bioceramic sealant, in its setting time. A row of 5 plastic test tubes, corresponding to each group, was installed on a silicone base. Nine rows of 5 specimens each, corresponding to each group, were prepared. The bioceramic sealer was prepared according to the manufacturer's instructions and inserted into described plastic molds, filling the 5 test tubes of each group with the same sealer and at the same time. The setting time was evaluated after 3 different situations in relation to the heat applied to it: without application of temperature, after the application of 200°C for 5 seconds, and after the application of 90°C for 5 seconds. The setting test was repeated in 3 different environmental conditions, in order to evaluate the behavior of these bioceramic sealants in different scenarios: the first test was evaluated at ambient temperature and humidity, 20°C and 45%, respectively; the second setting test was carried out placing the test tubes of all the groups in an oven at 37°C, without humidity; and the third setting test was carried out in an oven at 37°C and 95% humidity. To study the setting time, the ISO 6876:2012 standard (International Standard ISO 6876:2012: Dentistry – Root Canal Sealing Materials) was used. Setting time was determined using an indentation technique with a modified Vicat needle.

RESULTS: Section I: There were no significant differences between sealers, techniques, or in the interaction between sealers and techniques, for any of the factors analyzed: maximum recorded load and failure mode. Section II: It was possible to observe in the data obtained, that both for Bio-C Sealer and CeraSeal, the parameters of temperature 37°C and humidity 95% are necessary for their setting to occur in a close time or within the deadlines reported by the manufacturer. This was not the case for BioRoot, which faced in the 3 environmental scenarios, including room temperature, that had a setting response within the times established by the manufacturer.

CONCLUSIONS: Under the conditions of this study, it can be said that the heat generated by obturation techniques did not have effect on the adhesion of the bioceramic sealer to the

dentin wall, in relation to the bioceramic sealers studied. The presence of moisture was essential to achieve hardening in the suggested times of the studied sealers, which are presented in a premixed syringe, but not in the case of the liquid-powder sealer, which set both in dry and wet scenarios in a similar way.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CONO ÚNICO	_____	CU
COMPACTACIÓN VERTICAL CALIENTE	_____	CVC
GUTTACORE	_____	G
CERASEAL	_____	CS
BIO-C SEALER	_____	BCS
BIOROOT	_____	BR
CONDUCTO RADICULAR	_____	CR
BIOCERÁMICO	_____	BC
SELLADOR ENDODÓNTICO	_____	SE
SELLADOR BIOCERÁMICO	_____	SB
ODONTÓLOGO GENERAL	_____	OG
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA	_____	EE
COMPACTACIÓN LATERAL	_____	CL
ONDA CONTINUA	_____	OC
TÉCNICAS DE INYECCIÓN	_____	TI
TÉCNICA TERMOMECAÁNICA	_____	TTM

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

- A- Conceptos generales sobre obturación endodóntica

- B- Selladores Endodónticos
 - B.1- Generalidades
 - B.2- Selladores a base de Óxido de Zinc-Eugenol
 - B.3- Selladores a base de Hidróxido de Calcio
 - B.4- Selladores a base de Ionómero Vítreo
 - B.5- Selladores a base de Resina
 - B.6- Selladores Biocerámicos

- C- Técnicas de obturación del sistema de conductos radiculares
 - C.1- Cono único
 - C.2- Técnicas termoplásticas
 - C.2.1- Técnica de Compactación Vertical Caliente/Onda Continua
 - C.2.2- A base de un carrier: Guttacore

- D- Selladores endodónticos en combinación con técnicas termoplásticas

A- Conceptos generales sobre obturación endodóntica

El éxito del tratamiento endodóntico depende, entre otros factores, de un adecuado diagnóstico, seguido de una preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares y la obturación tridimensional del mismo. El objetivo principal de la obturación endodóntica es rellenar de manera hermética (sellar todo tipo de comunicación conducto-periodonto y conducto-medio bucal); y tridimensional el sistema de conductos radiculares con materiales inertes, antisépticos y/o bioactivos que estimulen el proceso de reparación o no lo interfieran (Soares et al 2012). Este objetivo se traduce en la prevención de la reinfección de los conductos radiculares que han sido limpiados, conformados y desinfectados mediante los procedimientos de instrumentación, irrigación y medicación (Ray et al 1995). Una obturación exitosa requiere del uso de materiales y técnicas capaces de rellenar de forma adecuada y homogénea el sistema de conductos radiculares para prevenir la reinfección. Esto también implica una adecuada restauración coronaria para prevenir la microfiltración bacteriana desde la cavidad oral (Chugal et al 2003). Diversos autores han demostrado que el éxito del tratamiento endodóntico es dependiente de ambos parámetros: la calidad de la obturación y la restauración final (Ng et al 2011, Siqueira et al 2022).

Los materiales habitualmente utilizados para la obturación del sistema de conductos radicular son gutapercha combinada con selladores endodónticos, con el fin de obtener el relleno tridimensional del sistema de conductos. (Goldberg et al 2016). Estos materiales son divididos en dos grupos básicos: selladores y materiales de relleno (Core). De cada uno puede existir una gran variedad de materiales y marcas comerciales.

Los selladores endodónticos surgen debido a la imposibilidad física de los materiales rígidos (gutapercha) de ocupar todas las áreas del conducto. Son usados para rellenar los espacios entre la superficie de la dentina y el núcleo de la obturación. Tradicionalmente, las características deseables eran la adhesión a la dentina y la gutapercha, y al mismo tiempo presentar una resistencia cohesiva adecuada (Cohen et al 2020). Las nuevas generaciones de selladores han sido desarrolladas para mejorar su capacidad de penetración en los túbulos dentinarios y conectar, en lugar de sólo adherir ambos, la dentina y la gutapercha. Varios tipos de sistemas que se presentan como jeringas automezclantes han mejorado la eficiencia

de mezclado, la calidad de la mezcla y las propiedades finales del material rígido. Los tipos de selladores incluyen materiales como óxido de zinc-eugenol, polímeros de resinas, ionómeros vítreos, bio-glass y siliconas. La nueva generación de selladores están desarrollados a base de silicato de calcio o biocerámicos.

Con respecto a los materiales para el núcleo, la gutapercha, fue usada por primera vez en odontología a fines del 1800 como un material restaurador temporario y luego para obturar el sistema de conductos radiculares. Durante la guerra civil, un material llamado Hill 's stopping (que contenía gutapercha, calcio, cuarzo y feldespatos) y gutapercha fueron promovidos por Taft y Harris como materiales de obturación temporarios. Su uso como material temporario de obturación continuó hasta 1950 (Glennner et al 1998). Usada sin sellador, la gutapercha no provee sellado. La gutapercha tiene su origen en la resina que exuda el árbol *Isonandra Guta*. La forma química natural de la gutapercha es 1,4 poliisopreno (Schilder et al 1974). Es un isómero de la goma natural y ha sido usada para variados propósitos, como recubrimiento del cable del primer trasatlántico y para el centro de pelotas de golf. La gutapercha cuando es calentada, pasa de la fase de transición beta a alfa a alrededor de 115°F (46°C). En un rango entre los 130°F a 140°F (54°C a 60°C) alcanza la fase amorfa. Cuando es enfriada muy lentamente, el material se vuelve a cristalizar a la fase alfa. Sin embargo, esto es difícil de alcanzar y bajo condiciones normales el material retorna a la fase beta. La temperatura de ablandamiento de la gutapercha es de 147°F (64°C) (Goodman et al 1981). La fase de transformación es importante en las técnicas de obturación termoplásticas. La gutapercha es soluble en cloroformo, eucaliptol, halotano y en menor medida en trementina. Esta propiedad de la gutapercha le permite ser removida para una preparación de anclaje intrarradicular, y en los casos de retratamiento endodóntico. Cualquier método de manipulación de la gutapercha usando calor o solventes va a resultar en algún grado de contracción (1 al 2%) del material. La contracción del material no es deseable cuando se está intentando sellar un conducto. La gutapercha que se usa en odontología no es pura, ni es incluso mayormente gutapercha. Su principal componente es óxido de zinc (50 -70%), además de sales metálicas pesadas (1-17%), ceras o resinas (1-4%) y sólo entre 19-22% de gutapercha. Las variaciones en el contenido se deben a que los distintos fabricantes buscan obtener diferentes propiedades de manipulación. Algunas formulaciones son más blandas que otras. Algunos clínicos eligen

la marca de la gutapercha dependiendo de la técnica con que va a ser usada. La compactación con espaciadores, condensadores o carriers (transportadores) es usada para intentar compensar esta contracción del material de núcleo (Mc Elroy et al 1955). En cualquier caso, algún tipo de compensación para la contracción debe ser incorporada a la técnica empleada. Una característica relevante de la gutapercha y de importancia clínica es el hecho de que cuando es expuesta al aire y a la luz durante un tiempo se torna más quebradiza (Wong et al 1982). Las propiedades mecánicas de la gutapercha se ven afectadas por el tiempo y la temperatura de almacenamiento.

La técnica de compactación lateral es la más utilizada por la mayoría de los profesionales, por ser una técnica simple, económica y con óptimos resultados. Sin embargo, las técnicas que utilizan la gutapercha termoplastificada (por la aplicación de calor) permiten obtener una obturación más completa del espacio del conducto radicular (Schilder 1967, Soares-Goldberg 2012).

B- Selladores Endodónticos

B.1- Generalidades

A través de los años se ha utilizado una gran variedad de materiales para rellenar el sistema de conductos. Actualmente, los métodos empleados con mayor frecuencia en la obturación de los conductos radiculares se basan en el uso de conos semisólidos de gutapercha como material base. Sin embargo, este material no sella el conducto por sí solo; por ello, un cemento sellador es necesario para cubrir la dentina y rellenar las irregularidades y discrepancias entre el material de obturación y las paredes del conducto logrando así el sellado. La utilización de agentes selladores para la obturación endodóntica es esencial para rellenar las irregularidades del conducto y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y el material sólido de obturación (Cohen et al, 2020).

Adicionalmente, aunque es un punto muy discutido en la literatura, sobre si realmente ocurre o no, los selladores suelen proyectarse a través de los conductos accesorios o laterales y podrían ayudar al control microbiano al expulsar los microorganismos ubicados en las paredes del conducto radicular o en los túbulos dentinarios. Los selladores se utilizan como

lubricantes y ayudan al preciso asentamiento del material de relleno sólido durante la compactación. En los conductos donde se elimina la capa de barrillo dentinario, muchos selladores demuestran un aumento de sus propiedades adhesivas sobre la dentina, además de fluir a través de los túbulos dentinarios limpios (Orstavik et al 1992).

Un cemento sellador ideal, según Grossman debe proporcionar adhesión entre el material de obturación y la pared dentinaria, producir un sellado hermético del conducto, no contraer al fraguar, ser radiopaco, no pigmentar la estructura dentaria, ser insoluble en fluidos bucales, biocompatible y bien tolerado por los tejidos perirradiculares (Zhou H et al. 2013). Los requisitos y características enumerados por Louis Grossman (1958), que debe poseer un sellador de conductos radiculares ideal; siguen vigentes hoy en día, y se describen a continuación.

El cemento sellador ideal debe:

- proporcionar adhesión entre el material y la pared del conducto al fraguar.
- producir un sellado hermético.
- ser radiopaco
- poseer partículas finas de polvo que se mezclen fácilmente con el líquido.
- no contraerse al fraguar.
- no pigmentar la estructura dentaria.
- ser bacteriostático, o por lo menos no favorecer la reproducción de bacterias.
- fraguar con lentitud para permitir un tiempo de trabajo adecuado para la colocación del material de obturación.
- ser insoluble en fluidos bucales.
- ser bien tolerado por los tejidos periapicales.
- ser soluble en un solvente común para retirarlo del conducto radicular si fuese necesario.

Además se puede agregar que los cementos selladores no deben ser mutagénicos ni carcinogénicos (Leyhausen et al 1999), no provocar una reacción inmunitaria en los tejidos, no se debe modificar en presencia de humedad, ni corroerse (Osorio et al 1998). Para Pertot et al (1992), un cemento sellador debe reunir varios requerimientos en cuanto a sus características físicas; pero considera la compatibilidad del sellador con los tejidos vivos una

de sus características más importantes ya que, durante la obturación, los cementos selladores pueden salir inadvertidamente hacia los tejidos periapicales, causar inflamación y retrasar o impedir el proceso de cicatrización. Un sellador biocompatible no debe prevenir ni obstaculizar la reparación tisular, por el contrario, debe ayudar o estimular la reorganización de las estructuras lesionadas para que la reparación pueda producir el sellado biológico del ápice radicular y aislar cuerpos extraños (Leonardo et al 2000). La combinación adecuada de eficacia selladora y biocompatibilidad de un cemento sellador es determinante para un pronóstico favorable de la terapia endodóntica. Por lo tanto es importante evaluar, al seleccionar el sellador endodóntico, el potencial de producir irritación química tisular como un factor importante a tomar en cuenta cuando se consideran las propiedades del sellador al seleccionarlo (Briseño et al 1991). Sin embargo debe quedar claro que si un conducto radicular no ha sido limpiado y conformado adecuadamente, las propiedades selladoras de un cemento endodóntico no pueden mejorar los resultados del tratamiento. Adicionalmente, la sobreobturación con selladores endodónticos, no condiciona el éxito o fracaso del tratamiento endodóntico, siempre que éste, haya sido adecuadamente ejecutado (Ricucci et al 2016).

Actualmente, existen varios tipos de selladores endodónticos con diferentes composiciones disponibles en el mercado. Estudios realizados tanto in vitro como in vivo han aportado evidencia de que la mayoría de los materiales de uso común destinados a sellar los conductos radiculares, causan efectos citotóxicos sobre el tejido periapical. El potencial tóxico es particularmente mayor, antes del fraguado del material, mientras que una liberación lenta de componentes del sellador puede ocurrir durante largos períodos dependiendo de la solubilidad del material en los fluidos tisulares y el grado de exposición al organismo. El cemento sellador debe poseer ciertas características que son determinantes para asegurar el éxito del tratamiento endodóntico. Debido a que el sellador estará en contacto directo con los tejidos periapicales por un tiempo prolongado, su biocompatibilidad es de gran importancia. La toxicidad de un sellador puede retardar la cicatrización de los tejidos periapicales o causar una reacción inflamatoria tisular.

La clasificación general de los selladores biocerámicos incluye: selladores a base de óxido de zinc-eugenol, de hidróxido de calcio, de ionómero vítreo, de Resinas y en la actualidad,

a base de silicato tricálcico o selladores biocerámicos.

B.2 - Cementos selladores a base de óxido de zinc-eugenol.

Rickert en 1925, señaló la necesidad de utilizar un sellador unido a conos de gutapercha como alternativa a los selladores de Cloropercha y Eucapercha de aquella época. Este sellador se trata del cemento original de óxido de zinc modificado por Rickert. Esta fórmula fue llamada comercialmente Cemento de Kerr® (Kerr Manufacturing Company, Romulus, Mich. EEUU) y cumplía cabalmente con los requisitos establecidos por Grossman, a no ser porque pigmentaba el tejido dentario por la plata agregada para obtener radiopacidad (Bellizzi et al 1980). Posteriormente Grossman recomendó el uso de un cemento a base de óxido de zinc eugenol, que no producía manchas en la estructura dentaria, como sustituto de la fórmula de Rickert. Se conoce comercialmente como Sellador No Manchador ProcoSol® (Proco-Sol Chemical Company, Inc., Philadelphia, Pa. EEUU), Roth 801® (Roth Drug Co., Chicago, IL. EEUU), Fill Canal® (Dermo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) o Endoseal®18 (Centric, Inc. EEUU). La popularidad de este cemento resulta de su excelente plasticidad, consistencia, eficacia selladora y alteraciones volumétricas pequeñas luego de fraguar (Leonardo et al 1998). El vehículo de la mezcla para estos materiales es eugenol. El polvo contiene óxido de zinc en finas partículas para incrementar la fluidez del cemento, es radiopaco y el tiempo de manipulación se ajusta para permitir un adecuado tiempo de trabajo. Estos cementos admiten a la adición de sustancias químicas, por ejemplo paraformaldehído por su efecto antimicrobiano, los germicidas por su acción antiséptica y los corticosteroides contra las reacciones inflamatorias (Spangberg et al 1998). Sin embargo, los selladores que poseen un efecto antiséptico producen irritación moderada a severa en los tejidos periapicales por lo que su uso debe ser considerado cuidadosamente (Briseño et al 1990).

El fraguado de los cementos de óxido de zinc eugenol comprende un proceso químico de quelación entre el eugenol y el zinc, resultando en una estructura nucleada donde se forman núcleos de óxido de zinc en una matriz de eugenolato de zinc. La formación del eugenolato constituye el endurecimiento del cemento. El eugenolato de zinc tiene la desventaja de disolverse en los tejidos, liberando eugenol y óxido de zinc; el eugenol libre

siempre permanece en el sellador y actúa como un irritante (Araki et al 1998).

Dentro del grupo de los selladores endodónticos, los que son a base de óxido de zinc eugenol han sido los más utilizados a nivel mundial por su adecuada plasticidad, consistencia, eficacia selladora y escasa alteración volumétrica, que presentan posterior al fraguado (Tyagi S et al. 2013). Un punto negativo a considerar que está relacionado a la odontología adhesiva contemporánea, es que el eugenol podría interferir con la polimerización de los materiales resinosos adhesivos de restauración coronaria, que se utilizan posterior al tratamiento endodóntico (Marín-Bauza G et al. 2012).

B.3- Cementos selladores a base de hidróxido de calcio

Las pastas de hidróxido de calcio se han utilizado como medicamento intraconducto en el manejo de exudados, para tratar reabsorciones radiculares internas y externas, como agente bactericida y en perforaciones radiculares, entre otras indicaciones (Briseño et al 1992). Manhart, citado por Briseño et al , en 1974 propone el uso de un agente para pulpotomías a base de hidróxido de calcio como un sellador de conductos radiculares permanente. El inconveniente de este material es que se reabsorbe, por lo tanto no puede usarse para sellado permanente.

Desde entonces se han comercializado varios selladores basados en hidróxido de calcio, en busca de proporcionar las propiedades antibacterianas y osteogénicas del Hidróxido de calcio, en un sellador endodóntico, por ejemplo: Sealapex® (Kerr/Sybron, Romulus, MI EEUU), Calciobiotic o CRCS® (Hygienic, Akron, OH. EEUU), Apexit® (Vivadent/Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) y Sealer 26® (Dentsply Industria e Comércio Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil). Estos selladores se promocionan por ejercer un efecto terapéutico debido a su contenido de hidróxido de calcio. Sin embargo para que el hidróxido de calcio sea eficaz, debe disociarse en ion calcio y oxhidrilo. Esto genera la preocupación de que se disuelva el contenido sólido del sellador y deje espacios en la obturación, debilitando por tanto, el sellado del conducto radicular (Tagger et al 1988).

B.4- Cementos Selladores de Ionómero de Vidrio

El cemento de ionómero de vidrio fue introducido por Wilson y Kent en 1970 como material de restauración por su capacidad de unirse químicamente a la dentina. Pitt Ford propuso el uso del ionómero de vidrio como sellador endodóntico en 1979, pero fue en 1991, que el ionómero de vidrio fue introducido por primera vez como un cemento sellador endodóntico por la compañía ESPE llamado Ketac-Endo® (ESPE/Seefeld, Alemania). Se sugirió inicialmente que el cemento se utilice con un cono único sin la condensación lateral convencional con la idea de disminuir la posibilidad de crear fracturas radiculares (Leonardo et al 1998). Entre las ventajas de este material se mencionan la adhesión a la dentina, por lo que se adapta a las paredes del conducto, radiopacidad similar al del cemento de Grossman, contracción mínima, excelente estabilidad dimensional, buen sellado y escasa irritación tisular (Leonardo et al 1997). Sin embargo su principal desventaja es la dificultad de ser retirado del conducto radicular en caso de ser necesario un retratamiento, ya que hasta ahora no se conoce solvente alguno para los ionómeros de vidrio (Ingle et al 1996).

B.5- Cementos Selladores a Base de Resina

Los cementos selladores a base de resina han sido introducidos en la práctica endodóntica por sus características favorables, como la adhesión a la estructura dentaria, prolongado tiempo de trabajo, facilidad de manipulación y buen sellado (Azar et al 2000). Algunos selladores endodónticos a base de resina disponibles en el mercado actualmente son: Diaket® (ESPE/Premier, Alemania/EEUU), AH26® (DeTrey/Dentsply, Ballaigues, Suiza), Topseal® (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suiza) y AH-Plus® (DeTrey/Dentsply, Ballaigues, Suiza) (Spangberg et al 1998). Estos selladores a base de resina no contienen eugenol y presentan adecuado tiempo de trabajo, fácil manipulación y buen sellado (Resende LM et al. 2009). AH-Plus® (Dentsply Maillefer) es un sellador compuesto por resina epóxica y aminas, introducido en el mercado en 1997. Se ha demostrado que AH Plus® -sellador Gold Standard de la literatura- presenta adecuado sellado, estabilidad dimensional, alta radiopacidad y polimerización sin formación de formaldehído y propiedades autoadhesivas (Hubbe L et al, , 2016). Por estos motivos, AH

Plus se convierte en el sellador endodóntico más utilizado.

B.6- Selladores biocerámicos: origen, evolución, actualidad

En 1993 se desarrolló el primer cemento biocerámico a base de trióxido mineral agregado (MTA) para la obturación retrógrada de los conductos radiculares como alternativa a la amalgama y el super EBA (Torabinejad 1993) y para el sellado de perforaciones accidentales del conducto radicular (Lee et al. 1993, Zafar et al. 2020). MTA es un cemento bioactivo con capacidad para inducir la formación de nuevo tejido mineralizado, lo que hace que este material sea biológicamente aceptable para retro - obturaciones en cirugías apicales, y para el tratamiento de apexificación y endodoncia regenerativa en dientes con ápices inmaduros (Bakland L et al. 2012). Su mecanismo de acción se basa en la liberación de iones calcio que activan la adhesión y proliferación celular, y por su pH elevado se crea un medio antibacteriano (Porter et al. 2010). Posteriormente, aparecieron en el mercado otras formas comerciales, como MTA Angelus®, con similares propiedades químicas al MTA original con bismuto para aumentar su radiopacidad (Oliveira et al. 2007). En el año 2009 se presentó Biodentine® (Septodont, Saint Maur-des-Fosses, Francia), un nuevo cemento bioactivo, sustituto de la dentina, compuesto principalmente por silicato tricálcico (Camilleri et al, 2013). Las propiedades biológicas y físicas mejoradas posibilitaron que Biodentine presente una resistencia física mejorada, Biodentine presenta una resistencia a la compresión significativamente mayor que MTA White (Elnaghy 2014). Además, su micro-dureza, resistencia a la flexión, capacidad de sellado, fuerza de adhesión y liberación de iones de calcio son notablemente superiores en comparación con otros cementos a base de silicato tricálcico (S. Rajasekharan et al. 2018). Una de las ventajas de Biodentine es que el tiempo de fraguado es de 15 minutos, resultando más corto respecto al de MTA que fragua en 4 horas (Darvell y Wu 2011) y su estabilidad del color en el tiempo (Kohli et al. 2015).

Posteriormente, se desarrollaron los selladores a base de biocerámicos, indicados para la obturación permanente del conducto radicular en combinación con conos de gutapercha, diseñados para usarse mediante la técnica de cono único o compactación lateral (Camilleri, 2013), que actualmente se conocen como selladores hidráulicos. El primer sistema hidráulico

premezclado y listo para usar se desarrolló en base de silicato de calcio y fue introducido en 2007 por una empresa canadiense Innovative BioCeramix, Inc., Vancouver, el material se comercializó como iRoot SP sellador de conductos radiculares inyectable (iRoot®SP). Desde 2008, el sellador premezclado que está disponible en América del Norte es el de Brasseler USA, conocido como EndoSequence® BC Sealer™, el cual se convirtió en el Gold Standard de los SB. Recientemente, este material también ha sido comercializado en Europa como TotalFill® BC Sealer™ por FKG Dentaire, Suiza. Los materiales son envasados en jeringas precargadas y se suministran con puntas desechables, siendo además los tres materiales iguales en composición química (silicatos de calcio, óxido de circonio, calcio fosfato monobásico y rellenos), poseen la mismas propiedades fisicoquímicas y biológicas, características de manipulación, y son clínicamente eficaces (Trope et al 2015, Debelian et al 2016, Silva et al 2020). BioRoot RCS (Septodont, SaintMaur-des-Fosses, Francia), en cambio se presenta en forma de polvo y líquido. El polvo contiene óxido de circonio como radiopacificador y un polímero biocompatible hidrofílico para mejorar la adherencia, y el líquido contiene principalmente agua y cloruro de calcio que acelera el fraguado. BioRoot RCS mostró un sellado hermético con la dentina y la gutapercha, y una radiopacidad adecuada (Xuereb et al 2015).

Los biocerámicos (BC) son materiales cerámicos, inorgánicos, no metálicos y biocompatibles diseñados para uso médico y odontológico. Están constituidos por alúmina, circonio, vidrio bioactivo, cerámica de vidrio, silicato de calcio, hidroxiapatita y fosfatos de calcio reabsorbibles (Camilleri 2014). De acuerdo a la interacción que tienen con los tejidos se pueden clasificar como:

- Bioinertes: No interactúan con los sistemas biológicos (alúmina y circonio producen una respuesta insignificante en el tejido circundante)
- Bioactivos: Son aquellos que no se degradan pero interactúan con el tejido circundante (vidrio, fosfato de calcio, hidroxiapatita)
- Biodegradables: Son solubles o reabsorbibles. (Espinoza et al 2020)

El sellador BC se diferencia de un sellador tradicional por ser hidrófilo, por lo tanto la humedad en el conducto y los túbulos dentinarios representan una ventaja, a diferencia de la mayoría de los selladores, donde la humedad es perjudicial para su rendimiento. Además,

el sellador se expande ligeramente y es insoluble en los fluidos tisulares (Camilleri J 2015).

Los selladores biocerámicos son bioactivos porque interactúan con el tejido circundante y estimulan el proceso fisiológico del hueso y la mineralización de la estructura dentinaria (Camps, 2015). Por sus propiedades bioactivas tales como la biocompatibilidad, la formación de hidroxiapatita, mineralización de la estructura dentinaria, pH alcalino y propiedades de sellado; se crea un entorno favorable para la cicatrización periapical (Dimitrova-Nakov, 2015). El calcio, el silicio y el carbonato difunden en los túbulos dentinarios, lo que resulta en la formación de una “zona de infiltración marginal”, otorgando alta resistencia a las microfiltraciones y anclaje micro-mecánico mediante la precipitación de estos iones en la entrada de los túbulos dentinarios. Al igual que otros cementos biocerámicos, no se reabsorben, no se contraen, sino que poseen una pequeña expansión durante su fraguado (Viapiana et al. 2014). No obstante, la penetración del material sellador en los túbulos dentinarios puede dificultar el retratamiento endodóntico por su bloqueo, afectando la recuperación de la pared dentinaria (Zhou H et al 2013).

Según Al-Haddad A et al (2016), el mecanismo exacto de unión del sellador biocerámico a la dentina radicular se desconoce; sin embargo, los siguientes mecanismos han sido sugeridos para selladores a base de silicato de calcio:

- Difusión de las partículas de sellador en los túbulos dentinarios (difusión tubular) para producir enlaces entrelazados mecánicos.
- Infiltración del contenido mineral del sellador en la dentina intertubular, que resulta en el establecimiento de una zona de infiltración mineral producida después de la desnaturalización de las fibras de colágeno con un sellador alcalino fuerte.
- Reacción parcial de fosfato con silicato de calcio en forma de hidrogel e hidróxido de calcio, producidos a través de la reacción de los silicatos de calcio en presencia de la humedad de la dentina, lo que resulta en la formación de hidroxiapatita a lo largo de la zona de infiltración mineral.

Relacionado a este punto, y combinando estos posibles mecanismos de acción descritos anteriormente, Camilleri et al en 2015, habían explicado que los biocerámicos son materiales hidrófilos que utilizan el agua presente en los túbulos dentinarios para su hidratación. Estos selladores contienen silicato de calcio que luego de pasar por este proceso de hidratación

forma un gel de silicato de calcio o hidrogel e hidróxido de calcio. Posterior a esto, los iones de fosfato presentes reaccionan con el hidróxido de calcio produciendo la precipitación de hidroxiapatita en la interfaz dentina/material biocerámico y agua, creando no solo una unión física con el tejido dentario, sino también química. El agua generada participa nuevamente en el proceso de hidratación.

Si bien varias marcas de selladores de conductos radiculares a base de biocerámicos están disponibles en el mercado, otros aún son experimentales, y requieren más pruebas de laboratorio y clínicas para determinar su eficacia. Los cementos de silicato de calcio hidráulicos son diversos, aunque la fase de silicato tricálcico es la fase principal para estos tipos de cemento, no siempre es la única fase. Además, otras fases como el silicato di-cálcico y el aluminato tricálcico modifican la hidratación del material. La mayoría de los materiales más nuevos incluyen modificadores que pueden influir en la reacción química, o modificar las propiedades físicas y mecánicas. Los materiales se pueden mezclar con agua o bien los polvos se pueden dispersar en un vehículo no acuoso y la hidratación ocurre posteriormente a través de la interacción con los fluidos ambientales. Estos diversos tipos de silicatos de calcio hidráulicos se han clasificado en 5 tipos dependiendo del cemento y tipo de vehículo y también si incluyen modificadores o no (Camilleri 2020). Para ser clasificado como cemento hidráulico, la reacción primaria debe ser una reacción de hidratación. Así, las resinas modificadas y otros híbridos no pueden clasificarse como hidráulicos (Camilleri et al 2022).

Se pueden describir dos formas de presentación comercial de estos selladores: Polvo/Líquido y jeringa premezclada (Espinoza F et al 2020). A continuación, se exhiben algunos ejemplos de selladores biocerámicos de las mencionadas formas comerciales, respectivamente.

Selladores Biocerámicos: presentación Polvo/Líquido:

- BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Francia)
- Endo CPM (Egeo SRL, Buenos Aires, Argentina)
- Tech BioSealer Endo (Isasan SRL, Revello porro, Italia)
- ProRoot ES (Dentsply, York, USA)

Selladores biocerámicos: presentación Jeringa Premezclada:

- EndoSequence BC Sealer Hi-Flow (Brasseler USA, Savannah, USA) –
- EndoSeal MTA (Maruchi, Wonju, Corea)
- iRoot SP (Innovate Biocermaix, Vancouver, Canadá)
- TotalFill BC Sealer (FKG Dentaire, SA La Chaux-de-Fonds, Suiza)
- Bio-C-Sealer (Angelus, Londrina PR, Brasil)
- CeraSeal (Meta Biomed, Corea)

De todos los selladores hidráulicos que existen en el mercado mundial, hay 3 que están disponibles en nuestro país; Bio-C Sealer (Angelus), CeraSeal (MetaBiomed) y BioRoot (Septodont)

Bio-C Sealer (Angelus) (Drukteinis y Camilleri 2021)

El Sellador Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brasil) es un sellador, premezclado, listo para usar, inyectable, material hidráulico a base de silicato de calcio desarrollado para la obturación y sellado permanente del tratamiento de conductos. El Sellador Bio-C Sealer, viene disponible en una jeringa precargada, y está compuesto por silicatos de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de circonio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agentes dispersantes. En general, aproximadamente el 65% del material está compuesto por partículas biocerámicas, mientras que el polietilenglicol se utiliza para lograr la viscosidad del material y facilitar su remoción y limpieza después de los procedimientos de obturación. Según el fabricante, su bioactividad se atribuye a la liberación de iones de calcio que estimulan la formación de tejido mineralizado. Sin embargo, hasta la fecha, pocos estudios han evaluado sus efectos sobre los tejidos periapicales y células relacionadas. El tiempo de trabajo es de 60 minutos; el tiempo medio de fraguado es de 120 min (máximo hasta 240 min o 4 hs) después de la inserción en el conducto radicular y depende en gran medida de la humedad dentro del conducto radicular. El material es altamente alcalino—pH 12.5, tiene alta radiopacidad (equivalente a 7 mm de escala de aluminio), no se contrae durante el fraguado, y no es soluble ni absorbible. Según el fabricante, el sellador puede utilizarse con

diferentes técnicas de obturación del conducto radicular, incluyendo un cono único. Se recomienda encarecidamente no secar en exceso el conducto radicular con puntas de papel, ya que la humedad de los túbulos dentinarios se necesita para iniciar la reacción de fraguado del material. Se puede quitar el material del conducto radicular durante el retratamiento endodóntico, usando técnicas convencionales de eliminación de gutapercha. Se recomienda no almacenar el sellador en el refrigerador.

CeraSeal (Meta Biomed) (Drukteinis y Camilleri 2021)

CeraSeal (Meta Biomed Co., Cheongju, Corea) es un sellador endodóntico premezclado que contiene silicatos de calcio, óxido de circonio, y agente espesante. Según el fabricante, CeraSeal es un sellador hidráulico a base de silicato de calcio, que posee un sellado superior. La humedad en los túbulos dentinarios y la reacción química del silicato de calcio produce cristalización del hidróxido de calcio. El material garantiza el cierre hermético del conducto radicular y previene la entrada y propagación de bacterias. El material es dimensionalmente estable, no se contrae ni se expande en el conducto radicular, y previene de fisuras o fracturas de raíz por mantener su volumen estable. La técnica de cono único de obturación se puede utilizar con este material. Debido al tiempo de fraguado más corto, el material es altamente resistente al lavado. CeraSeal induce un alto grado de liberación de Ca^{2+} . Este producto tiene como característica endurecer lentamente, por absorber el agua ambiental dentro del conducto radicular. Es blanco y estético. El tiempo de fraguado de CeraSeal es de aproximadamente 3,5 h, el material posee un alto pH de 12.73, fluidez— 23 mm, y radiopacidad (equivalente a 8 mm de Al). El material se vende en paquetes de jeringa premezclada de 2 g. con puntas de plástico para llevar el material al interior del conducto. Según el fabricante, la composición y las propiedades de CeraSeal son muy similares a iRoot®SP, aunque 1,3-propanodiol en lugar de fosfato de calcio monobásico e hidróxido calcio se utiliza en CeraSeal.

BioRoot (Septodont) BioRoot™ (Drukteinis y Camilleri 2021)

BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francia) es la nueva generación de sellador para conductos radiculares que se beneficia de la tecnología de biosilicato activo. Esta tecnología única permite transformar la materia prima en el silicato tricálcico puro, sin presencia de aluminato y sulfato de calcio en el producto final. BioRoot™ RCS es un cemento hidráulico, comercializado desde 2015 y presentado en forma de polvo compuesto de silicato tricálcico, óxido de circonio; y un líquido, que es principalmente a base de agua con adiciones de cloruro de calcio y un polímero soluble en agua. BioRoot™ RCS ha sido reportado por inducir in vitro la producción de factores de crecimiento angiogénico y osteogénico por células del ligamento periodontal humano; además, su citotoxicidad es más baja que la de otros selladores de conductos radiculares convencionales, y tiene actividad antimicrobiana. BioRoot™ RCS está libre de monómeros, es altamente biocompatible. Las propiedades antimicrobianas de BioRoot™ RCS previenen el crecimiento bacteriano. Además, la cristalización de BioRoot™ RCS crea un sellado hermético dentro de los túbulos dentinarios y esto mejora la resistencia a la microfiltración. BioRoot™ RCS es bioactivo estimulando el proceso fisiológico óseo y la mineralización de la estructura dentinaria. Por lo tanto, crea un entorno favorable para la cicatrización periapical y propiedades bioactivas incluyendo biocompatibilidad, formación de hidroxiapatita, mineralización de la estructura dentinaria, pH alcalino y propiedades de sellado.

BioRoot™ RCS fue diseñado para ser utilizado mezclando manualmente la parte de polvo (1 cuchara) con la parte líquida (5 gotas) por espátula simple; el tiempo de trabajo es de unos 15 min y el tiempo de fraguado es inferior a 4 h en el conducto radicular. Además, BioRoot™ RCS mostró un sello hermético con la dentina y la gutapercha y una radiopacidad adecuada (5 mm de aluminio). La pasta mezclada es de consistencia suave con buen flujo que aumenta aún más después de la colocación en el conducto radicular (a temperatura corporal). BioRoot™ RCS fue diseñado para simplificar las técnicas de obturación del conducto radicular, por la facilidad de mezcla y uso, su consistencia optimizada, y eliminación de la necesidad de usar técnicas de gutapercha caliente. Se ha propuesto que BioRoot™ RCS solo debe usarse con técnicas de obturación en frío de conductos radiculares, ya que el calor generado durante la obturación termoplástica puede afectar negativamente la fluidez y el espesor de la película del material. En los últimos tiempos, la técnica de CU fue sugerida para su uso con cementos

hidráulicos de silicato de calcio.

C-Técnicas para la obturación del sistema de conductos radiculares

Idealmente, la obturación del conducto radicular debe sellar todos los orificios que conducen al periodonto, no tener vacíos, adaptarse a la paredes del conducto radicular instrumentadas y terminar en la longitud de trabajo adecuada. Varias de estas técnicas han mostrado tasas de éxito comparables con respecto a la reparación ósea apical o la curación de lesiones perirradiculares. Diferentes técnicas de obturación fueron descritas como las más elegidas y aceptadas, en una edición de “Collegues for Excellence” de la Asociación Americana de Endodoncia en el año 2009, titulada “Obturation of Root Canal Systems”, dentro de los cuales se mencionan:

- **Cono Único (CU):** un cono maestro/principal correspondiente al calibre del tamaño final de la instrumentación y a la longitud del conducto recubierto con sellador es insertado en el conducto.
- **Compactación o Condensación Lateral (CL):** un cono maestro correspondiente al calibre del tamaño final de la instrumentación y a la longitud del conducto recubierto con sellador es insertado en el conducto y es compactado lateralmente con espaciadores y relleno con conos accesorios adicionales.
- **Compactación Vertical Caliente (CVC):** un cono maestro correspondiente al tamaño final de la instrumentación y de la longitud del conducto es colocado recubierto con sellador, es calentado y compactado verticalmente con atacadores, hasta que el segmento de los 3-4 mm apicales del conducto es obturado. Entonces, el remanente del conducto radicular es obturado (tercio coronario y medio) de apical a coronario usando trozos de gutapercha caliente. Puede realizarse manualmente, o con dispositivos diseñados para este fin. Hoy se recomienda el uso de dispositivos específicos dado que el control de temperatura de calentamiento de los atacadores es más controlado y seguro.

- Onda Continua (OC): La onda continua es una variable de la compactación vertical caliente (CVC). Se utilizan dispositivos comercialmente disponibles tanto para CVC como OC, como el System B (Sybron Endo, Orange, Calif.) y la unidad de obturación Elements™ (Sybron Endo, Orange, Calif.), Calamus Dual (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Okla), Fast Pack (Eighteeth, China), entre otros, y luego realizar la obturación de la porción remanente del conducto radicular usando dispositivos de inyección como el sistema Obtura (Obtura, Spartan, Earth City, Mo), la unidad de obturación Elements™ (Sybron Endo, Orange, Calif.), Hot Shot (Discus Dental, Curver City, Calif.), etc.

- Lateral Caliente (LC): Un cono maestro correspondiente al tamaño final de la instrumentación del conducto recubierto con sellador es insertado en el conducto, calentado con un espaciador caliente, compactado lateralmente con espaciadores y rellenado con conos accesorios adicionales. Algunos dispositivos usan vibración ultrasónica, además del espaciador caliente.

- Técnicas de inyección (TI): El material de relleno precalentado y termoplastizado es inyectado directamente dentro del conducto radicular. El cono maestro no es usado, pero el sellador es colocado dentro del conducto antes de la inyección. Esta técnica se realiza con los sistemas de obturación Obtura (Obtura, Spartan, Earth City, Mo), Ultrafill (Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, Ohio), Calamus® (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA), FastFill (Eighteeth, China), entre otros.

- Termo-Mecánica (TTM): Un cono recubierto con sellador es colocado en el conducto radicular, es enganchado con un instrumento rotatorio que por fricción lo calienta, lo plastifica y lo compacta en el interior del conducto.

- Técnica basada en transportadores (carriers): la gutapercha caliente presentada en un transportador plástico es llevada directamente al conducto como obturación del mismo. Ejemplos son: Thermafil® (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Okla), RealSeal 1™ (Sybron, Orange, Calif.), Densfil™ (Dentsply Maillefer, Tulsa, Okla) y Soft-Core® (Axis dental,

Coppell, Texas) y Guttacore (G) (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Okla), y actualmente con algunos cambios, Guttacore (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza)

- **Pastas:** Las obturaciones con pastas han sido usadas en diversas aplicaciones. Cuando se las utiliza como material de obturación definitiva sin un material que ocupe el núcleo, son consideradas generalmente como menos exitosas y no ideales.
- **Barrera Apical:** Las barreras apicales son importantes para la obturación de conductos de raíces inmaduras con ápices abiertos. El material de elección es el agregado trióxido mineral (MTA).

Tradicionalmente en la técnica de compactación lateral se utiliza un núcleo de gutapercha y conos accesorios, junto a un sellador que rellena los espacios entre estos conos y la pared dentinaria. El sellador (en base a resina epóxica, óxido de zinc eugenol o hidróxido de calcio) se contrae durante el fraguado y, para minimizar esto, la cantidad de sellador debe ser del menor espesor posible (Camilleri J 2015). La preparación con un instrumento de conicidad constante permite dar al conducto radicular una forma predecible y reproducible por el cono de gutapercha correspondiente, y se genera una hidráulica superior respecto a preparaciones con conicidades variables. Esta técnica logra un estrecho vínculo entre la pared del conducto radicular y el cono maestro (Zavattini et al 2020).

La técnica de obturación con un solo cono a menudo se ha considerado inadecuada debido al potencial de filtración apical (Pommel et al 2001). Sin embargo, con la reciente llegada de los selladores endodónticos biocerámicos o también denominados actualmente “cementos hidráulicos”, su aceptación ha aumentado debido a sus aparentemente mejores propiedades (Guivarc’h L et al 2020). La posibilidad de que se inicie un proceso de disolución del material en el tercio apical puede contribuir al re-crecimiento de microorganismos y la reinfección. Sin embargo, parece que la solubilidad de un sellador a base de silicato de calcio está vinculada a un resultado biológico positivo. En la técnica de cono único, el conducto radicular generalmente se obtura con un cono ajustado, el que mejor se adapte a la forma (calibre cónico y apical) del último instrumento rotatorio utilizado en combinación con una

gran cantidad de sellador (Heran J et al 2019).

C.1- Técnica de Cono Único (CU)

En la técnica de cono único, se obtura con un cono único de gutapercha y sellador el conducto principal, previamente instrumentado. Actualmente con la introducción de nuevas técnicas de instrumentación rotatoria y nuevos materiales para el sellado radicular, esta técnica es nuevamente preconizada como una alternativa para la obturación en el tratamiento endodóntico. El uso de selladores biocerámicos, con propiedades mejoradas respecto a otros grupos de selladores fomentan el uso de esta técnica con resultados exitosos similares a los descritos en la literatura endodóntica con otras técnicas (Chybowski, E. A. et al 2018).

C.2- Técnicas de obturación termoplásticas

Contrariamente a los fundamentos de la técnica de cono único, existen estudios que describen la solubilidad y la desintegración de los distintos selladores endodónticos, por lo cual sería recomendable que la obturación del conducto radicular contenga, en su mayor proporción gutapercha, acompañada solamente por una película delgada de sellador, debido a la estabilidad dimensional y durabilidad en el tiempo de la gutapercha. (Kaplan et al. 1997) (Tay et al. 2007) . Se han desarrollado diferentes técnicas con el fin de plastificar la gutapercha y poder compactarla en el interior de los conductos radiculares, haciendo de este modo que éste se rellene principalmente con gutapercha, y sea necesario una menor cantidad de sellador endodóntico, para compensar los espacios vacíos, contrariamente a lo que ocurre en la técnica de compactación lateral o la técnica de cono único. La importancia de reducir la cantidad de sellador estaría justificada, ya que se ha demostrado que la filtración bacteriana ocurriría en la interfaz sellador y gutapercha o entre el sellador y la pared dentinaria. (Kontakiotis et al. 1997)

Las dos técnicas termoplásticas más utilizadas, y que difieren entre sí, ya que presentan principios diferentes aunque con el mismo fin de obturar tridimensionalmente el conducto radicular con material más estable como la gutapercha son: la técnica de compactación

vertical/onda continua y la técnica a base de transportadores o carriers.

C.2.1- Técnica de Compactación vertical caliente y/u onda continua

La técnica de onda continua, es una variable de la técnica de compactación vertical descrita por Schilder, por lo tanto es una técnica de compactación vertical, o bien una variable de la misma. La compactación vertical de la gutapercha caliente, produce una obturación más homogénea y densa (Nelson et al. 2000), mejorando así las condiciones de la obturación (Lea et al. 2005). Esta técnica consiste en plastificar la gutapercha en el interior del conducto. Para lograrlo, se introduce un atacador caliente hasta 5 mm de la longitud trabajada, se retira la gutapercha coronal con el mismo atacador caliente y se compacta el remanente apical termoplastificado con un atacador frío, logrando una mejor adaptación del material a las anfractuosidades anatómicas del tercio apical y conductos laterales (Goldberg et al. 2001). Para ejecutar esta técnica, primero, se selecciona el atacador del equipo de obturación, el cual debe llegar dentro del conducto a una profundidad de 5 mm más corta de la longitud de trabajo. Para marcar esta referencia puede usarse un tope de silicona. Luego, se cubren las paredes del conducto con sellador, y el cono principal de gutapercha, previamente seleccionado, es introducido en el conducto a la longitud de trabajo. Se corta el cono en la entrada del conducto con el atacador y se compacta verticalmente con otro atacador frío en la entrada del conducto radicular. Posteriormente, con presión sostenida, el atacador del equipo, activado con calor, es llevado dentro del conducto hasta la longitud predeterminada (5 mm de la longitud de trabajo) durante unos segundos. Luego se desactiva el dispositivo, para enfriar la punta, manteniendo una ligera presión apical durante 10 segundos aproximadamente. Se activa nuevamente el dispositivo para poder retirarlo del conducto junto con la gutapercha coronaria y media, e inmediatamente se compacta la gutapercha apical termoplastificada apical con un atacador frío, que había sido pre-seleccionado. El resto del conducto, en el caso que sea necesario, puede ser obturado con un sistema de gutapercha inyectable, o bien un poste de fibra en caso de hacer restauración inmediata. Por otra parte, se ha demostrado que una mejor adaptación y homogeneidad de la obturación disminuye la filtración bacteriana, en comparación con técnicas de cono único (Monticelli et al. 2007).

Para ejecutar la técnica descrita, se utilizan aparatos y dispositivos que permiten calibrar la temperatura de los atacadores, que en general se programan entre 180°C y 200°C. En un principio, surgieron los sistemas Touch'n Heat[®] (SybronEndo, Orange, CA) y System B[®] (SybronEndo, Orange, CA), logrando una obturación más homogénea de la gutapercha. A comienzos del 2007, apareció en el mercado DownPack[®] (Hu-Friedy, Chicago, IL), un sistema de obturación similar a EndoTwin (MDCL, Amsterdam, The Netherlands), previamente difundido en Europa, el cual incorporó vibración sónica a las puntas calientes. Actualmente, en el mercado se dispone de estos dispositivos y numerosos sistemas de diferentes marcas que en su mayoría presentaron sus modelos inalámbricos en los últimos años. Calamus Dual (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suiza) es uno de los populares utilizados para llevar a cabo esta técnica.

Se ha comprobado que la temperatura real a la que llega el atacador caliente al conducto es menor a la establecida en el display del equipo (Blum et al 1997, Venturi et al 2002). Algunos estudios han considerado y estudiado el efecto del calor generado en estas técnicas termoplásticas sobre el tejido periodontal y el hueso circundante (Lee et al 1998, Romero et al 2000). La variación de la temperatura generada sobre la superficie radicular en las técnicas de compactación vertical con atacadores calientes, es muy variada según la marca del equipo utilizado y el calibre del atacador (Diegritz C et al. 2019). Cuando se estudia la temperatura generada en el tejido dentario y circundante con estas técnicas, es fundamental conocer que la temperatura máxima en el hueso alveolar que está en yuxtaposición con la raíz que se obtura con gutapercha termoplástica, se reduce en presencia del periodonto. Adicionalmente, esta temperatura máxima se reduce aún más cuando hay flujo sanguíneo dentro del ligamento periodontal. Por lo tanto, la capacidad de enfriamiento del flujo sanguíneo periodontal debe tenerse en cuenta en la investigación de la transferencia de calor durante la obturación termoplástica del conducto radicular (Cen et al. 2018)

C.2.2- Técnica basada en un Transportador.

Luego de la técnica de condensación vertical de la gutapercha caliente, han surgido numerosos y variados sistemas que emplean gutapercha termoplastificada (Goldberg et al.

2016). Entre estos sistemas se encuentra el Thermafil (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suiza), que consiste en un vástago plástico recubierto de gutapercha que, tras calentarlo en un horno especial, se inserta en el conducto radicular ya limpio y conformado (Jhonson 1978). Este sistema es predecesor del Sistema Guttacore (Dentsply Tulsa Dental Specialties, TN, Estados Unidos), que se basa en el mismo principio pero con algunas modificaciones: el vástago es de gutapercha reticulada, lo que lo hace más flexible y de fácil remoción (parcial o total). La gutapercha que recubre el vástago (forma alfa) tiene gran viscosidad, corrimiento y adhesividad, y su temperatura de fusión es de 56°C. Las obturaciones con Guttacore y Guttafusion (VDW, Alemania), ambas con vástago de gutapercha reticulada fueron homogéneas, con muy baja incidencia de espacios vacíos y sin diferencias entre ambas independientemente del sistema de instrumentación utilizado. (Schafer E et al. 2016) Con este tipo de técnicas, basadas en un obturador, se obtienen resultados similares que con la técnica de compactación vertical en cuanto a la calidad de la obturación obtenida (Faus-Llácer et al 2015, Zogheib C et al .2017, Collado-Castellanos et al 2023). Adicionalmente es una técnica más sencilla de ejecutar, por lo cual se torna recomendable para el uso clínico en conductos ovoides (LI GH et al. 2014), y en comparación con la técnica de cono único, podría esperarse un relleno del conducto radicular más favorable y con menos sellador en los conductos radiculares curvos (Neuhaus, K.W.et al. 2016). Por otra parte, dentro de los parámetros de una evaluación ex vivo, el sistema Thermafil produjo áreas rellenas con gutapercha significativamente mayores que la condensación lateral o los grupos del System B. Esto significó una reducción en la cantidad de sellador y se propone esta técnica a base de un carrier especialmente en conductos radiculares con formas irregulares (De Deus G et al. 2007).

D- Selladores en combinación con técnicas termoplásticas

La obturación del sistema de conductos involucra, como ya fue descrito anteriormente, el uso de gutapercha como material principal y selladores endodónticos con el fin de ocupar los espacios libres que no llegan a rellenar el material principal (Schafer et al 2002). Si bien, la mayoría de los selladores biocerámicos, se proponen con el uso de la técnica de obturación

de cono único en frío, son utilizados con todas las técnicas, ya sean en frío, como también termoplásticas. La técnica de obturación con cono único a menudo se ha considerado inadecuada debido al potencial de filtración apical (Pommel et al 2001). Sin embargo, con la reciente llegada de los selladores endodónticos biocerámicos o también denominados actualmente “cementos hidráulicos”, su aceptación ha aumentado debido a sus aparentemente mejores propiedades (Heran J et al 2019, Guivarc’h L et al 2020, Zavattini et al 2020).

Las técnicas termoplásticas de obturación han sido desarrolladas para que la gutapercha ocupe más espacio dentro del sistema de conductos y por consiguiente lograr una obturación tridimensional (Schilder 1967). Al plastificar la gutapercha con las técnicas de compactación vertical, la gutapercha pasa de una fase beta (fría) a una fase alfa (plastificada) para luego volver a ser beta, utilizando los dispositivos ya mencionados con sus diferentes atacadores calientes calibrados según la conicidad del conducto a obturar. El calentamiento y posterior enfriamiento que se produce durante la aplicación de los atacadores podría alterar la consistencia o propiedades de los selladores endodónticos.

La compatibilidad de un material de obturación con la técnica de obturación utilizada no es menos importante que cualquier paso del tratamiento endodóntico, en el cual la integridad, durabilidad y biocompatibilidad de la obturación del conducto radicular son esenciales para alcanzar el éxito. Pocos estudios evaluaron la compatibilidad de un sellador biocerámico con la temperatura (Alberdi et al 2021). Entre ellos, Camilleri en 2015, estudió la alteración de tres selladores a base de resina y un sellador a base de silicato tricálcico (en experimentación) y observó que el uso de sellador experimental a base de silicato tricálcico para obturaciones dió mejores resultados cuando se utilizó gutapercha fría condensada lateralmente; y adicionalmente, respecto a los selladores a base de resina propuso que deben usarse con técnicas de obturación de gutapercha termoplastizada. Contrariamente, Atmeh et al en 2017, observaron que el calentamiento no causó cambios detectables en la estructura química del sellador a base de silicato de calcio, aunque pueden ocurrir cambios microestructurales debido a la pérdida de agua. La aplicación de calor en el sellador a base de resina epoxi dentro del rango de temperatura recomendado durante 30 segundos indujo cambios mínimos en la estructura química. Sin embargo, el calentamiento a temperaturas

más altas o durante un mayor tiempo se asoció con una polimerización más temprana con cambios en la estructura química de los monómeros epoxi, los endurecedores de amina y la carga de tungstato de calcio. Estos cambios fueron dependientes de la temperatura y el tiempo, y estos últimos tuvieron un mayor impacto. Más recientemente, Heran et al en 2019 estudiaron BioRoot Sealer, Ah Plus y GuttaFlow y determinaron que la aplicación de calor afectó las propiedades del sellador y el volumen de espacios vacíos. Además, sugieren que AH Plus no debe someterse a altas temperaturas dado que sus propiedades se deterioran y el volumen de espacios vacíos aumentó. Adicionalmente, observaron que la obturación de cono único puede no ser adecuada para la obturación de anatomías complejas. Por otra parte, Qu W et al en 2016 revelaron que el sellador a base de ZOE y el sellador a base de resina AH Plus mostraron cambios aceptables en las propiedades físicas (tiempo de fraguado y flujo) a una temperatura alta. Con respecto a las técnicas basadas en obturadores o carriers, un reciente trabajo de Ahmed A et al en 2020, destacó la importancia de identificar los niveles reales de temperatura de los carriers de obturación por parte de los profesionales, y la idoneidad de conocer los selladores que van a ser utilizados a la temperatura alcanzada.

En el año 2021, Askel et al estudiaron el efecto de la aplicación de calor sobre el fraguado y las propiedades químicas del sellador HiFlow BC y lo compararon con otros selladores de conductos radiculares a base de silicato de calcio (CSBS) y resina epoxi. Utilizaron, AH Plus, BioRoot RCS (BioRoot), EndoSequence BC (EndoSequence) y HiFlow BC (HiFlow). Se evaluaron el tiempo de fraguado, la viscosidad y el flujo, y los cambios en la estructura química utilizando la espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) y concluyeron que HiFlow, EndoSequence y AH Plus se pueden utilizar con técnicas de obturación de compactación vertical caliente, dado que la aplicación de calor resultó en cambios menores en sus propiedades físicas, incluido el tiempo de fraguado, el corrimiento, la pérdida de peso y las propiedades químicas, mientras que BioRoot mostró una cantidad significativa de pérdida de peso, aumento de la viscosidad y fluidez reducida después de la aplicación de calor. Por otra parte, Yamauchi et al en 2021, estudiaron el efecto del calentamiento sobre las propiedades físicas de cuatro tipos selladores premezclados a base de silicato de calcio: Endoseal MTA, Well-Root ST, EndoSequence BC Sealer, EndoSequence BC Sealer HiFlow y AH Plus (resina epoxi). Todos los selladores de conductos radiculares calentados mostraron

disminuciones significativas en el tiempo de fraguado y el flujo, particularmente Endoseal MTA. El calentamiento de selladores de conductos radiculares a base de silicato de calcio aceleró el tiempo de fraguado, disminuyó del flujo y aumentó del espesor de la película. Sin embargo, el grado de estos cambios varió entre los productos. Los presentes hallazgos indican que los cambios inducidos por el calor en las propiedades físicas de los selladores de conductos radiculares a base de silicatos de calcio podrían afectar negativamente la calidad de la técnica de compactación vertical caliente. Respecto del efecto sobre la adhesión existen pocos o limitados estudios sobre el tema y algunos hallazgos indican, por ejemplo, como en el estudio reciente de Dewi A et al en 2022, que no hubo diferencia en la resistencia de la unión -push-out- entre los cuatro grupos de biocerámicos estudiados. En este trabajo se utilizaron premolares mandibulares humanos de una sola raíz, se obturaron, se sometieron a una prueba de adhesión con una máquina universal de prueba de push-out y se examinaron sus modos de falla bajo un microscopio.

Si bien, la mayoría de los selladores biocerámicos, se proponen con el uso de la técnica de obturación de cono único en frío, son utilizados con todas las técnicas, en frío o termoplásticas, sin demasiado respaldo científico. En el año 2020, M. Guivarc'h et al. publicaron una encuesta global realizada mediante un trabajo de investigación, relacionado al uso de selladores biocerámicos tanto por parte del odontólogo general (OG) como del especialista en endodoncia (EE). El objetivo de dicho trabajo fue obtener información sobre el uso clínico actual de los selladores biocerámicos (SB) por parte de los OG y los EE; y determinar si la aplicación clínica de SB estaba de acuerdo con los mejores resultados de evidencia disponibles. Se propuso un cuestionario en línea de 18 preguntas que abordan SB a 2335 dentistas a través de un sitio web educativo. La tasa de respuesta fue del 28,91%. Entre los encuestados, el 94,8 % conocía SB y el 51,70 % los usaban. La razón principal para usar SB fue su creencia de sus propiedades mejoradas (87,7 %). Entre los usuarios de SB, la técnica de cono único (CU) fue el método de obturación más empleado (63,3%) y más aplicado por los OG, mientras que los EE utilizaron más técnicas de obturación termoplastificadas. Una proporción del 38,4% de los usuarios de SB indicó el uso de técnica de CU independientemente de la anatomía del conducto radicular (OG más que EE). Este estudio destaca una amplia variación en el uso clínico de SB que no está de acuerdo con la literatura actual. Esta inconsistencia entre los EE

y los OD en la aplicación clínica de SB requiere más aclaraciones para estandarizar su uso y mejorar su evaluación futura.

ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN E INTERÉS EN SU REALIZACIÓN

ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN E INTERÉS EN SU REALIZACIÓN

Los selladores biocerámicos, desde su aparición en los últimos años, se han difundido en su uso clínico de manera muy vertiginosa, por sus ventajas y propiedades que favorecen sobre todo a los procesos de reparación ósea, dado que son materiales bioactivos. La mayor parte de la bibliografía y de los estudios se refieren a los materiales biocerámicos usados como cemento reparador, o sea tratamiento de perforaciones, tapones apicales, entre otros, desde la aparición de MTA en el año 1993.

Si bien, los selladores biocerámicos tienen de base la misma composición (silicato tricálcico) que los cementos biocerámicos, para poder reunir las características y consistencia de un sellador endodóntico se le adicionan otros componentes que podrían hacer que éste se comporte de manera diferente al de los cementos biocerámicos reparadores. Además al ser cementos hidráulicos, la necesidad de agua para su fraguado podría ser afectada ante la aplicación de calor de manera directa durante su utilización y previo al fraguado del mismo, que podría secar el medio que estos cementos necesitan para endurecer adecuadamente.

Debido al uso global de estos selladores biocerámicos y a la limitada cantidad de evidencia científica con respecto a su comportamiento clínico y la falta de información sobre cómo durante la obturación endodóntica podría afectarse alguna función o propiedad física de los mismos, se plantea evaluar la adhesión a la pared de la dentina y el tiempo de fraguado luego de la aplicación de calor durante la obturación endodóntica.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

- El calor generado durante la obturación con técnicas termoplásticas altera la adhesión del sellador biocerámico a la dentina radicular.
- La aplicación de calor durante la técnica de obturación acelera el fraguado del sellador biocerámico.

OBJETIVOS

- Evaluar el efecto del calor generado con dos técnicas de obturación termoplásticas en comparación con la técnica de cono único en frío, sobre la adhesión a la dentina radicular de los selladores biocerámicos en tercio apical del conducto radicular de premolares inferiores humanos extraídos.
- Evaluar el tiempo de fraguado del sellador biocerámico ante la aplicación de calor a dos temperaturas diferentes: 200°C y 90°C; y compararlo con el tiempo de fraguado del mismo sin la aplicación de temperatura, en tres escenarios ambientales diferentes.

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

El trabajo de laboratorio se dividió en dos secciones:

SECCIÓN I: Evaluación del efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas sobre la adhesión a dentina de los selladores biocerámicos.

- A- Variables
- B- Criterio de selección de la muestra
- C- Valoración de las variables
- D- Diseño de la investigación

SECCIÓN II: Evaluación del efecto de la temperatura aplicada sobre el sellador biocerámico, en su tiempo de fraguado

- A- Variables
- B- Valoración de las variables
- C- Diseño de la investigación

SECCIÓN I : Evaluación del efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas, sobre la adhesión a dentina de los selladores biocerámicos.

A- VARIABLES

Variables Independientes:

- Técnica de obturación
- Marca del sellador biocerámico

Variable dependiente:

- Adhesión del sellador biocerámico a la dentina radicular

B- CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se seleccionaron 63 premolares inferiores extraídos por razones ortodóncicas o periodontales, recolectados en la Cátedra de Cirugía de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Católica de Córdoba, Argentina. Los pacientes que asistieron a la Cátedra de Cirugía firmaron un consentimiento informado para el procedimiento de extracción de la pieza dentaria, la cual se extrajo por razones ajenas a este estudio.

Criterio de inclusión: (Figura 1)

- Premolares inferiores de 1 solo conducto radicular, confirmado radiográficamente con toma Radiográfica orto-radial y proximal, para visualizar en ambos sentidos la pieza dentaria y confirmar la presencia de 1 conducto radicular.
- Apexogenesis completa y no presentar reabsorciones y/o fisuras
- Permeabilidad del foramen (con el fin de no entorpecer la irrigación y la distribución del sellador)
- Ajuste apical inicial de una lima K #15 o #20 a nivel apical



Figura 1 – Criterio de inclusión y radiovisiografías de confirmación

Criterio de exclusión

- Pieza dentaria con tratamiento endodóntico
- Longitud radicular menor a 9mm
- Conducto calcificado
- Conducto estrecho (no deja avanzar en toda su longitud una lima K calibre #10 como mínimo)
- Conducto amplio (no ajusta una lima #40 a nivel apical desde el momento inicial)

C- VALORACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable Independiente 1(VI1)

Variable teórica	Técnica de Obturación
Definición Conceptual	Técnica utilizada para el llenado del conducto radicular según temperatura alcanzada durante su ejecución. Se emplearon tres técnicas de Obturación: Cono Único en Frío (CU), Compactación Vertical Caliente (CVC) y Guttacore (G)
Dimensiones	
Variable empírica-dato (con qué dato se midió la VI)	<p>Para CU se colocó el sellador en conducto radicular y luego el cono principal.</p> <p>Para la CVC se utilizó la técnica de onda continua con dispositivo Calamus dual. La técnica termoplástica alcanza 200°C en dispositivo que se aplica al material obturador intraconducto con el fin de plastificar la gutapercha y compactarla.</p> <p>Para la técnica de Guttacore se utilizó un obturador Guttacore que trabaja a 56°</p>
Tipo de dato	Categorico nominal

Variable Independiente 1(VI1)

Variable teórica	Marca del sellador biocerámico
Definición Conceptual	Bio C Sealer – Angelus CeraSeal – Meta Biomed BioRoot - Septodont
Dimensiones	
Variable empírica-dato (con qué dato se midió la VD)	Se obturaron los diferentes grupos con estos tres selladores biocerámicos, combinados con las 3 técnicas de obturación mencionadas.
Tipo de dato	Categorico nominal

Variable dependiente (VD)

Variable teórica	Adhesión del sellador biocerámico a la dentina radicular			
Definición Conceptual	Resistencia al desalojo del material sellador biocerámico de la pared de la dentina radicular luego de finalizada la obturación con las tres técnicas (VI), mediante el ensayo de push-out			
Dimensiones				
Variable empírica -dato (con qué dato se midió la VD)	Se registró la fuerza máxima en Newton (F-máx.) con la cual se logró el desplazamiento de los materiales de obturación para cada muestra.			
Forma de recolección del dato	Instrumento Máquina de ensayos mecánicos Instron	Observador	Autorreporte	Informante clave
Tipo de dato	Numérico de relación			

D- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño experimental verdadero de grupos paralelos

Esquema de asignación a grupos y gestión de variables

Se seleccionaron 63 premolares inferiores humanos extraídos -seleccionados según criterios de inclusión y exclusión descritos previamente - (n63). Para comenzar con la preparación de las muestras, se realizó la apertura cameral de los premolares, utilizando turbina a alta velocidad con irrigación hasta alcanzar la cámara pulpar. Una vez finalizado el acceso coronario, se verificó la permeabilidad de conducto con lima #10. La longitud de trabajo se determinó de manera visual bajo el microscopio operativo, restando 1 mm al instrumento una vez que llega al límite externo del foramen apical (Figura 2).

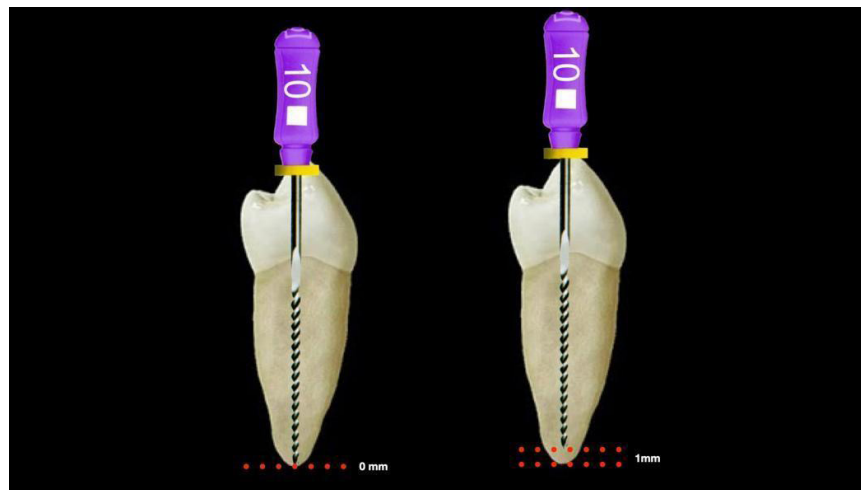


Figura 2. Determinación longitud de trabajo

Previamente a la preparación biomecánica, las raíces fueron envueltas con teflón con el fin de simular el ligamento periodontal del diente. Los 63 especímenes, se conformaron con el mismo protocolo de preparación quirúrgica con el fin de estandarizar la forma del conducto a nivel apical. Inicialmente, se trabajó con una lima mecanizada bajo movimiento recíprocante WaveOne Gold Primary, (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) (Figura 3A) de

conicidad apical 25/07 alcanzando la longitud total de trabajo, luego de 3 ingresos, alternados con irrigación de 2 ml de hipoclorito de sodio al 2,5% entre cada ingreso del instrumento y verificando permeabilidad, para evitar bloqueos. Una vez alcanzada la longitud de trabajo con la lima WaveOne Gold Primary, se repitió la secuencia de conformación/irrigación con las limas WaveOne Gold Medium, (Figura 3B) de conicidad 35/06 y posteriormente Large, de conicidad 45/05 (Figura 3C), en ese orden, con el fin de ampliar progresivamente el calibre de la preparación. Posteriormente, se instrumentó con una lima rotatoria Protaper Gold (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) F5 (Figura 3D), que presenta conicidad apical de 50/05. Con este calibre final todos los especímenes fueron estandarizados en su calibre y conicidad a nivel apical. Previamente a realizar la obturación, se irrigó con EDTAC 17% (Farmadental, Argentina) activado durante 1 minuto con el equipo sónico Endoactivator (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) seguido de Hipoclorito de Sodio al 2,5% activado durante 30 segundos. Luego, se completó la preparación biomecánica con un enjuague final con 5 ml de agua destilada estéril. Los conductos se secaron con puntas de papel absorbente estériles (Meta Biomed, Corea), de calibre #50, hasta que las mismas se observaron secas a ojo desnudo. Se probó y seleccionó un cono principal de gutapercha Protaper (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza), calibre F5 (Figura 3E), que se corresponde con la última lima que alcanzó la longitud de trabajo. Todas las unidades experimentales (UE) fueron preparadas por el mismo operador, calibrado para realizar correctamente los procedimientos.

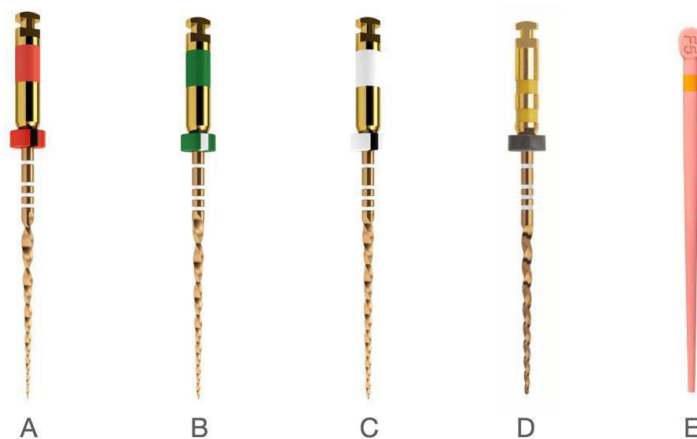


Figura 3. A, Lima WaveOne Gold Primary; B, Lima WaveOne Gold Medium; C, Lima WaveOne Gold Large; D, Lima Protaper Gold F5; E, Cono de gutapercha calibre F5.

Posteriormente, se dividieron aleatoriamente los 63 especímenes en 9 grupos de 7 (n7) según la técnica de obturación a ejecutar: Cono único en frío (CU), (Figura 4A) Compactación vertical caliente (CVC) (Figura 4B) y técnica basada en carrier - Guttacore (G) (Figura 4C); a su vez para cada técnica se utilizaron 3 selladores biocerámicos de diferentes marcas: Bio-C Sealer (Figura 5A), CeraSeal (Figura 5B) y BioRoot (Figura 5C).

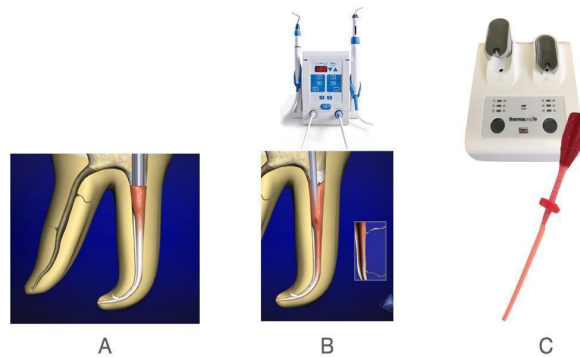


Figura 4. A, Cono único; B, Compactación vertical caliente; C, Guttacore



Figura 5. A, Sellador Bio-C Sealer; B, Sellador CeraSeal; C, Sellador BioRoot RCS

Entonces, para estudiar la adhesión (A), quedaron conformados 9 grupos de la siguiente manera:

- Grupo 1: **A-CU-BCS** (Técnica Cono Único en frío – Bio C Sealer)
- Grupo 2: **A-CU-CS** (Técnica Cono Único en frío – CeraSeal)
- Grupo 3: **A-CU-BR** (Técnica Cono Único en frío – BioRoot)
- Grupo 4: **A-CVC-BCS** (Técnica Compactación Vertical Caliente – Bio C Sealer)
- Grupo 5: **A-CVC-CS** (Técnica Compactación Vertical Caliente – CeraSeal)
- Grupo 6: **A-CVC-BR** (Técnica Compactación Vertical Caliente – BioRoot)
- Grupo 7: **A-G-BCS** (Técnica Guttacore- Bio C Sealer)
- Grupo 8: **A-G-CS** (Técnica Guttacore- CeraSeal)
- Grupo 9: **A-G-BR** (Técnica Guttacore- BioRoot)

GRUPO 1 (CU-BCS)

Los conductos se obturaron con un cono de gutapercha Protaper, calibre F5 (#50) como cono único y sellador Bio-C Sealer. El sellador biocerámico se colocó en el conducto radicular desde la porción apical hacia la entrada del conducto, dispensado por la jeringa pre-llenada y aguja plástica que viene diseñada de fábrica. Posteriormente, el cono maestro se cubrió con una capa delgada de sellador y se insertó lentamente hasta la longitud de trabajo. Se cortó el cono en la entrada del conducto, con un plugger caliente del equipo de obturación Calamus Dual (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) y compactó verticalmente con un atacador de Machtou #3 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza).

GRUPO 2 (CU-CS)

Los conductos fueron obturados con un cono de gutapercha Protaper, calibre F5 (5#0) como cono único y sellador CeraSeal. El sellador biocerámico se colocó en el conducto radicular desde la porción apical hacia la entrada del conducto, dispensado por la jeringa y aguja plástica que viene diseñada de fábrica. Posteriormente, el cono maestro se cubrió con una capa delgada de sellador y se insertó lentamente hasta la longitud de trabajo. Se cortó el cono en la entrada del conducto, con un plugger caliente del equipo de obturación Calamus Dual (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) y compactó verticalmente con un atacador de Machtou #3 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza).

GRUPO 3 (CU-BR)

Los conductos se obturaron con un cono de gutapercha Protaper, calibre F5 (#50) como cono único y sellador BioRoot. Dado que BioRoot no viene pre-cargado en jeringa, se preparó según indicaciones del fabricante y se colocó en el conducto radicular, impulsado con un espiral de lentulo accionado a baja velocidad en contra-ángulo, hasta llenar el conducto radicular con el sellador biocerámico. Posteriormente, el cono maestro se cubrió con una capa delgada de sellador y se insertó lentamente hasta la longitud de trabajo. Se cortó el

cono en la entrada del conducto, con un plugger caliente del equipo de obturación Calamus Dual (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) y compactó verticalmente con un atacador de Machtou #3 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza).

GRUPO 4 (CVC-BCS)

Los conductos se obturaron con un cono de gutapercha Protaper, calibre F5 (#50) como cono único y sellador Bio-C Sealer. El sellador biocerámico se colocó en el conducto radicular desde la porción apical hacia la entrada del conducto, dispensado por la jeringa pre-llenada y aguja plástica que viene diseñada de fábrica. Posteriormente, el cono maestro se cubrió con una capa delgada de sellador y se insertó lentamente en la longitud de trabajo. Se cortó el cono en la entrada del conducto y se atacó verticalmente con el atacador de Machtou #3 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). Luego se penetró en la masa de obturación con el plugger caliente calibre M del Equipo Calamus Dual (Dentsply Maillefer, Balagues, Suiza) hasta 5mm de la longitud de trabajo, para cortar el cono maestro a esa longitud y se compactó a nivel apical con un atacador frío de Machtou #1. El relleno de los dos tercios coronarios se realizó con la técnica de gutapercha fluida (backfill) del mismo equipo de obturación-Calamus Dual.

GRUPO 5 (CVC-CS)

Los conductos fueron obturados con un cono de gutapercha Protaper, calibre F5 (#50) y sellador CeraSeal. El sellador biocerámico se colocó en el conducto radicular desde la porción apical hacia la entrada del conducto, dispensado por la jeringa pre-llenada y aguja plástica que viene diseñada de fábrica. Posteriormente, el cono maestro se cubrió con una capa delgada de sellador y se insertó lentamente en la longitud de trabajo. Se cortó el cono en la entrada del conducto y se atacó verticalmente con el atacador de Machtou #3 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). Luego se penetró en la masa de obturación con el plugger caliente calibre M del Equipo Calamus Dual (Dentsply Maillefer, Balagues, Suiza) hasta 5mm de la longitud de trabajo, para cortar el cono maestro a esa longitud y se compactó a nivel apical con un

atacador frío de Machtou #1. El relleno de los dos tercios coronarios se realizó con la técnica gutapercha fluida (backfill) del mismo equipo de obturación-Calamus Dual.

GRUPO 6 (CVC-BR)

Los conductos se obturaron con un cono de gutapercha Protaper, calibre F5 (#50) como cono único y sellador BioRoot. Dado que BioRoot no viene pre-cargado en jeringa, se preparó según indicaciones del fabricante y se colocó en el conducto radicular, impulsado con un espiral de léntulo accionado a baja velocidad en contra-ángulo, hasta llenar el conducto radicular con el sellador biocerámico. Posteriormente, el cono maestro se cubrió con una capa delgada de sellador y se insertó lentamente hasta la longitud de trabajo. Se cortó el cono en la entrada del conducto y se atacó verticalmente con el atacador de Machtou #3 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). Luego se penetró en la masa de obturación con el plugger caliente calibre M del Equipo Calamus Dual (Dentsply Maillefer, Balagues, Suiza) hasta 5mm de la longitud de trabajo, para cortar el cono maestro a esa longitud y se compactó a nivel apical con un atacador frío de Machtou #1. El relleno de los dos tercios coronarios se realizó con la técnica de gutapercha fluida (backfill) del mismo equipo de obturación-Calamus Dual.

GRUPO 7 (G-BCS)

Se llevó el sellador biocerámico Bio-C Sealer al conducto radicular desde la porción media (como indica la técnica de Guttacore) aproximadamente hacia la entrada del conducto, dispensado por la jeringa precargada y aguja plástica que viene diseñada de fábrica. Luego, se insertó el obturador Guttacore n°50 previamente calentado en el horno Therma-Prep (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza), según lo indica el fabricante. Se cortó el carrier y los excesos en la entrada del conducto y se acomodó la obturación ligeramente en dirección vertical.

GRUPO 8 (G-CS)

Se llevó el sellador biocerámico CeraSeal al conducto radicular desde la porción media (como indica la técnica de Guttacore) aproximadamente hacia la entrada del conducto, dispensado por la jeringa precargada y aguja plástica que viene diseñada de fábrica. Luego, se insertó el obturador Guttacore nº50 previamente calentado en el horno Therma-Prep (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza), según lo indica el fabricante. Se cortó el carrier y los excesos en la entrada del conducto y se acomodó la obturación ligeramente en dirección vertical.

GRUPO 9 (G-BR)

Se preparó el sellador BioRoot según indicaciones del fabricante y se colocó en el conducto radicular, impulsado con un espiral de lentulo accionado a baja velocidad en contra-ángulo, hasta tercio medio del conducto radicular (como indica la técnica de Guttacore). Luego, se insertó el obturador Guttacore nº50 previamente calentado en el horno Therma-Prep (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza), según lo indica el fabricante. Se cortó el carrier y los excesos en la entrada del conducto y se acomodó la obturación ligeramente en dirección vertical.

Confirmación de la obturación

Se tomaron radiovisiografías post-obturación de los especímenes previo a su seccionamiento, para corroborar que la obturación fuese correcta en cada caso (Figura 6).

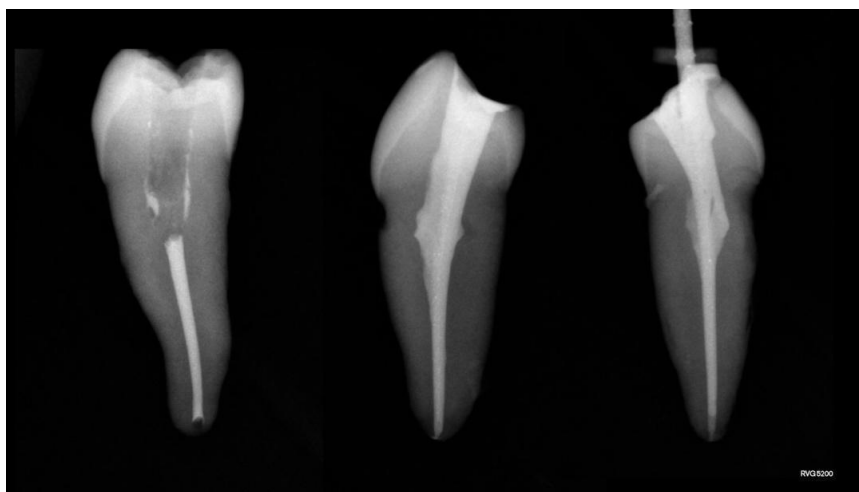


Figura 6. Radiovisiografías post-obturación

Fraguado del sellador

Los especímenes de los 9 grupos fueron envueltos en gasa húmeda en solución salina y almacenados durante 2 semanas a 37° C a 100% de humedad en una estufa calibrada (Figura 7) con los parámetros descritos, para permitir el endurecimiento completo del sellador.



Figura 7. Estufa para almacenamiento de las muestras

Seccionamiento de las muestras

Una vez fraguado los selladores de todos los grupos, se realizó el seccionamiento de los especímenes. Inicialmente los especímenes fueron incluidos en cilindros de acrílico, para facilitar el corte de los mismos (Figura 8A). Una vez polimerizado el acrílico, se procedió a realizar los cortes con la máquina MicroDisc NH 6P, (Figura 8B) bajo refrigeración

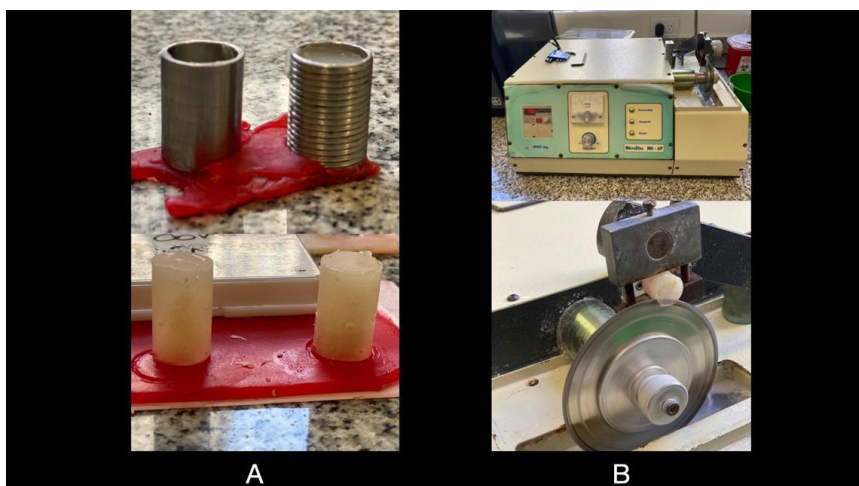


Figura 8. A, Inclusión de los especímenes en acrílico; B, Máquina de corte.

Se cortaron y descartaron los 3 mm apicales de la raíz, y posteriormente se obtuvo una sección del mm número 4 de la raíz, que se corresponde con el milímetro 3 de la preparación biomecánica (Figura 9A). Se ejecutó la prueba de adhesión, mediante la técnica de Push-out, con la máquina universal para ensayos mecánicos (Instron Corp, Japón) (Figura 9B Y 9C) sobre las secciones obtenidas (Figura 10).

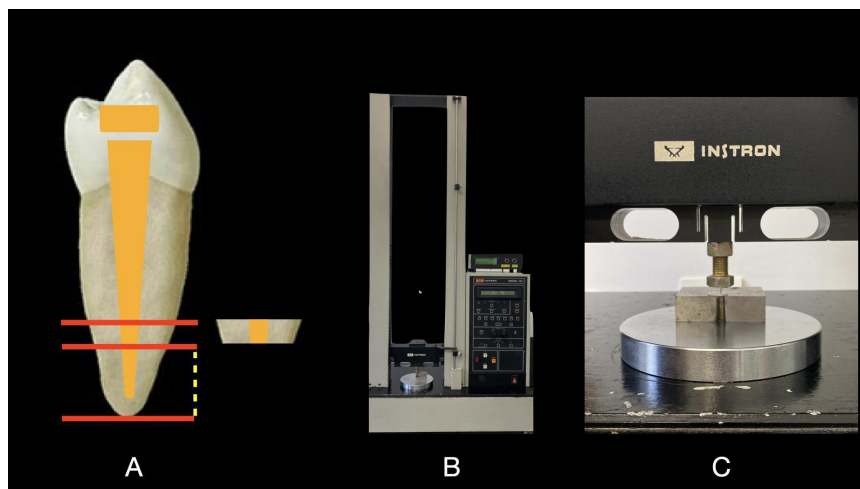


Figura 9. A, Seccionamiento de los especímenes; B Y C, Máquina Instron



Figura 10: Ejemplos de secciones, previamente a realizar la prueba de push-out

La punta utilizada en la máquina Instron fue seleccionada y previamente medida con un calibre digital (Figura 11A), para corroborar que sea compatible con el diámetro del conducto donde iba a ser aplicada (Figura 11B).

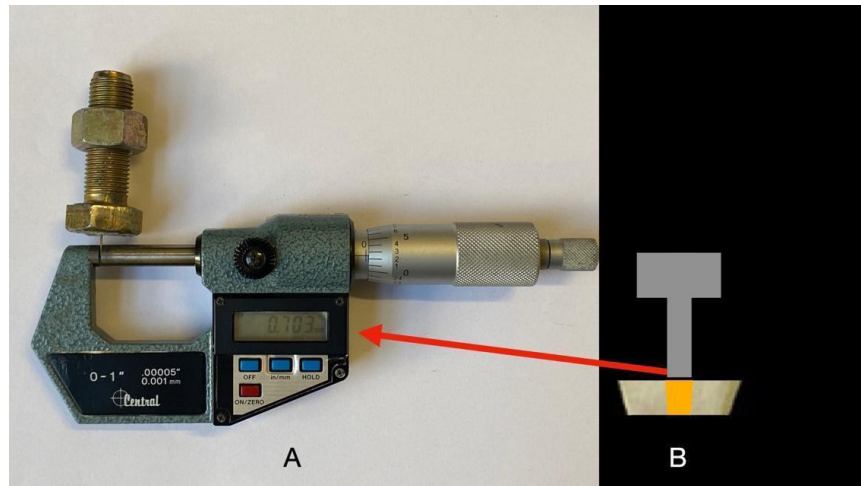


Figura 11. A, Calibre digital; B, Prueba de compatibilidad de diámetro

Registro de datos

Se registró la fuerza en Newton (N) que se necesita para desplazar la obturación de la pared dentinaria, mediante una máquina universal de ensayos mecánicos (Instron corp., Japón). Todas las maniobras fueron realizadas por el mismo operador, experimentado en el tema y previamente calibrado para realizar las prácticas. Los datos se registraron a través del software de la máquina y fueron cargados en una planilla Excel con el fin de evaluar los resultados, para posteriormente realizar el análisis estadístico.

Modo de evaluación de fallas

Después de completar la prueba de expulsión, se examinaron las muestras bajo un microscopio óptico a 100 aumentos, se fotografiaron, registraron y clasificaron en una planilla Excel tres modos de falla:

- **Adhesiva:** si el sellador estuviera totalmente separado de la dentina (superficie de

dentina sin sellador). (Figura 12A)

- **Cohesiva:** si la falla ocurriera dentro del sellador (superficie de la dentina totalmente cubierta por sellador). (Figura 12B)

- **Mixta:** cuando se produjera una combinación de los modos adhesivo y cohesivo (superficie de la dentina parcialmente cubierta por el sellador). (Figura 12C)

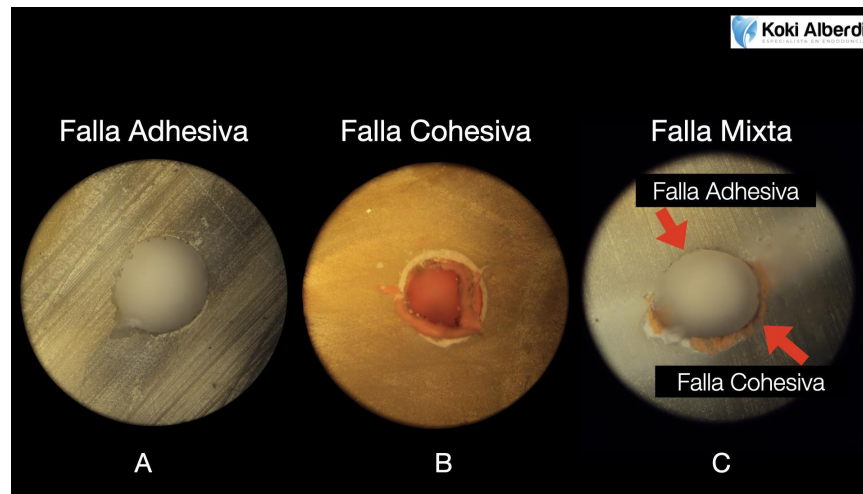


Figura 12. A, Falla adhesiva; B, Falla cohesiva; C, Falla mixta

Estos datos, junto con los obtenidos de la prueba de push-out fueron evaluados estadísticamente con el fin de obtener y analizar los resultados.

SECCIÓN II: Evaluación del efecto de la temperatura aplicada sobre el sellador biocerámico, en su tiempo de fraguado

A- VARIABLES

Variables Independientes:

Temperatura aplicada

Marca del sellador biocerámico

Variable dependiente:

Tiempo de fraguado del sellador biocerámico

B- VALORACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable Independiente 1(VI1)

Variable teórica	Temperatura aplicada
Definición Conceptual	Aplicación de temperatura sobre el sellador biocerámico. Se evaluó sin aplicación de temperatura (en frío) y luego de la aplicación de calor a 200°C y 90°C con un dispositivo de obturación endodóntica.
Dimensiones	
Variable empírica-dato (con qué dato se midió la VI)	Para la técnica en frío, se colocó el sellador en la probeta y se esperó su fraguado. Para la aplicación de 200°C y 90 °C se utilizó un atacador del equipo FastPack (Eighteeth, China) a dichas temperaturas, luego del llenado de los moldes.
Tipo de dato	Categorico nominal

Variable Independiente 1(VI1)

Variable teórica	Marca del sellador biocerámico			
Definición Conceptual	Bio C Sealer – Angelus CeraSeal – MetaBiomed BioRoot – Septodont			
Dimensiones				
Variable empírica-dato (con qué dato se midió la VD)	Se obturaron los diferentes grupos con estos tres selladores biocerámicos			
Tipo de dato	Categorico nominal			

Variable dependiente (VD)

Variable teórica	Tiempo de fraguado del sellador biocerámico			
Definición Conceptual	Tiempo necesario para lograr el endurecimiento final del sellador biocerámico			
Dimensiones				
Variable empírica-dato (con qué dato se midió la VD)	El tiempo de fraguado de cada sellador se estableció mediante el cálculo del tiempo medio transcurrido desde la mezcla hasta que la aguja de Vicat no haya podido dejar una hendidura en la superficie de las muestras.			
Forma de recolección del dato	Instrumento Aguja de Vicat	Observador	Autorreporte	Informante clave
Tipo de dato	Numérico de relación			

C- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño experimental verdadero de grupos paralelos

Esquema de asignación a grupos y gestión de variables

Se prepararon probetas cilíndricas y se dividieron en 9 grupos según el calor aplicado (en °C) y el sellador biocerámico utilizado: Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, Brasil), CeraSeal (Meta Biomed Corea) y BioRoot (Septodont, Francia).

Entonces, para estudiar el fraguado (F), quedaron conformados 9 grupos de la siguiente manera:

- Grupo 1: F-F-BCS (FRIO – Bio-C Sealer)
- Grupo 2: F-F-CS (FRIO – CeraSeal)
- Grupo 3: F-F-BR (FRIO – BioRoot)
- Grupo 4: F-200°C-BCS (APLICACIÓN 200°C – Bio-C Sealer)
- Grupo 5: F-200°C-CS (APLICACIÓN 200°C – CeraSeal)
- Grupo 6: F-200°C-BR (APLICACIÓN 200°C – BioRoot)
- Grupo 7: F-90°C-BCS (APLICACIÓN 90°C – Bio-C Sealer)
- Grupo 8: F-90°C-CS (APLICACIÓN 90°C - CeraSeal)
- Grupo 9: F-90°C-BR (APLICACIÓN 90°C - BioRoot)

Preparación de los modelos para realizar el estudio

Se instaló sobre una base de silicona, una hilera de 5 probetas de plástico de 1 cm de altura y 0.5mm de diámetro, correspondientes a cada grupo. Cada probeta de la línea, se utilizó para evaluar los diferentes momentos del fraguado, hasta alcanzar el fraguado final. (Fig.13) Cada hilera de 5 probetas, correspondió a un grupo a evaluar, según la temperatura y la marca del sellador utilizado, por lo tanto se prepararon 9 hileras de 5 probetas cada una, correspondientes a cada grupo.



Figura 13 – Hilera de probetas por grupo

El sellador biocerámico se preparó según indicaciones del fabricante y se insertó en moldes de plástico descritos, llenando las 5 probetas de cada grupo con el mismo sellador y en el mismo momento. El tiempo de fraguado se evaluó luego de 3 situaciones diferentes en relación al calor aplicado sobre el mismo:

- sin aplicación de temperatura,
- luego de la aplicación de 200°C durante 5 segundos,
- y luego de la aplicación de 90°C durante 5 segundos.

Para la aplicación de la temperatura se utilizó el dispositivo de obturación Fast-Pack (Eighteeth, China).(Fig.14)



Figura 14 – Dispositivo de obturación Fast-Pack

Teniendo en cuenta el tiempo de fraguado establecido por los fabricantes, se fue evaluando el tiempo que requirió cada grupo hasta llegar al fraguado final. Adicionalmente, con el fin de calibrar los momentos de medición, se realizó previamente una prueba piloto.

El sellador biocerámico se preparó según indicaciones del fabricante y se insertó en los moldes de plástico preparados. El tiempo de fraguado de cada sellador se estableció mediante el cálculo del tiempo medio transcurrido desde la mezcla hasta que la aguja de Vicat no haya podido dejar una hendidura en la superficie de las muestras.

La prueba de fraguado se ejecutó en 3 condiciones ambientales diferentes, para lo cual los 9 grupos se triplicaron, con el fin de evaluar el comportamiento de estos selladores biocerámicos ante distintos escenarios:

* En la **primera prueba** se evaluó a **temperatura y humedad ambientales, 20°C y 45%**, respectivamente. Las muestras se cargaron a las 8 a.m. y se realizaron las mediciones hasta las 7 p.m., y luego se retomó al día siguiente a las 8 p.m., cuando fue necesario. Se midió hasta alcanzar el fraguado final según fue descrito anteriormente.

* La **segunda prueba** de fraguado se ejecutó colocando las probetas de todos los grupos en estufa a **37°C, sin humedad**, y en este caso las muestras se cargaron 8 a.m. y se evaluaron hasta las 7.p.m. , retomando la evaluación a las 8 a.m. del día siguiente, en los casos que fue necesario.

* La **tercera prueba** de fraguado se llevó a cabo de igual forma que la segunda, pero en este caso se adicionó humedad de 95%. Se colocaron las probetas de todos los grupos en estufa a **37°C, a 95% de humedad**, y las muestras se cargaron 8 a.m. y evaluaron hasta las 7.p.m. , retomando la evaluación a las 8 a.m. del día siguiente, en los casos que fue necesario.

Para estudiar el tiempo de fraguado se utilizó la norma ISO 6876:2012 (International Standard ISO 6876:2012: Dentistry – Root Canal Sealing Materials). La determinación del tiempo de fraguado se realizó mediante una técnica de indentación con una aguja Vicat modificada con un peso de la cabeza de 100 g como sugerido por ISO 6768: 2012.(Fig.15)



Fig. 15 – Aguja de Vicat

El tiempo de fraguado de cada sellador se estableció mediante el cálculo del tiempo medio transcurrido desde la mezcla hasta que la aguja de Vicat no haya podido dejar una hendidura en la superficie de las muestras. Los datos de fraguado final se registraron en una planilla en el formato: Día/s, Hora/s, Minuto/s, para luego poder hacer la comparación.(Figura 16)

	Bio C Sealer			Cera Seal			Bio Root			
	sin temp	200°C	90°C	sin temp	200°C	90°C	sin temp	200°C	90°C	
Temp. Ambiente	29d, 11hs 707	29d, 9hs 705	29d, 9hs 705	4d, 5hs 101	4d, 6 hs 102	4d, 6hs 102	04:40	04:30	04:45	HORAS
37°	2d,23hs 71	2d, 23hs 71	2d,23hs 71	2d,5hs 53	3d, 6hs 77	2d, 23hs 71	4	3	4	HORAS
37 + humedad	23	23	23	23	4	23	4	1	3	HORAS

Fig. 16 - Recolección de datos

RESULTADOS

RESULTADOS

SECCIÓN I: Resultados sobre la Adhesión

SECCIÓN II: Resultados sobre el Tiempo de Fraguado

SECCIÓN I: Evaluación del efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas sobre la adhesión a dentina de los selladores biocerámicos

RESULTADOS

La tabla 1 y la figura 17 muestran los resultados obtenidos para los ensayos de push-out para cada grupo experimental. En general puede observarse que Bio C Sealer en todas las técnicas de obturación, CeraSeal con cono único y BioRoot con técnica de compactación vertical mostraron los valores más elevados. También es destacable la elevada desviación estándar para todos los grupos.

	Bio C Sealer			CeraSeal			Bio Root		
	CU	CVC	GC	CU	CVC	GC	CU	CVC	GC
Media	40,11	35,90	37,18	34,83	23,94	21,51	23,54	40,84	22,26
DS	31,23	24,09	21,81	19,46	18,00	21,22	15,84	29,80	20,55

Tabla 1 – Resultados de los ensayos de push-out

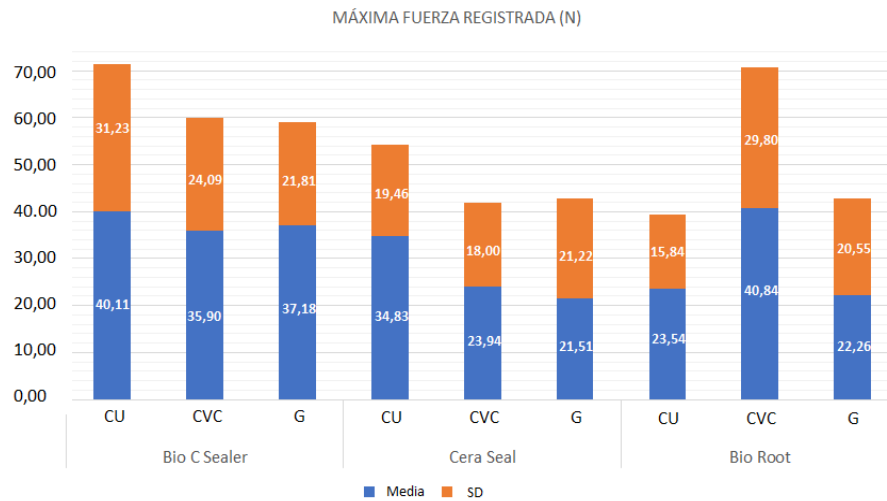


Fig. 17 – Resultados obtenidos de los ensayos de push-out – Media y DS

La Tabla 2 muestra la evaluación realizada con ANOVA para los resultados de adhesión obtenidos. Puede observarse que no se hallaron diferencias significativas para los factores sellador, técnica y su interacción ($p > 0.05$).

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	g.	Media cuadrática	F	Sig.
Sellador	dimensión 1 Valor falla	2860452,667	2	1430226,333	1,273	,288
		,381	2	,190	,216	,807
Técnica	dimensión 1 Valor falla	2375521,810	2	1187760,905	1,057	,355
		,286	2	,143	,162	,851
Sellador * Técnica	dimensión 1 Valor falla	3353860,667	4	838465,167	,746	,565
		9,048	4	2,262	2,560	,049
Error	dimensión 1 Valor falla	6,067E7	5	1123565,190		
		47,714	5	,884		
Total	dimensión 1 Valor falla	8,084E7	6			
		286,000	6			
Total corregida	dimensión 1 Valor falla	6,926E7	6			
		57,429	6			

a. R cuadrado = ,124 (R cuadrado corregida = -,006)

b. R cuadrado = ,169 (R cuadrado corregida = ,046)

Tabla 2 - Pruebas de los efectos inter-sujetos - ANOVA

De las 63 muestras analizadas, se observaron 32 fallas adhesivas, 5 cohesivas y 26 mixtas. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos del tipo de falla.

	Bio C Sealer			CeraSeal			Bio Root		
	CU	CVC	GC	CU	CVC	GC	CU	CVC	GC
Adhesiva	2	2	5	4	4	4	4	6	1
Cohesiva	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Mixta	4	4	1	2	3	3	3	1	5

Tabla 3 – Resultados del tipo de falla

Debido al tamaño de la muestra, y a que se analizaron tres factores y tres niveles de estudio, no se pudo realizar la prueba de Chi-cuadrado del conjunto de datos. De esta manera se tomó la decisión de agrupar los datos como falla adhesiva o no adhesiva, para aplicar el análisis con esta prueba. El análisis con el agrupamiento descrito no mostró diferencias estadísticamente significativas (Chi square (gl 2) = 0,86 P=0,65). (Tabla 4)

Falla	Material			Total
	Bio C Sealer	Cera Seal	Bio Root	
Adhesiva	9	12	11	32
No Adhesiva	12	9	11	31
Total	21	21	22	63

Tabla 4 – Tipo de fallas agrupados en adhesiva y no adhesiva

SECCIÓN II: Evaluación del efecto de la temperatura aplicada sobre el sellador biocerámico, en su tiempo de fraguado

RESULTADOS

Los datos recolectados se tradujeron a horas, con el fin de unificar la unidad de medición, y se transcribieron a un nuevo cuadro para poder realizar el análisis descriptivo de los mismos (Tabla 5).

	Bio C Sealer			CeraSeal			Bio Root		
	CU	CVC	GC	CU	CVC	GC	CU	CVC	GC
Temperatura ambiente	705	705	705	101	102	102	4:40	4:30	4:45
37° C	71	71	71	53	77	71	4	3	4
37° C + 95 % humedad	23	23	23	23	4	23	4	1	3

Tabla 5 – Tabla de datos finales - fraguado

Se pudo observar en los datos obtenidos, que tanto para Bio-C Sealer como CeraSeal son necesarios los parámetros de temperatura 37°C y humedad 95% para que su fraguado ocurra en un tiempo cercano o dentro de los plazos que informa el fabricante. No fue así para BioRoot, que ante los 3 escenarios ambientales, incluyendo a temperatura ambiente, tuvo una respuesta de fraguado dentro de los tiempos establecidos por el fabricante.

A **temperatura ambiente**, Bio-C Sealer fue el sellador que más tiempo necesitó para su fraguado, con más de 700 horas, seguido de CeraSeal con más de 100 horas y BioRoot con 4:40 horas promedio en las tres variantes de temperatura.

A **temperatura de 37 °C**, pero sin aplicación de humedad, en el caso de Bio-C Sealer y CeraSeal se redujo el tiempo de fraguado considerablemente, a dentro de 71 horas, con respecto a la prueba a temperatura ambiente. Sin embargo, no llegaron a los tiempos que informa el fabricante. Y sin diferencias entre las tres variantes de temperatura. En el caso de BioRoot, los valores se redujeron en parte, siguiendo dentro de los tiempos que considera el fabricante, 4 horas y en la variante de 200 °C a 3 horas.

A **temperatura de 37 °C y con aplicación de humedad 95%**, en el caso de Bio-C Sealer y CeraSeal se redujo el tiempo de fraguado acercándose los mismos a los valores que informa el fabricante, dentro de las 23 horas. En el caso de CeraSeal con aplicación de calor a 200 °C, su tiempo de fraguado fue de 4 horas. En el caso de BioRoot, los valores se redujeron levemente, siguiendo dentro de los tiempos que considera el fabricante. Se puede destacar que en grupo de BioRoot cuando se le aplican 200 °C, se observa una reducción del tiempo de fraguado a 1 hora y a 90 °C de 3 horas, demostrando en este caso que la reducción del tiempo de fraguado al aplicar temperatura fue importante. A mayor temperatura aplicada, menor tiempo de fraguado para BioRoot, en estas condiciones ambientales.

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

Los selladores de conductos radiculares se han estudiado en una serie de trabajos, ya sea colectivamente o en función de su composición, incluyendo óxido de zinc-eugenol, hidróxido de calcio, ionómero vítreo y selladores a base de resina. Sin embargo, no se ha extendido en la misma proporción una revisión de los selladores a base de biocerámicos. Es por este motivo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas sobre la adhesión a dentina y el tiempo de fraguado de los mismos. Los selladores a base de biocerámicos solo han estado disponibles para su uso en endodoncia durante los últimos 20 años, y su ascenso prominente se corresponde al mayor uso de la tecnología biocerámica en los campos de la medicina y la odontología (Al-Haddad et al 2016). El uso de selladores biocerámicos se incorporó para la obturación de los conductos radiculares, y se utilizan en combinación con gutapercha siguiendo los conceptos de la obturación endodóntica clásica, a través de las diferentes técnicas de obturación endodónticas.

Con la introducción de materiales biocerámicos premezclados, en particular EndoSequence BC Sealer (BCS) comercializado por Brasseler USA en 2008, estos materiales se han convertido en la elección de muchos profesionales. El ascenso en su utilización fue muy acentuado en la última década, como describen en 2020 Guivarc'h et al. Previamente, en 2015, Camilleri realizó un estudio de un sellador biocerámico experimental con la técnica de compactación vertical caliente y recomendó que la elección del sellador debe tenerse en cuenta al seleccionar la técnica de obturación. El uso del sellador a base de silicato tricálcico experimental se recomienda para obturaciones usando gutapercha compactada con frío lateralmente o cono único. Esta técnica, la de CU en frío fue una de las evaluadas en el presente trabajo. A raíz de trabajos similares, y la incertidumbre sobre el comportamiento de estos materiales al aplicar temperatura durante la técnica de obturación, la firma comercial Brasseler USA, presentó al mercado una versión del EndoSequence BC Sealer (gold estándar de este grupo de selladores) para uso con técnicas de obturación que apliquen calor, y fue designado EndoSequence HiFlow BC. Lo mismo hizo la firma comercial FKG Dентаire, y de su

cemento Totalfill BC Sealer, se amplió a una nueva versión HiFlow BC Sealer. Sin embargo, en 2020 Hadis y Camilleri compararon HiFlow y Total Fill BC (FKG Dentaire), y revelaron que ambos selladores eran resistentes al calor y tenían características químicas idénticas excepto por modificaciones al componente orgánico. El sellador Totalfill BC fue recomendado entonces, para su uso con la técnica de compactación vertical en caliente, y favorablemente es más económico que su versión HiFlow. Adicionalmente, Camilleri junto a Kooanankul en 2023, evaluaron la eficacia de obturación de 3 selladores biocerámicos con diferentes técnicas de obturación en frío y caliente, utilizando micro-CT y revelaron que los selladores BioRoot RCS, Totalfill BC y Bio-C Sealer, son adecuados para la obturación de sistemas de conductos radiculares simples y complejos utilizando diferentes técnicas de obturación, ya sea como único en frío como compactación vertical caliente. Si bien, en el presente trabajo los resultados fueron similares, con respecto a la compatibilidad selladores / técnica de obturación, la metodología de estudio fue diferente, por lo que no serían comparables en este caso los resultados. Por otra parte, Yamauchi S. et al en 2020, examinaron el efecto del calentamiento sobre las propiedades físicas de cuatro tipos de selladores premezclados a base de silicato de calcio de conductos radiculares: Endoseal MTA, Well-Root ST, EndoSequence BC Sealer, EndoSequence BC Sealer HiFlow y AH Plus. En este trabajo los selladores se calentaron a 100° C durante 1 min, y los cambios en el tiempo de fraguado, el corrimiento y el espesor de la película fueron evaluados. Todos los selladores de conductos radiculares calentados a 100° C mostraron disminuciones significativas en el tiempo de fraguado y el corrimiento, particularmente Endoseal MTA. El calentamiento de selladores de conductos radiculares a base de silicato de calcio aceleró el tiempo de fraguado, y aumentó del espesor de la película. Sin embargo, el grado de estos cambios varió entre los productos. Estos autores sugieren que los cambios inducidos por el calor en las propiedades físicas de estos selladores podrían afectar negativamente la calidad del tratamiento. En el presente trabajo la aplicación de temperatura fue significativa en relación al tiempo de fraguado principalmente con el sellador BioRoot. Otro punto a resaltar es que el calor que se aplica durante estas técnicas de CVC no supera los 4-5 segundos, y en este trabajo de Yamauchi se aplicó durante 1 minuto. En el protocolo realizado en el presente trabajo, se aplicó la temperatura durante el tiempo real que debe aplicarse clínicamente para no dañar el periodonto, que son 4-5 segundos, y a

esa temperatura no se observaron diferencias importantes en cuanto a alteraciones en la adhesión. Sin embargo se observaron cambios en el tiempo de fraguado de BioRoot como se mencionó anteriormente. Con otra metodología, Eid et al en 2021, estudiaron la penetración en los túbulos dentinarios de dos selladores a base de silicato, Bio -C- Sealer de Angelus y HiFlow de Brasseler, utilizados en la técnica de obturación de compactación vertical en caliente, en comparación con la técnica de cono único por microscopía de barrido láser confocal. Concluyeron que la aplicación de calor usando CVC mejoró la penetración del sellador a base de silicato de calcio en los túbulos dentinarios, sin diferencias significativas al comparar el HiFlow con el sellador Bio-C Sealer. Asimismo, estos autores sugieren que aunque los selladores biocerámicos son recomendados con la técnica de CU en frío, podría ser interesante reconsiderar la aplicación de calor durante la obturación con estos selladores. Los selladores estudiados en la presente investigación, Bio-C Sealer, CeraSeal y BioRoot, con respecto a lo evaluado y obtenido en resultados, podrían ser utilizados en las diferentes técnicas de obturación con y sin aplicación de calor como sugieren Eid et al (2021).

El sistema termoplástico Guttacore, consiste en un vástago de gutapercha reticulada recubierto por gutapercha (forma alfa) que tiene gran viscosidad, corrimiento y adhesividad, y su temperatura de fusión es de 56°C (Gutman 2019). Las obturaciones con Guttacore y Guttafusion (VDW, Alemania), ambas con vástago de gutapercha reticulada fueron homogéneas, con muy baja incidencia de espacios vacíos y sin diferencias entre ambas independientemente del sistema de instrumentación utilizado (Schafer E et al. 2016). Con este tipo de técnicas, basadas en un obturador, se obtienen resultados similares que con la técnica de compactación vertical en cuanto a la calidad de la obturación obtenida. Castagnola et al en 2018, compararon la frecuencia y el volumen de vacíos en conductos radiculares obturados con dos diferentes técnicas de obturación: cono único y Guttacore, mediante microtomografía computarizada (micro-CT). La técnica Guttacore mostró mejores resultados en el tercio coronal y medio que la técnica de cono único. Sin embargo, los resultados mostraron que el cono único y Guttacore fueron comparables en el tercio apical. La técnica a base de carrier, genera una distribución hidráulica de la gutapercha fluida (alfa) que recubre el vástago, generando una obturación mayormente de gutapercha y con una

escasa o nula película de sellador. Esta situación podría generar una menor adhesión del sellador a la pared de la dentina, como se observaron en los cortes estudiados en el laboratorio de este trabajo, donde se observó menos espesor de sellador debido a esta técnica de obturación, que justamente busca obturar mayormente con gutapercha. Lo mismo ocurrió, cuando se obturó con la técnica de CVC. Sin embargo, esta situación podría no tener significancia clínica, si el conducto radicular está herméticamente sellado, lo cual es uno de los objetivos de la obturación endodóntica. En un estudio comparativo, LI GH et al en 2014, examinaron la calidad de la obturación en conductos radiculares obturados por Guttacore, comparando la incidencia de brechas y vacíos identificados, en conductos similares obturados con compactación lateral fría o compactación vertical caliente, concluyendo que debido a la similitud en la calidad de obturación entre Guttacore y compactación vertical caliente, los profesionales pueden encontrar que la técnica Guttacore es una valiosa alternativa para la obturación de conductos de forma ovalada.

La adhesión del sellador de conductos radiculares se define como su capacidad de adherirse a la dentina del conducto radicular y promover adhesión de los conos de gutapercha entre sí y con la dentina (Sousa-Neto et al 2005). Tagger et al en 2002, argumentaron que el término adhesión debería ser reemplazado por “unión” en el caso de los selladores de conductos radiculares porque la unión entre las sustancias implica fuerzas mecánicas entrelazadas en lugar de atracción molecular. Actualmente, no se utiliza un método estándar para medir la adhesión de un sellador a la dentina radicular; por lo tanto, el potencial de adhesión del material de obturación se prueba comúnmente usando microfiltración y pruebas de fuerza de unión o push-out (Schwartz 2006).

La prueba de push-out se usa comúnmente para evaluar la resistencia al desalojo de diferentes materiales. La prueba de push-out fue la metodología elegida en la Sección I del presente trabajo para evaluar el efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas sobre la adhesión a dentina de 3 selladores biocerámicos: Bio-C-Sealer, CeraSeal y BioRoot. Si bien se ha demostrado que esta prueba no replica completamente el rendimiento clínico de los materiales de obturación del conducto radicular, sin embargo,

con el reconocimiento de sus limitaciones, dichas pruebas de empuje son adecuadas a los fines de comparar distintos materiales en situaciones similares (Pane et al 2023). Este ensayo, ha sido ampliamente utilizado para evaluar la adherencia a la dentina radicular de los materiales de obturación del conducto radicular como describen Collares et al 2015, en una revisión sistemática sobre las variables metodológicas de este tipo de estudios. Dichas variables metodológicas como sellador, material del núcleo, técnica de obturación radicular, tipo de diente, porción del diente, espesor del corte, tiempo de almacenamiento y velocidad de carga, podrían influenciar la resistencia al desprendimiento. La inclusión y la estandarización de todas las variables relacionadas podría conducir a un análisis más comparable y reproducible de la resistencia al desalojo de los selladores de conductos radiculares. Adicionalmente, Chen et al, en 2013, resaltan que el paso más crucial de este tipo de prueba se basa en la configuración experimental, refiriéndose a la relación entre el diámetro de la punta de la máquina experimental de desalojo o push-out y el diámetro de la muestra. En el presente estudio, el diámetro de la punta pasante de la máquina Instron fue medida con un calibre digital y emparejado o calibrado con el diámetro de la preparación del conducto radicular ejecutada durante la preparación quirúrgica de las muestras. Oliveira et al en 2016, describen diferentes protocolos experimentales que se establecieron en el pasado sobre la preparación del conducto radicular (diámetro y conicidad), obturación del conducto radicular, el tipo de diente y la porción, el espesor del corte, la velocidad de carga y otros parámetros que pueden ser una explicación de la variabilidad en los resultados. En el presente estudio, la selección de premolares inferiores, unirradiculares, con formación radicular completa, con ápice maduro y de diámetro de conducto apical inicial de bajo calibre (ajuste de lima #15 o #20 a nivel apical) fue determinada por estos motivos, con el fin de poder estandarizar los últimos milímetros apicales de los especímenes a través de la preparación quirúrgica de los conductos radiculares. Esta selección, buscó obtener una instrumentación reproducible hasta el tamaño apical #50 con una conicidad de .05, utilizando la lima rotatoria mecanizada Protaper Universal F5. El objetivo fue que los especímenes tuvieran esa preparación estandarizada en la porción del conducto radicular donde se realizaron los cortes, para luego ejecutar la prueba de push-out. El número muestral fue de 45 originalmente, (con 5 especímenes por grupo (n5) y luego fue ampliado a 69, con 7

especímenes por grupo (n7). Si bien se consideró ampliar aún más el número, se decidió finalmente mantenerlo en 69, dado que la variabilidad anatómica es muy difícil de estandarizar, como describe la literatura recientemente descrita. Sin embargo, con la preparación biomecánica ejecutada se buscó llevar todos los especímenes a una forma de conducto radicular estandarizado en la zona donde se realizaron los cortes a evaluar mediante la prueba de push-out. En 2021, Retana-Lobo et al., realizaron una prueba de Push-out sobre cuatro selladores endodónticos: uno a base de resinas (Ah Plus) y tres biocerámicos (EndoSequence BC Sealer; ProRoot Endo Sealer y Bio-Root RCS). El objetivo fue evaluar la fuerza adhesiva de expulsión de selladores biocerámicos premezclados y líquido-polvo con o sin cono de gutapercha. Lo interesante de este trabajo fue que observaron que la prueba de push-out sin cono de gutapercha presentó una mayor fuerza de unión para los selladores biocerámicos. Seguramente, esto puede significar la necesidad de mayores estudios con el fin de reconsiderar la utilización de estos selladores con las técnicas tradicionales de obturación endodóntica asociadas a conos de gutapercha. Donnermeyer et al en 2018 compararon la resistencia al desalojo de selladores a base de silicato de calcio (Total Fill BC Sealer, Endo CPM Sealer, BioRoot RCS) con un sellador a base de resina epoxi (AH Plus). Al igual que en el presente trabajo, utilizaron premolares mandibulares, unirradiculares de conducto recto, solo que en todos los grupos se realizó la técnica de cono único, en cambio en este trabajo, en 3 de 9 grupos se ejecutó CU. Los resultados que obtuvieron fueron que la fuerza de unión push-out de los selladores a base de silicato de calcio investigados fue menor que la fuerza de adherencia de expulsión de AH Plus (a base de resinas). Total-Fill BC mostró la mayor fuerza de unión push-out de los selladores a base de silicato de calcio. En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas entre los selladores biocerámicos en relación con la marca, la forma de presentación (premezclados o polvo-líquido), ni tampoco en relación con la técnica de obturación ejecutada, CU en frío y CVC y G con calor, aunque no se utilizó ningún sellador a base de resina como en el trabajo de Donnermeyer et al de 2018. Así mismo, Al-Hiyasat AS et al en 2019, evaluaron el efecto de las técnicas de obturación sobre la resistencia al desalojo de un sellador biocerámico premezclado (Totalfill BC) a la superficie de la dentina del conducto radicular. Compararon las técnicas de cono único, condensación lateral y compactación vertical caliente y no encontraron diferencias significativas en la fuerza

de desalojo del sellador biocerámico con ninguna de las técnicas de obturación, coincidiendo con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Por otra parte, Dewi et al en 2022, investigaron el efecto de la técnica de obturación basada en calor sobre la fuerza de unión de la biocerámica clásica y el nuevo sellador HiFlow. El estudio se realizó también sobre premolares mandibulares humanos de una sola raíz y se obturaron utilizando una de las siguientes técnicas: BC Sealer-CU; BC Sealer-CVC; HiFlow-CU; HiFlow-CVC; y AH Plus-CVC, finalizada la obturación, los especímenes se seccionaron y se sometieron a la prueba de push-out. Al igual que en el presente trabajo, no tuvieron diferencia en la fuerza de unión y de expulsión entre los cuatro grupos de biocerámica ($P > 0,05$). El modo de falla más común fue la falla mixta.

Con respecto a los modos de falla, que se evalúan en los trabajos de push-out, dependen de cómo se comporte el desprendimiento del material de la pared a evaluar. Los modos de falla que se evalúan y que fueron considerados en el presente trabajo son: Falla Adhesiva, Falla Cohesiva y Falla Mixta. Adhesiva: si el sellador estuviera totalmente separado de la dentina (superficie de dentina sin sellador); Cohesiva: si la falla ocurriera dentro del sellador (superficie de la dentina totalmente cubierta por sellador); y Mixta: cuando se produjera una combinación de los modos adhesivo y cohesivo (superficie de la dentina parcialmente cubierta por el sellador). En el trabajo de Donnermeyer et al en 2018, los resultados del análisis del modo de falla demostraron que AH Plus y Total Fill BC Sealer predominantemente mostraron modos de falla cohesivos mientras que BioRoot RCS y Endo CPM Sealer mostraron principalmente modos de falla mixtos. Para BioRoot RCS y Endo CPM la falla adhesiva fue la segunda más común. En el trabajo de Al-Hiyasat et al de 2019, citado recientemente, el modo de falla que prevaleció fue el mixto, independientemente del sellador o la técnica de obturación utilizada. Y en el estudio de Renata-Lobo de 2021, la fuerza de unión fue significativamente mayor en las muestras obturadas con BioRoot RCS que con EndoSequence BC Sealer, independientemente de la técnica de obturación y los modos de falla registrados fueron, en su mayoría, adhesivos. En el presente trabajo, no se encontraron diferencias significativas con respecto al tipo de falla, ni entre los selladores, ni tampoco entre las técnicas ejecutadas: como único en frío, compactación vertical caliente y a base de un carrier

Si bien no hubo diferencias significativas entre los grupos, del total de 63 pruebas de push-out, 32 fueron fallas adhesivas, 26 mixtas y sólo 5 fueron cohesivas. En un trabajo de 2022, Cimepan et al, se propusieron evaluar: primero, la influencia de la composición química del sellador sobre la fuerza interfacial entre la dentina del conducto radicular y el material de obturación, para dos clases diferentes de selladores endodónticos (sellador de resina de metacrilato y selladores biocerámicos). El objetivo secundario de este estudio fue evaluar los modos de falla de estos materiales y demostraron en sus resultados que no hay diferencia en la fuerza de unión entre los diferentes selladores endodónticos probados, también observaron que los selladores endodónticos tenían una mayor fuerza de adhesión a la dentina radicular que los selladores endodónticos a base de resina de metacrilato. Los resultados del análisis del modo de falla mostraron que, para dos selladores, hubo un predominio de los modos de falla cohesivos, mientras que para otros dos mostraron principalmente modos de falla del adhesivo. El modo de falla, como describen Cheng et al 2013 y Pane et al 2023, está relacionado por un lado al tipo de material, entre otros factores, pero ambos destacan la relevancia de la calibración del diámetro de punta de la máquina de desalojo, con el calibre del conducto donde se realiza el ensayo. Según lo observado durante la realización de este trabajo, probablemente cuanto más justa sea la adaptación entre la punta y el calibre del conducto, más posibilidades de tener fallas adhesivas y mixtas. Cuando la adaptación no es correcta y la punta pasa por el centro de la gutapercha o toca ligeramente el perímetro interno del sellador, las posibilidades de que la falla sea cohesiva aumentan, ya que se desprende la parte central de la obturación y quedan los bordes de la pared del conducto con el sellador endodóntico adherido, ya que la adhesión del sellador a la pared es más fuerte que a la gutapercha. En el presente trabajo solo se observaron 5 fallas cohesivas de 63 pruebas, lo cual demuestra la buena calibración de este trabajo en ese aspecto. Estas observaciones coinciden con las descritas por los autores anteriormente, sobre la importancia de calibrar adecuadamente este punto recientemente desarrollado, antes de realizar las pruebas definitivas, como se hizo y corroboró en la prueba piloto de este trabajo.

El tiempo ideal de fraguado del sellador de conductos radiculares debe permitir un tiempo de trabajo adecuado. Sin embargo, un lento tiempo de fraguado puede resultar en irritación

del tejido, con la mayoría de los selladores produciendo cierto grado de toxicidad hasta ser completamente establecido el fraguado. Si se prolonga el tiempo de fraguado, puede considerarse un tema crítico en cuanto a su aplicación clínica ya que los fluidos corporales pueden estar presentes (Versiani et al. 2016). Según los fabricantes de EndoSequence BC Sealer o iRoot SP, la reacción de fraguado es catalizada por la presencia de humedad en los túbulos dentinarios. Mientras que el tiempo de fraguado normal es de cuatro horas, en pacientes con conductos secos, el tiempo de fraguado puede ser considerablemente mayor (Q Yang et al 2013). La cantidad de humedad presente en los túbulos dentinarios de las paredes del conducto puede verse afectada por la absorción con puntas de papel (Hosoya et al 2000), la presencia de barrillo dentinario o esclerosis tubular (Paque et al 2006). Loushine et al. 2011, informaron que EndoSequence BC, requiere al menos 168 horas antes de estar completamente fraguado bajo diferentes condiciones de humedad, según lo evaluado usando el Método de la aguja de Gilmore. En el presente trabajo la determinación del tiempo de fraguado se realizó mediante la técnica de indentación con una aguja Vicat modificada, con un peso de la cabeza de 100 g como es sugerido por la norma ISO 6768: para los selladores biocerámicos estudiados: Bio C Sealer, CeraSeal y BioRoot. Zhou et al, en 2013, por otro lado, informaron un tiempo de fraguado de 2,7 horas. La reacción de fraguado de EndoSequence BC Sealer (sellador biocerámico Gold Standard), es una reacción de dos fases. En la fase I, el fosfato de calcio monobásico reacciona con el hidróxido de calcio en presencia de agua para producir agua e hidroxiapatita. En la fase II, el agua derivada de la humedad de la dentina, como así también la producida por la reacción de fase I, contribuye a la hidratación de las partículas de silicato de calcio para desencadenar una fase de hidrato de silicato de calcio. El fabricante de MTA-Fillapex afirma que su producto fragua en un mínimo de dos horas y este tiempo de fraguado ha sido confirmado en al menos dos estudios (Zhou et al 2013 y Vitti et al 2013). Sin embargo, tiempos de fraguado aún más cortos para MTA-Fillapex (66 min) han sido reportados (Viapiana et al 2014). La reacción de fraguado del material MTA es complicada y ha sido discutida por Darvell y Wu en 2011; sin embargo, la reacción de fraguado de los selladores a base de MTA no ha sido descrita en la literatura.

Cuando se utiliza un sellador premezclado a base de silicato de calcio, la reacción de hidratación comienza cuando el cemento entra en contacto con la humedad del conducto radicular o fluidos dentinarios adyacentes (Ozlek et al. 2020). En un trabajo sobre tiempo de fraguado de 2021, Antunes et al compararon el efecto de la aplicación de calor sobre 4 selladores: EndoSequence BC Sealer HiFlow (Brasseler): jeringa premezclada lista para usar; Sellador Bio-C (Angelus): jeringa premezclada lista para usar; BioRoot RCS (Septodont): polvo/líquido; y AH Plus (Dentsply): pasta/pasta. Bio C Sealer, fue uno de los selladores estudiados también en el presente trabajo. El tiempo de fraguado obtenido en condiciones secas se alteró significativamente después del calentamiento para todos los selladores probados con reducción del tiempo medio, excepto para Bio-C Sealer como su tiempo de fraguado significativamente aumentó después del calentamiento. Sin embargo, a 37 °C y en condiciones secas, Bio-C Sealer tuvo el mayor tiempo de fraguado entre los materiales a base de silicato de calcio probados. Cuando la humedad adicional se proporcionó, sólo las muestras BioRoot RCS tenían un tiempo de fraguado similar a 37 y 100 °C. EndoSequence BC Sealer HiFlow tuvo un tiempo de fraguado significativamente más rápido después de calentar con humedad adicional, mientras que Bio-C Sealer tuvo el tiempo de fraguado más corto a 37 °C a pesar de que se observó un tiempo de fraguado significativamente mayor a 100 °C. Además, independientemente de las condiciones de humedad y calefacción, mantuvo su tiempo de fraguado alrededor de las 7 h. En el presente trabajo, se estudió si la aplicación de calor a diferentes temperaturas afecta o no el tiempo de endurecimiento de 3 selladores biocerámicos, dos en presentación de jeringa premezclada (Bio-C-Sealer y CeraSeal) y uno polvo líquido (BioRoot). Los selladores Bio-C Sealer y CeraSeal no presentaron diferencias considerables en el tiempo de fraguado luego de la aplicación de calor con un dispositivo de obturación, sin embargo, BioRoot si lo hizo en el escenario de 37°C y 95% de humedad. Cabe destacar, del estudio de Antunes et al de 2021, que EndoSequence BC Sealer HiFlow y Bio-C Sealer tuvieron un tiempo de fraguado muy largo en un ambiente seco en comparación con la presencia de humedad. Esto coincide con los resultados obtenidos con Bio-C-Sealer y CeraSeal (selladores premezclados) en el presente trabajo. Sin embargo, cuando se calienta, el EndoSequence BC Sealer HiFlow tuvo un tiempo de fraguado más corto, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También es de destacar que en un ambiente seco y calentado,

BioRoot RCS tenía un tiempo de fraguado significativamente más corto, posiblemente debido a la mejora del cloruro de calcio (acelerador del tiempo de fraguado) con el aumento de la temperatura, como se informó anteriormente (Xuereb et al. 2016). Cabe mencionar, que en el presente estudio, hubo una reducción en el tiempo de fraguado de BioRoot al aplicar temperatura y humedad, pero siempre estuvo dentro de los tiempos que establece el fabricante, en todos los ensayos. Adicionalmente, se observaron diferencias importantes luego de la aplicación o no de humedad, durante el fraguado en los selladores que se presentaban en jeringas premezcladas, no siendo así en el caso de BioRoot, que endureció en tiempos muy similares independientemente de la temperatura y la humedad.

La presencia de humedad afecta el tiempo de fraguado, sobre todo, de los selladores que vienen en jeringas premezcladas, como pudo observarse en el presente trabajo. No está establecido cuánta humedad necesitan estos selladores para endurecer de manera correcta, sin comprometer su comportamiento de estabilidad dimensional. Un punto importante a analizar, es que la presencia de humedad puede afectar la solubilidad de los selladores endodónticos, convirtiendo esto último en un problema en cuanto al éxito de la hermeticidad de la obturación endodóntica. La estabilidad a largo plazo de los selladores de conductos radiculares es esencial para asegurar el sellado apical, evitando así la entrada de microbios, colonización y proporcionar un resultado de tratamiento exitoso (Ersahan & Aydin 2013). El Instituto Nacional Americano de Normas/Asociación Dental Americana (ANSI/ADA) y los requisitos de ISO 6876-2012 para la solubilidad del sellador establecen que no debe exceder el 3% de la pérdida de volumen (Materiales 1984). Solo AH Plus cumplió con este requisito de solubilidad, lo que se corroboró en un estudio previo (Zordan-Bronzel et al. 2019). La baja solubilidad de AH Plus se puede atribuir a la fuertes enlaces cruzados en materiales a base de resina epoxi y por ser un material hidrófobo y no absorber agua (Viapiana et al. 2014, Siboni et al. 2017). La alta solubilidad de los selladores a base de silicato de calcio puede ser explicado por las partículas hidrofílicas nanométricas, que aumentan su superficie y permiten que más moléculas de líquido entren en contacto con el sellador (AlHaddad & Che Ab Aziz 2016). Teniendo en cuenta el escenario clínico, el trabajo de Antunes et al 2021, plantea si se puede sellar a largo plazo, y de forma garantizada, con una solubilidad superior

al 11% como observaron en su trabajo para los selladores a base de silicato de calcio. Futuros estudios que simulen condiciones clínicas deberían evaluar este aspecto crucial ya que esta situación condiciona los aspectos básicos que debe tener un sellador endodóntico ideal para llegar a una obturación endodóntica exitosa. Si bien en el presente trabajo no se estudió solubilidad, considero relevante mencionar este aspecto ya que está relacionado al fraguado en presencia de humedad de los selladores biocerámicos, sobre todo los premezclados.

Los cementos a base de silicato tricálcico se han comercializado como selladores endodónticos bioactivos y biocerámicos. Se pueden utilizar técnicas de obturación en caliente, en frío y con un solo cono, según el producto comercial. Grossman describió las propiedades ideales de los selladores de conductos radiculares (Grossman 1958), que fueron incluidas en el marco teórico del presente trabajo. La Organización Internacional para la Estandarización y el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares y la Asociación Dental Estadounidense han codificado algunos de sus requisitos en ISO 6876 y ANSI/ADA 57, respectivamente. Aminoshariae et al en 2022, realizaron una revisión narrativa en la cual identificaron 94 artículos que discutían sobre los selladores de cemento de silicato tricálcico. Los selladores a base de silicato tricálcico son parcialmente antimicrobianos y tienen bioactividad, lo que puede presagiar un mejor sellado biológico del sistema de conductos radiculares. La mayoría de las demás propiedades de los selladores a base de silicato tricálcico son comparables con los selladores de conductos radiculares tradicionales. Del mismo modo estos autores concluyeron que los selladores endodónticos de cemento de silicato tricálcico cumplieron con muchos de los criterios de propiedades ideales, como la fácil colocación, las propiedades antimicrobianas y la bioactividad, pero se observaron limitaciones en la solubilidad, la estabilidad dimensional (contracción y expansión) y la remoción del mismo. En 2019, Donnermeyer et al, describieron que el potencial bioactivo de los selladores a base de silicatos de calcio, es una consecuencia de la ligera solubilidad de estos materiales incluso después del fraguado, pero la solubilidad del sellador también podría comprometer la calidad del sellado de un conducto radicular, contra la recolonización y re-infección bacteriana. Sumado a esto, sugieren que se requieren más investigaciones clínicas para evaluar la relevancia clínica del abismo entre la bioactividad y la solubilidad.

Adicionalmente, Komabayashi et al en 2020, revisaron los diferentes grupos de selladores endodónticos en todas sus características, y destacaron que los selladores a base de Silicato tricálcico exhiben el efecto antimicrobiano más favorable y una biocompatibilidad excelente, pero la capacidad de sellado está en dudas, debido a la solubilidad y microfiltración relativa. Más estudios al respecto son necesarios para determinar si realmente el uso de estos selladores es beneficioso, indistinto o desfavorable en comparación con los selladores ya estudiados y aceptados en la historia de la endodoncia. Idealmente, los futuros selladores desarrollados deberían combinar un sellado hermético con efectos terapéuticos.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que fue realizado este trabajo de tesis, se puede concluir que el calor generado por las técnicas de obturación no tendría efectos, ni favorables ni perjudiciales en la adhesión del sellador biocerámico a la pared de la dentina, en relación a los selladores biocerámicos estudiados.

Por otra parte, la presencia de humedad para alcanzar el endurecimiento en los tiempos recomendados de los selladores fue diferente al evaluar materiales premezclados o en presentación polvo - líquido. En los materiales premezclados se pudo observar una diferencia importante en el tiempo de fraguado. En el caso del sellador que se presenta en polvo - líquido, no se registró diferencia al evaluarlo en seco o en humedad. Si es de destacar que el sellador BioRoot disminuyó su tiempo de fraguado de manera importante al aplicar temperatura en el escenario de 37°C y con aplicación de humedad 95%.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Aksel H, Makowka S, Bosaid F, Guardian MG, Sarkar D, Azim AA. 2021-Effect of heat application on the physical properties and chemical structure of calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig.* May;25(5):2717-2725.
- Alberdi J, Martin G. Selladores biocerámicos y técnicas de obturación en endodoncia. *Refo* 2021; Vol. 14;1: 17-23
- Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. 2016 - Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater*; 2016:9753210.
- Al-Hiyasat AS, Alfirjani SA. 2019- The effect of obturation techniques on the push-out bond strength of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Dent.* Oct; 89:103169.
- American Academy on Pediatric Dentistry Clinical Affairs Committee-Pulp Therapy s, American Academy on Pediatric Dentistry Council on Clinical 2008 – A Guideline on pulp therapy for primary and young permanent teeth. *Pediatr Dent.*;30(7 Suppl):170–4.
- American Association of Endodontists. 2009. Obturation of Root Canal Systems. *Colleagues for Excellence, Autumm Issue*: 1-5
- Aminoshariae A, Primus C, Kulild JC. 2022 - Tricalcium silicate cement sealers: Do the potential benefits of bioactivity justify the drawbacks? *J Am Dent Assoc.* Aug;153(8):750-760.
- Antunes TBM, Janini ACP, Pelepenko LE, Abuna GF, Paiva EM, Sinhoreti MAC, Raimundo IM Jr, Gomes BPPA, de-Jesus-Soares A, Marciano MA. 2021- Heating stability, physical and chemical analysis of calcium silicate-based endodontic sealers. *Int Endod J.* Jul;54(7):1175-1188.
- Araki K, Suda H, Spångberg LS. 1994 - Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers on L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod.* Feb;20(2):67-70.
- Atmeh AR, AlShwaimi E. 2017- The Effect of Heating Time and Temperature on Epoxy Resin and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *J Endod.* Dec;43(12):2112-2118.
- Atmeh AR, Hadis M, Camilleri J. 2020-Real-time chemical analysis of root filling materials with heating: guidelines for safe temperature levels. *Int Endod J.* May;53(5):698-708.

- Azar NG, Heidari M, Bahrami ZS, Shokri F. 2000 - In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *J Endod.* Aug;26(8):462-5.
- Bakland LK, Andreasen JO. 2012 - Will mineral trioxide aggregate replace calcium hydroxide in treating pulpal and periodontal healing complications subsequent to dental trauma? A review. *Dent Traumatol.* Feb;28(1):25-32.
- Bellizzi R, Cruse WP. 1980 - A historic review of endodontics, 1689-1963, part 3. *J Endod.* May;6(5):576-80.
- Briseño BM, Willershausen B. 1990 - Root canal sealer cytotoxicity on human gingival fibroblasts. 1. Zinc oxide-eugenol-based sealers. *J Endod.* Aug;16(8):383-6.
- Briseño BM, Willershausen B. 1991 - Root canal sealer cytotoxicity on human gingival fibroblasts: 2. Silicone- and resin-based sealers. *J Endod.* Nov;17(11):537-40.
- Briseño BM, Willershausen B. 1992 - Root canal sealer cytotoxicity with human gingival Fibroblasts. III. Calcium hydroxide-based sealers. *J Endod.* Mar;18(3):110-3.
- Blum JY, Parahy E, Machtou P. 1997 - Warm vertical compaction sequences in relation to gutta-percha temperature. *J Endod.* ;23(5):307-11.
- Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. 2013 - Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater.* May;29(5):580-93.
- Camilleri J. 2014 - Mineral Trioxide Aggregate in Dentistry. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Available at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-55157-4>
- Camilleri J. 2015 - Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* Jan;41(1):72-8.
- Camilleri J. 2015 - Mineral trioxide aggregate: present and future developments. *Endod. Top.* 32:31-46.
- Camilleri J, Atmeh A, Li X, Meschi N. 2022- Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. *Int Endod J.* 2022 May;55 Suppl 3(Suppl 3):710-777. *Int Endod J.* Mar;56(3):402.
- Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I. 2015 - Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal

Ligament Cells In Vitro. *J Endod.* Sep;41(9):1469-73.

- Castagnola R, Marigo L, Pecci R, Bedini R, Cordaro M, Liborio Coppola E, Lajolo C. 2018 - Micro-CT evaluation of two different root canal filling techniques. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* Aug;22(15):4778-4783.

- Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K, Orhan K. 2015-Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci.*;57(4):361-6.

- Cen R, Wang R, Cheung GSP. 2018 -Periodontal Blood Flow Protects the Alveolar Bone from Thermal Injury during Thermoplasticized Obturation: A Finite Element Analysis Study. *J Endod.* Jan;44(1):139-144.

- Chen WP, Chen YY, Huang SH, Lin CP. 2013- Limitations of push-out test in bond strength measurement. *J Endod.* Feb;39(2):283-7.

- Chugal NM, Clive JM, Spångberg LSW. 2003 - Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio and Endod*; 96:81-90

- Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. 2018- Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *J Endod.* Jun;44(6):941-945.

- Cimpean SI, Burtea ALC, Chiorean RS, Dudescu MC, Antoniac A, Robu A, Campian RS, Timis LI. 2022- Evaluation of Bond Strength of Four Different Root Canal Sealers. *Materials (Basel).* Jul 17;15(14):4966.

- Cohen S; Hargreaves K. 2020. *Vías de la Pulpa*. 12^º Edición. Ed. Elsevier.

- Collado-Castellanos N, Aspás-García A, Albero-Montegudo A, Manzano-Saiz A, Micó-Muñoz P. 2023 - Quantitative analysis of the obturation of oval-shaped canals using thermoplastic techniques. *J Clin Exp Dent.* Apr 1;15(4)

- Collares FM, Portella FF, Rodrigues SB, Celeste RK, Leitune VCB, Samuel SMW. 2016- The influence of methodological variables on the push-out resistance to dislodgement of root filling materials: a meta-regression analysis. *Int Endod J.* Sep;49(9):836-849.

- Darvell BW, Wu RC. 2011 - "MTA"- an Hydraulic Silicate Cement: review update and setting reaction. *Dent Mater.* May;27(5):407-22.

- Debelian G, Trope M. 2016-The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Italian J Endod*; 30: 70–80.
- De-Deus G, Maniglia-Ferreira CM, Gurgel-Filho ED, Paciornik S, Machado AC, Coutinho-Filho T. 2007- Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Aust Endod J*. Aug;33(2):55-61.
- Dewi A, Upara C, Sastraruji T, Louwakul P. 2022- Effect of a heat-based root canal obturation technique on push-out bond strength of the classical bioceramic and new HiFlow sealer. *Aust Endod J*. Apr;48(1):116-120.
- Diegritz C, Gerlitzki O, Fotiadou C, Folwaczny M. 2020 - Temperature changes on the root surface during application of warm vertical compaction using three different obturation units. *Odontology*. Jul;108(3):358-365.
- Dimitrova-Nakov S, Uzunoglu E, Ardila-Osorio H, Baudry A, Richard G, Kellermann O, Goldberg M. 2015 - In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dent Mater*. Nov;31(11):1290-7.
- Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. 2018- Real-time Intracanal Temperature Measurement During Different Obturation Techniques. *J Endod*. Dec;44(12):1832-1836.
- Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. 2019 -Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. Oct;107(4):421-436.
- Donnermeyer D, Urban K, Bürklein S, Schäfer E. 2020- Physico-chemical investigation of endodontic sealers exposed to simulated intracanal heat application: epoxy resins and zinc oxide-eugenols. *Int Endod J*. May;53(5):690-697.
- Donnermeyer D, Ibing M, Bürklein S, Weber I, Reitze MP, Schäfer E. 2021- Physico-Chemical Investigation of Endodontic Sealers Exposed to Simulated Intracanal Heat Application: Hydraulic Calcium Silicate-Based Sealers. *Materials (Basel)*. Feb 4;14(4):728.
- Drukteinis S, Camilleri J, 2021- *Bioceramic Materials in Clinical Endodontics*, 1st ed., Editorial Springer.
- Eid D, Medioni E, De-Deus G, Khalil I, Naaman A, Zogheib C. 2021- Impact of Warm Vertical Compaction on the Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Sealers: A Confocal Microscopic Evaluation. *Materials (Basel)*. Jan 14;14(2):372.
- Elnaghy AM. 2014 - Influence of acidic environment on properties of biodentine and

white mineral trioxide aggregate: a comparative study. J Endod. Jul;40(7):953-7.

- Ersahan S, Aydin C. 2013- Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. Acta Odontologica Scandinavica 71, 857–62.
- Espinoza F, Lizana A, Muñoz P. 2020 - Biocerámicos en odontología, una revisión de literatura. Canal Abierto; 41; 14-21
- Farhad AR, Hasheminia S, Razavi S, Feizi M. 2011 - Histopathologic evaluation of subcutaneous tissue response to three endodontic sealers in rats. J Oral Sci. Mar;53(1):15-21.
- Faus-Llácer V, Collado-Castellanos N, Alegre-Domingo T, Dolz-Solsona M, Faus-Matoses V. 2015 - Measurement of the percentage of root filling in oval-shaped canals obturated with Thermafil Obturators and Beefill 2in1: In vitro study. J Clin Exp Dent. Apr 1;7(2)
- Glenner RA, Willey P. 1998 - Dental filling materials in the Confederacy. J Hist Dent. Jul;46(2):71-5.
- Goldberg F, Araujo J. 2016. Estudio comparativo de la penetración de la gutapercha en las irregularidades del conducto radicular. Sistema Guttacore y técnica de cono único. Rev Asoc Odontol Argent; 104:4-8.
- Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. 2001 - Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. J Endod. May;27(5):362-4.
- Goodman A, Schilder H, Aldrich W. 1981 - The thermomechanical properties of gutta-percha. Part IV. A thermal profile of the warm gutta-percha packing procedure, Oral Surg Oral Med Oral Pathol; 51(5), 544–551.
- Grossman, LI. An improved root canal cement. 1958 - J Am Dent Assoc. Mar; 56(3):381-5.
- Guivarc’h M, Jeanneau C, Giraud T, Pommel L, About I, Azim AA, Bukiet F. 2020 - An international survey on the use of calcium silicate-based sealers in non-surgical endodontic treatment. Clin Oral Investig. Jan;24(1):417-424.
- Hadis M, Camilleri J. 2020 - Characterization of heat resistant hydraulic sealer for warm vertical obturation. Dent Mater. Sep;36(9):1183-1189.
- Heran J, Khalid S, Albaaj F, Tomson PL, Camilleri J. 2019 - The single cone obturation

technique with a modified warm filler. *J Dent.* Oct; 89:103181

- Hosoya N, Nomura M, Yoshikubo A, Arai T, Nakamura J, Cox CF. 2000- Effect of canal drying methods on the apical seal. *J Endod.* May;26(5):292-4.
- Hubbe L, Oliveira D, Vianna K, Coehlo S. 2016 - AH Plus extrusion into periapical tissue: literature 74 review of main related properties and report of clinical cases. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontología*, 13(4), 280 -288.
- Ingle, J.; West, J.; 1996 - Obturación del espacio radicular. En *Endodoncia* (Ingle y Backland Editores) 4ta. Edición. Edit. McGraw-Hill. México. Capítulo 4, pp: 239-323.
- Johnson WB. 1978 - A new gutta-percha technique. *J Endod.* Jun;4(6):184-8.
- Kaplan AE, Goldberg F, Artaza LP, de Silvio A, Macchi RL.1997- Disintegration of endodontic cements in water. *J Endod.* Jul;23(7):439-41.
- Kassa D, Day P, High A, Duggal M. 2009 - Histological comparison of pulpal inflammation in primary teeth with occlusal or proximal caries. *Int J Paediatr Dent.*;19(1):26–33.
- Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. 2015 - Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Various Bioceramic Cements and Other Endodontic Materials. *J Endod.* Nov;41(11):1862-6.
- Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. 1997 - Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J.* Sep;30(5):307-12.
- Kooanantkul C, Shelton RM, Camilleri J. 2023- Comparison of obturation quality in natural and replica teeth root-filled using different sealers and techniques. *Clin Oral Investig.* Feb 4.
- Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH. 2005- Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *J Endod.* Jan;31(1):37-9.
- Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. 1993 - Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* Nov;19(11):541-4.
- Lee FS, Van Cura JE, BeGole E. 1998 - A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *J Endod.*; 24 (9):617–20.
- Leonardo MR, Silva LA, Utrilla LS, Assed S, Ether SS. 1997 - Calcium hydroxide root canal sealers--histopathologic evaluation of apical and periapical repair after endodontic

treatment. *J Endod.* Jul;23(7):428-32.

- Leonardo MR, Almeida WA, da Silva LA, Utrilla LS. 1998 - Histological evaluation of the response of apical tissues to glass ionomer and zinc oxide-eugenol based sealers in dog teeth after root canal treatment. *Endod Dent Traumatol.* Dec;14(6):257-61.
- Leonardo RT, Consolaro A, Carlos IZ, Leonardo MR. 2000 - Evaluation of cell culture cytotoxicity of five root canal sealers. *J Endod.* Jun;26(6):328-30.
- Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. 1999 - Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *J Endod.* Feb;25(2):109-13.
- Li GH, Niu LN, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. 2014 - Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *J Dent.* Sep;42(9):1124-34.
- Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. 2011- Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod.* May;37(5):673-7.
- Mc Elroy DL. 1955 - Physical properties of root canal filling materials. *J Am Dent Assoc;* 50(4):433-440.
- Manzur E, Caplan V, Ballachino M, Goldberg F. 2016- Evaluación comparativa de la adaptación de la obturación endodóntica a las paredes del conducto radicular con dos técnicas de obturación *Rev Asoc Odontol Argent;* 104: 95-101
- Marín-Bauza GA, Silva-Sousa YT, da Cunha SA, Rached-Junior FJ, Bonetti-Filho I, Sousa-Neto MD, Miranda CE. 2012 - Physicochemical properties of endodontic sealers of different bases. *J Appl Oral Sci.* Jul-Aug; 20(4):455-61.
- Monticelli F, Sadek FT, Schuster GS, Volkmann KR, Looney SW, Ferrari M, Toledano M, Pashley DH, Tay FR. 2007- Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. *J Endod.* Mar;33(3):310-3.
- Nelson EA, Liewehr FR, West LA. 2000- Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *J Endod.* Dec;26(12):748-50.
- Neuhaus KW, Schick A, Lussi A. 2016- Apical filling characteristics of carrier-based techniques vs. single cone technique in curved root canals. *Clin Oral Investig.* Sep;20(7):1631-

-7.

- Ng YL, Mann V, Gulabivala K. 2011 - A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* Jul;44(7):583-609
- Oliveira MG, Xavier CB, Demarco FF, Pinheiro AL, Costa AT, Pozza DH. 2007 - Comparative chemical study of MTA and Portland cements. *Braz Dent J.*; 18 (1):3-7.
- Oliveira DS, Cardoso ML, Queiroz TF, Silva EJ, Souza EM, De-Deus G. 2016- Suboptimal push-out bond strengths of calcium silicate-based sealers. *Int Endod J.* Aug;49(8):796-801.
- Orstavik D, Mjör IA. 1992 - Usage test of four endodontic sealers in Macaca fascicularis monkeys. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* Mar;73(3):337-44.
- Osorio RM, Hefti A, Vertucci FJ, Shawley AL. 1998 - Cytotoxicity of endodontic materials. *J Endod.* Feb;24(2):91-6.
- Ozlek E, Gündüz H, Akkol E, Neelakantan P. 2020- Dentin moisture conditions strongly influence its interactions with bioactive root canal sealers. *Restor Dent Endod.* Mar 24;45(2): e24.
- Pane ES, Palamara JE, Messer HH. 2013- Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *J Endod.* May;39(5):669-73.
- Paqué F, Luder HU, Sener B, Zehnder M. 2006- Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *Int Endod J.* Jan;39(1):18-25
- Pertot WJ, Camps J, Remusat M, Proust JP. 1992 - In vivo comparison of the biocompatibility of two root canal sealers implanted into the mandibular bone of rabbits. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* May;73(5):613-20.
- Pommel L, Camps J. 2001 - In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod.* Jul;27(7):449-5.
- Porter ML, Bertó A, Primus CM, Watanabe I. 2010 - Physical and chemical properties of new-generation endodontic materials. *J Endod.* Mar;36(3):524-8.
- Qu W, Bai W, Liang YH, Gao XJ. 2016- Influence of Warm Vertical Compaction Technique on Physical Properties of Root Canal Sealers. *J Endod.* Dec;42(12):1829-1833.
- Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Anthonappa RP. 2018 - Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3-year literature review and update. *Eur*

Arch Paediatr Dent. Feb;19(1):1-22.

- Ray HA, Trope M. 1995 - Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* Jan; 28(1):12-8.
- Resende LM, Rached-Junior FJ, Versiani MA, Souza-Gabriel AE, Miranda CE, Silva-Sousa YT, Sousa Neto MD. 2009 - A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. *Int Endod J.* Sep;42(9):785-93.
- Retana-Lobo C, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Benavides-García M, Hernández-Meza E, Reyes-Carmona J. 2021- Push-Out Bond Strength, Characterization, and Ion Release of Premixed and Powder-Liquid Bioceramic Sealers with or without Gutta-Percha. *Scanning.* May 6;6617930.
- Reynolds JZ, Augsburg RA, Svoboda KKH, Jalali P. 2020- Comparing dentinal tubule penetration of conventional and 'HiFlow' bioceramic sealers with resin-based sealer: An in vitro study. *Aust Endod J.* Dec;46(3):387-393.
- Ricucci D, Rôças IN, Alves FR, Loghin S, Siqueira JF Jr. 2016 - Apically Extruded Sealers: Fate and Influence on Treatment Outcome. *J Endod.* Feb;42(2):243-9.
- Romero AD, Green DB, Wucherpfennig AL. Heat transfer to the periodontal ligament during root obturation procedures using an in vitro model. *J Endod.* 2000;26(2):85-7.
- Sanz JL, López-García S, Lozano A, Pecci-Lloret MP, Llena C, Guerrero-Gironés J, Rodríguez-Lozano FJ, Forner L. 2021- Microstructural composition, ion release, and bioactive potential of new premixed calcium silicate-based endodontic sealers indicated for warm vertical compaction technique. *Clin Oral Investig.* Mar;25(3):1451-1462
- Schäfer E, Olthoff G. 2002- Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *J Endod.* Sep;28(9):638-42.
- Schäfer E, Schrenker C, Zupanc J, Bürklein S. 2016 - Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone, and Lateral Compaction Technique. *J Endod.* Feb;42(2):294-8.
- Schilder H. 1967 - Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am.* Nov:723-44.
- Schilder H, Goodman A, Aldrich W. 1974 - The thermomechanical properties of gutta-

percha. I. The compressibility of gutta-percha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* Jun;37(6):946-53.

- Schwartz RS. 2006- Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *J Endod.* Dec;32(12):1125-34.
- Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. 2017- Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J.* Dec;50 Suppl 2:e120-e136.
- Siqueira JF Jr, Rôças IN. 2022 - Present status and future directions: Microbiology of endodontic infections. *Int Endod J.* May;55 Suppl 3:512-530.
- Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG. 2017 - Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *J Endod ;* 43:527-35.
- Soares I, Goldberg F. 2012 - Endodoncia: Técnicas y fundamentos. 2da ed., Editorial Médica Panamericana, pp 225, 342
- Somma F, Cretella G, Carotenuto M, Pecci R, Bedini R, De Biasi M, Angerame D. 2011- Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* Apr;44(4):362-9
- Song D, Yang SE. 2022- Comparison of Dentinal Tubule Penetration between a Calcium Silicate-Based Sealer with Ultrasonic Activation and an Epoxy Resin-Based Sealer: A Study Using Confocal Laser Scanning Microscopy. *Eur J Dent.* Feb;16(1):195-201.
- Sousa-Neto MD, Silva Coelho FI, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YT. 2005- Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er: YAG and Nd: YAG lasers. *Int Endod J.* Dec;38(12):866-70.
- Spangberg, L. Instruments, materials, and devices. 1998 - *En Pathways of the Pulp* (Cohen y Burns editors) 7° Edición. Editorial Mosby Missouri. Capítulo 13, pp: 452-507.
- Stefaneli Marques JH, Silva-Sousa YTC, Rached-Júnior FJA, Macedo LMD, Mazzi-Chaves JF, Camilleri J, Sousa-Neto MD. 2018- Push-out bond strength of different tricalcium silicate-based filling materials to root dentin. *Braz Oral Res.* Mar 8;32: e18
- Tagger M, Tagger E, Kfir A. 1988 - Release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxide. *J Endod.* Dec;14(12):588-91.

- Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. 2002- Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod.* May;28(5):351-4.
- Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Kuttler S, García-Godoy F, King NM, Ferrari M. 2007 - Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. Evidence of biodegradation from a simulated field test. *Am J Dent.* Dec;20(6):365-9.
- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. 1993 - Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* Dec;19(12).
- Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endod Top.* 2015;32:86–96.
- Tyagi S, Tyagi P, Mishra P. 2013 - Evolution of root canal sealers: An insight story. *Eur J Gen Dent.* 2013;2(3):199.
- Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L. Temperature change within gutta-percha induced by the system-B heat source. *Int Endod J.* 2002;35(9):740–6.
- Versiani MA, Abi Rached-Junior FJ, Kishen A, Pécora JD, Silva-Sousa YT, de Sousa-Neto MD. 2016- Zinc Oxide Nanoparticles Enhance Physicochemical Characteristics of Grossman Sealer. *J Endod.* Dec;42(12):1804-1810
- Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. 2014 - Interface of dentine to root canal sealers. *J Dent.* Mar;42(3):336-50
- Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho. 2014 - Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* May;47(5):437-48.
- Vitti RP, Prati C, Silva EJ, Sinhoreti MA, Zanchi CH, de Souza e Silva MG, Ogliari FA, Piva E, Gandolfi MG. 2013- Physical properties of MTA Fillapex sealer. *J Endod.* Jul;39(7):915-8.
- Waltimo TM, Boiesen J, Eriksen HM, Orstavik D. 2001- Clinical performance of 3 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;* 92:89- 92
- Wong M, Peters DD, Lorton L, Bernier WE. 1982 - Comparison of gutta-percha filling techniques: three chloroform--gutta-percha filling techniques, part 2. *J Endod.* Jan;8(1):4-9.
- Wu MK, Van der Sluis L W, Ardilla CN, Wesselink PR. 2003- Fluid movement along the coronal two-third of root filling placed by three different gutta-percha techniques. *Int Endod J;* 36:533-40.

- Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J. 2015 - In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. *J Endod.* Jan;41(1):111-24.
- Yamauchi S, Watanabe S, Okiji T. 2020- Effects of heating on the physical properties of premixed calcium silicate-based root canal sealers. *J Oral Sci.* Dec 23;63(1):65-69.
- Yang Q. and Lu D., 2013- "Premixed biological hydraulic cement paste composition and using the same," Google Patents.
- Zavattini A, Knight A, Foschi F, Mannocci F. 2020 - Outcome of Root Canal Treatments Using a New Calcium Silicate Root Canal Sealer: A Non-Randomized Clinical Trial. *J Clin Med.* Mar 13;9(3):782.
- Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. 2013 - Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod.* Oct;39(10):1281-6.
- Zogheib C, Hanna M, Pasqualini D, Naaman A. 2017- Quantitative volumetric analysis of cross-linked gutta-percha obturators. *Ann Stomatol (Roma).* Jan 10;7(3):46-51.

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Criterio de inclusión

Figura 2: Determinación longitud de trabajo

Figura 3: **A**, Lima WaveOne Gold P; **B**, Lima WaveOne Gold M; **C**, Lima WaveOne Gold L; **D**, Lima Protaper Gold F5; **E**, Cono de gutapercha F5.

Figura 4: **A**, Cono único; **B**, Compactación vertical caliente; **C**, Guttacore

Figura 5: **A**, Sellador Bio-C Sealer; **B**, Sellador CeraSeal; **C**, Sellador BioRoot RCS

Figura 6: Radiovisiografías post-obturación

Figura 7: Estufa para almacenamiento de las muestras

Figura 8: **A**, Inclusión de los especímenes en acrílico; **B**, Máquina de corte.

Figura 9: **A**, Seccionamiento de los especímenes; **B**, Máquina Instron

Figura 10: Ejemplos de secciones, previamente a realizar la prueba de push-out

Figura 11: **A**, Calibre digital; **B**, Prueba de compatibilidad de diámetro

Figura 12: **A**, Falla adhesiva; **B**, Falla cohesiva; **C**, Falla mixta

Figura 13: Hilera de probetas por grupo

Figura 14: Dispositivo de obturación Fast-Pack

Figura 15: Aguja de Vicat

Figura 16: Recolección de datos

Figura 17: Resultados de los ensayos de push-out- Media y DS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Resultados de los ensayos de push-out

Tabla 2 - Pruebas de los efectos inter-sujetos - ANOVA

Tabla 3 - Resultados del tipo de falla

Tabla 4 - Tipo de fallas agrupados en adhesiva y no adhesiva

Tabla 5 - Tabla de datos finales – fraguado

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	Pág. 04
AGRADECIMIENTOS	Pág. 06
CONTENIDOS	Pág. 07
RESUMEN	Pág. 10
ABSTRACT	Pág. 14
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	Pág. 18
MARCO TEÓRICO	Pág. 20
A- Conceptos generales sobre obturación endodóntica	Pág. 22
B- Selladores Endodónticos	Pág. 24
B.1- Generalidades	Pág. 24
B.2- Selladores a base de Óxido de Zinc-Eugenol	Pág. 27
B.3- Selladores a base de Hidróxido de Calcio	Pág. 28
B.4- Selladores a base de Ionómero Vítreo	Pág. 29
B.5- Selladores a base de Resina	Pág. 29
B.6- Selladores Biocerámicos	Pág. 30
C- Técnicas de obturación del sistema de conductos radiculares	Pág. 37
C.1- Cono Único	Pág. 40
C.2- Técnicas Termoplásticas	Pág. 40
C.2.1- Técnica de Onda Continua	Pág. 41
C.2.2- Técnica basada en un transportador	Pág. 42
D- Selladores endodónticos en combinación con técnicas termoplásticas	Pág. 43
ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN E INTERES EN SU REALIZACIÓN	Pág. 48
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	Pág. 50
METODOLOGÍA	Pág. 52
SECCIÓN I: Evaluación del efecto de la temperatura generada por las técnicas de obturación endodónticas sobre la adhesión a dentina de los selladores biocerámicos	Pág. 53

A- VARIABLES	Pág. 53
B- CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA	Pág. 54
C- VALORACIÓN DE LAS VARIABLES	Pág. 55
D- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	Pág. 57
SECCIÓN II: Evaluación del efecto de la temperatura aplicada 69 sobre el sellador biocerámico, en su tiempo de fraguado	Pág. 69
A- VARIABLES	Pág. 69
B- VALORACIÓN DE LAS VARIABLES	Pág. 69
C- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	Pág. 71
RESULTADOS	Pág. 75
SECCIÓN I: Resultados sobre la Adhesión	Pág. 76
SECCIÓN II: Resultados sobre el Tiempo de Fraguado	Pág. 80
DISCUSIÓN	Pág. 82
CONCLUSIONES	Pág. 96
BIBLIOGRAFÍA	Pág. 98
ÍNDICE DE FIGURAS	Pág. 111
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS	Pág. 113
ÍNDICE GENERAL	Pág. 115
AUTORES	Pág. 118

AUTORES

AUTORES



TESISTA: JORGE ALBERDI

- Odontólogo, Especialista en Endodoncia
- Profesor de la Carrera de Especialidad en Endodoncia, Facultad de Ciencias de la Salud Universidad Católica de Córdoba (UCC), Argentina
- Director de Cursos de Endodoncia Clínica de Postgrado en Rosario Y anta Fe, Argentina
- Conferencista sobre Endodoncia en eventos nacionales e internacionales
- Autor y coautor de artículos de investigación y casuística en revistas nacionales e internacionales
- Mención de Honor en el Journal of Endodontics Awards 2022 por el artículo: Effects of Endodontic Infections on the Maxillary Sinus: A Case Series of Treatment Outcome, publicado en el JOE junto al Dr. José Siqueira y cols.



DIRECTORA DE TESIS: ANDREA KAPLAN

- Doctora en Odontología, Facultad de Odontología. Universidad de Buenos Aires.
- Profesora Titular Regular de la Cátedra de Materiales Dentales, Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires.
- PosDoc Departamento de Biomateriales. Eastman Dental Institute. University of College London. Londres. Reino Unido de Gran Bretaña.
- Directora. Doctorado y Maestría en Investigación en Ciencias de la Salud. Facultad de Odontología. Universidad Nacional del Nordeste.
- Expresidente. Sociedad Argentina de Investigación Odontológica. División Argentina. International Association for Dental Research.
- Directora de Proyectos de investigación, becarios y tesistas.
- Autora de trabajos de investigación publicados en revistas nacionales e internacionales con referato.
- Dictante de cursos de Posgrado en diversas instituciones del país.



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CÓRDOBA**
JESUITAS

- TESIS DOCTORAL -
Doctorado en Ciencias de la Salud
Año 2023