



Capacidad de sellado de los materiales biocerámicos como cemento sellador del sistema de canales radiculares en endodoncia. Revisión de la literatura

Trabajo de investigación
requisito para optar al título
de Especialista en Endodoncia

Autores: Dra. Consuelo Elizalde R.
Dr. Ricardo Lahsen M.

Directora del programa: Prof. Dra. Alicia Caro M.
Cátedra de Endodoncia

**Valparaíso, Chile
2018**

DEDICATORIA

Dedicamos nuestro trabajo a las personas que más queremos, en especial a nuestras familias y amigos.
Gracias por acompañarnos y ayudarnos siempre.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a quienes nos acompañaron a lo largo de toda nuestra formación como especialistas, en especial a nuestras familias por su apoyo incondicional y por estar siempre alentándonos a dar más de nosotros.

A los docentes de la cátedra de Endodoncia de la Escuela de Graduados de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, Dra. Patricia Nazar, Dra. Loreto Martín, Dr. Fernando Bahamónides, Dr. Marcelo Gandarillas, y a nuestra tutora de tesis y directora de la especialidad de Endodoncia, Dra. Alicia Caro, por ser protagonistas en nuestra formación como especialistas y permitir que nos desarrolláramos en esta especialidad que tanto nos apasiona.

Al Dr. Miguel Muñoz del Departamento de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, por guiarnos constantemente en las bases metodológicas de nuestro trabajo.

Al Dr. Jaime Jamett, director de la Unidad de Servicios Clínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, por su constante ayuda y buena disposición en todo momento.

Finalmente, a nuestros compañeros residentes de la especialidad, quienes junto a nosotros cierran este ciclo de aprendizaje y a todas las personas que de una u otra forma aportaron en nuestra formación como endodoncistas.

ÍNDICE

	Página
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Índice	III
Introducción	1
Marco teórico	3
A. Obturación del sistema de canales radiculares (OSCR)	3
B. Criterios para evaluar la OSCR	4
C. Errores en la OSCR	6
D. Microfiltración endodóntica	7
E. Preparación de la superficie dentinaria	8
F. Materiales para la OSCR	10
G. Técnicas de OSCR	12
H. Cementos selladores endodónticos	14
I. Biocerámicos en endodoncia	20
J. Ventajas de los biocerámicos	23
K. Cementos selladores en base a biocerámicos	23
Objetivos	29
Materiales y métodos	30
Resultados	31
Discusión	37
Conclusiones	41
Resumen	42
Referencias bibliográficas	43

INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento de endodoncia se basa tanto en el correcto diagnóstico y planificación del tratamiento, como en el conocimiento de la anatomía y morfología radicular, debridamiento, limpieza y obturación tridimensional del sistema de canales radiculares (SCR). El proceso de limpieza y conformación determina el grado de desinfección y permite la posterior obturación del espacio intraradicular. (1,2)

La obturación radicular podría definirse como el reemplazo del contenido del SCR y del espacio creado por la preparación químico-mecánica (PQM), por un material que lo rellene de forma permanente, tridimensional y estable, cerrando toda comunicación con los tejidos perirradiculares. El objetivo de la obturación es brindar una barrera hermética a la penetración microbiana y a los fluidos titulares. (3)

La obturación endodóntica tiene dos objetivos principales, la eliminación de todas las vías de fuga de la cavidad oral o de los tejidos perirradiculares en el SCR, y el sellado en el SCR de cualquier irritante que permanezca después de la adecuada formación y limpieza de los canales, aislando así estos irritantes. La infección perirradicular subsecuente a la muerte pulpar se debe a la presencia de microorganismos, toxinas, metabolitos microbianos y productos de la degradación del tejido pulpar. La falta de eliminación de estos factores etiológicos y la irritación adicional como resultado de la contaminación continua del SCR son las principales razones para el fracaso de la terapia endodóntica convencional y quirúrgica. (1)

Es de suma importancia tener siempre en consideración que la correcta obturación del SCR es el resultado de la sumatoria de todas las acciones clínicas previas meticulosamente llevadas a cabo, ya que la capacidad de alcanzar este objetivo de forma correcta depende primordialmente de la calidad de la limpieza y conformación del canal radicular, así como de las habilidades clínicas del especialista. (1)

La gutapercha sigue siendo el gold estándar de los materiales sólidos de obturación radicular, pero debido a su falta de adhesión a las paredes dentinarias, debe ser siempre utilizada en conjunto con un cemento sellador que actúe sellando la interfase entre la masa de gutapercha y la estructura dentaria, proporcionando una adecuada obturación del SCR impidiendo la persistencia de la infección y estimulando la curación periférica cuando hay alguna patología presente. Este proceso sólo puede tener éxito si el espacio sellado del canal radicular previene la entrada adicional de bacterias, sella los microorganismos restantes y previene su supervivencia obstruyendo el suministro de nutrientes. (1,3)

El uso de un agente sellador para obturar el SCR es esencial para el éxito del proceso de obturación. No solo ayuda a lograr el sellado tridimensional sino que también sirve para rellenar las irregularidades del canal radicular y las pequeñas discrepancias entre la pared dentinaria y la gutapercha. También se utilizan como

lubricantes y ayudan al asentamiento de la gutapercha durante la condensación. Un buen sellador debe ser biocompatible y bien tolerado por los tejidos perirradiculares. Todos los selladores recién mezclados presentan cierto grado de toxicidad, que se reduce en gran medida al ser llevados al SCR. Todos son reabsorbibles cuando se exponen a los tejidos y a los líquidos tisulares. (2)

Tratando de encontrar el mejor sellador, se han inventado y probado cementos a base de óxido de zinc-eugenol, de ionómeros vítreos, de hidróxido de calcio y de resinas epóxicas. (2,4)

Desde la década pasada, el cemento sellador de elección por los especialistas ha sido el cemento en base a resina epóxica, pero durante el último tiempo, el uso de cementos selladores en base a silicato tricálcico o biocerámicos, se han introducido fuertemente en la práctica endodóntica, ya que tienen prometedoras cualidades. (5)

El objetivo de esta revisión bibliográfica es conocer la capacidad de sellado de los cementos selladores biocerámicos utilizados para la obturación del sistema de canales radiculares en endodoncia.

MARCO TEÓRICO

Obturación del sistema de canales radiculares (OSCR):

La OSCR se define como el sellado del sistema de canales radiculares, correctamente preparados químico-mecánicamente (fundamental para lograr una correcta obturación), con un material biocompatible que otorgue hermeticidad tridimensional y reparación de los tejidos apicales. (4)

Los objetivos de la OSCR son tanto bloquear la proliferación bacteriana y toxinas residuales, como prevenir la filtración coronaria y apical que generarían una reinfección de los canales radiculares, los cuales han sido previamente limpiados, conformados y desinfectados mediante los procedimientos de instrumentación, irrigación y medicación, estimulando así la reparación de los tejidos perirradiculares. Una obturación exitosa requiere del uso de materiales y técnicas capaces de rellenar de forma adecuada y homogénea el SCR para prevenir la reinfección, además de una posterior y adecuada rehabilitación de la pieza dentaria evitando la microfiltración bacteriana desde la cavidad oral. Se ha demostrado que un tratamiento endodóntico es dependiente de ambas: la calidad de la obturación del SCR y la rehabilitación posterior del diente. (6,7)

Durante la preparación químico-mecánica (PQM), el especialista debe establecer la conformación y tamaño correcto del canal radicular. Una correcta preparación del SCR proporciona una forma apical óptima para la adaptación de los materiales de relleno y para la prevención de una extrusión apical excesiva de éstos, creando una forma de resistencia apical para lograr la compactación adecuada de los materiales de obturación. Es importante tener en mente que lo que es removido del canal radicular durante la limpieza, conformación y desinfección es más importante que lo que es puesto durante la obturación. (8)

La PQM es lograda mediante la instrumentación mecánica y la irrigación con activación ultrasónica, esto permitirá posteriormente una obturación tridimensional del SCR. Es muy importante mantener la forma original del canal radicular durante su preparación para promover la curación periapical, lo cual se ha demostrado en diversos estudios. (8)

La falta de habilidad del odontólogo para mantener la forma original y para desarrollar una conicidad adecuada de los canales radiculares puede resultar en errores durante el procedimiento, tales como, transportaciones, falsas vías, escalones y perforaciones. Durante el tratamiento endodóntico se debe mantener de manera constante la longitud de trabajo (LT), lo que permitirá preparar y sellar el canal radicular hasta una extensión apical adecuada. (1,8)

Los requisitos que el especialista debe tener en mente previo a realizar la obturación radicular son: (1,4)

1. Canal radicular no expuesto a la cavidad oral.
2. Diente asintomático (sin signos ni síntomas).
3. Vestíbulo desocupado.
4. Ausencia de secreción, exudado o sangre dentro del canal radicular.
5. Tener la PQM terminada.

La calidad de la obturación endodóntica generalmente es evaluada usando imágenes radiográficas. Además, durante las etapas del tratamiento de preparación y obturación del canal radicular, el criterio clínico será indispensable para alcanzar el éxito en el tratamiento. (2,9,10)

En la actualidad, los especialistas cuentan con una gran gama de métodos, materiales e instrumentos de tecnología avanzada a su disposición para alcanzar estos objetivos como, por ejemplo, los localizadores apicales electrónicos (LAE), los instrumentos mecanizados de níquel-titanio (NiTi), varios sistemas de irrigación y activación del irrigante, cementos selladores con nuevas fórmulas, magnificación microscópica e iluminación, entre otros.

Criterios para evaluar la OSCR:

Los criterios que se utilizan para evaluar la OSCR están basados en la imagen radiográfica obtenida luego de realizada la OSCR, es decir, en la radiografía post tratamiento (radiografía de control de obturación). (4,11)

Sjögren y cols. en 1990, realizaron una investigación, en la cual afirman que la longitud y la densidad de la obturación radicular influyen de forma directa en el éxito del tratamiento endodóntico. Según sus resultados, piezas con una longitud de obturación aceptable presentaron una tasa de éxito de un 94%, mientras que los casos de subobturación y sobreobturación presentaron una tasa de éxito de un 68% y un 76% respectivamente. (10,12)

En un estudio del año 2003, Cheung & Chan mostraron que existe una tendencia a mejores resultados en las piezas con obturaciones radiculares que presentan una densidad uniforme y longitud aceptable. Sin embargo, demuestran además que existen diversos factores que influyen directamente en el éxito del tratamiento endodóntico, tales como, el estado periapical preoperatorio, el tipo de diente, tipo de restauración coronal y poste utilizado en la rehabilitación de la pieza dentaria. (13)

En un estudio realizado en Chile en el año 2008, se postulan los siguientes criterios para evaluar una correcta obturación: (15)

1. Adaptación completa del material de obturación, entendiéndose por esto al cono de gutapercha más el cemento, a las paredes del canal radicular por cada tercio.
2. Presencia de poros, fisuras o burbujas al interior del material de obturación en cada tercio radicular.
3. Longitud de la obturación radicular, según la siguiente categorización:
 - a. **Obturación completa:** Cuando la obturación llega al límite apical de la preparación radicular.
 - b. **Subobturación:** Cuando la obturación no alcanza a llegar al límite apical de la preparación radicular.
 - c. **Sobreobturación:** Cuando la obturación traspasa el límite apical de la preparación radicular.

En una publicación de la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), mencionan que, pese a que las técnicas de obturación radicular varían según la manera en que se logra la obturación tridimensional del SCR, los principios básicos y el criterio para el éxito clínico deben ser alcanzados sin importar la técnica. Estos criterios de evaluación son: (14)

1. **Evaluación clínica:** Para que un caso sea considerado exitoso, los hallazgos normales de los test de rutina tales como percusión, palpación, sondaje periodontal e inspección visual de la restauración final deben ser obtenidos y registrados en la ficha del paciente. Si el clínico está preocupado sobre algún aspecto de la terapia o del pronóstico, la visita de reevaluación debe ser agendada en unas pocas semanas. Los períodos de reevaluación de rutina podrían establecerse en 6 meses y en un año. Los pacientes deben ser informados que, si ocurren síntomas, ellos deben llamar al consultorio para solicitar una consulta.
2. **Evaluación radiográfica (longitud, forma y homogeneidad) (sobreobturación, sobreextensión y subextensión):** Las tres cualidades que deben ser observadas son la longitud, la forma y la homogeneidad de la OSCR. La longitud de una obturación ideal debe extenderse desde la menor constricción apical del canal hasta el orificio de entrada, a menos que se planifique hacer un poste. La restauración del muñón debe completar el sellado hasta el margen cavo superficial. La forma del caso terminado es dependiente de la técnica de obturación empleada. Algunas requieren canales con mayor conicidad que otras. No deben observarse burbujas en la imagen radiográfica. En términos de porcentajes promedio de éxitos, el meta-análisis de la literatura muestra que las obturaciones a 0-1 mm del ápice, fueron mejores que las obturaciones a 1-3 mm del ápice; y ambas superiores que las obturaciones más allá del ápice.

Errores en la OSCR:

Obturaciones deficientes evaluadas a través de radiografías, han sido asociadas a falta de reparación del tejido periapical en un 65% de casos de retratamientos. En las radiografías de casos completa y correctamente obturados se veía la zona apical sin excesiva sobreobturbación del material hacia los tejidos periapicales, una obturación tridimensional del SCR, y una obturación radiopaca en el SCR. (15,16)

Los errores que se cometen en la obturación radicular son por lo general el resultado de una inadecuada limpieza y conformación del SCR, en donde se pudiesen haber generado escalones, perforaciones, incorrecta LT, escasa o excesiva preparación del canal radicular, entre otros. (2,4)

Ahora bien, si la obturación deficiente no fue en consecuencia de una mala PQM, el especialista debe remover el material de obturación y reobturar el SCR previo a la restauración. Sin embargo, si lo que se produjo fue una excesiva sobreobturbación de material a los tejidos periapicales, la remoción de manera convencional puede no ser posible, haciéndose necesaria una cirugía complementaria para lograr remover ese material extruido que estará causando sintomatología al paciente. (8,12)

Además de esto, es importante que el especialista tenga en consideración que la biocompatibilidad de un cemento sellador endodóntico contribuye al éxito clínico de la terapia endodóntica. Un material citotóxico puede retrasar la reparación de los tejidos periapicales o causar una reacción tisular inflamatoria. (2,17)

Según diversos estudios que postulan métodos de evaluación de la OSCR y clasifican el resultado final de esta, planteamos la siguiente clasificación de errores de la OSCR: (10,12,14,18)

1. Deficiencia en longitud:

- a. Subobturbación: Cuando la obturación no alcanza a llegar al límite apical de la preparación radicular.
- b. Sobreobturbación: Cuando la obturación traspasa el límite apical de la preparación radicular.

2. Deficiencia en amplitud:

- Falta de adaptación completa del material de obturación (cemento y conos de gutapercha) a las paredes del canal radicular por cada tercio.

3. Deficiencia en densidad:

- Presencia de poros, fisuras o burbujas al interior del material de obturación en cada tercio radicular.

Microfiltración endodóntica:

La microfiltración está definida como la difusión bacteriana, de fluidos orales, iones y moléculas a través de la interfase entre el diente y el material de relleno endodóntico. Se ha visto que el paso de fluidos a través de la dentina es producido por la permeabilidad de esta, la cual está influenciada por diversos factores, tales como el volumen de túbulos dentinarios, la capa de smear layer (barro dentinario) y las calcificaciones de la dentina. (19)

La microfiltración es una de las principales causas del fracaso endodóntico, siendo a su vez el principal factor de riesgo de la periodontitis apical. Esta se ve influenciada por diversas variables, tales como, la técnica de obturación, las propiedades físicas y químicas de los materiales de obturación, y la presencia o ausencia de smear layer. (19)

La filtración coronal ocurre debido a la ausencia o pérdida de material de relleno endodóntico, material de obturación temporal, obturación del SCR inadecuada, y ausencia de restauración permanente, en donde el SCR es contaminado por la flora bacteriana residente en el medio bucal. (19)

Los instrumentos endodónticos no logran ejercer su acción mecánica en todo el SCR debido a las complejidades anatómicas que presentan las piezas dentarias, es por esto que la irrigación tiene un rol fundamental en la PQM, permitiendo dejar un canal radicular limpio, libre de bacterias, y de todo tejido orgánico e inorgánico. (20)

Ingle postula que la mayoría de los fracasos en endodoncia son causados por la filtración del fluido proveniente del tejido periapical inflamado en canales radiculares mal obturados. (4)

Diversos autores han evidenciado que las superficies del canal radicular con una capa de smear layer no permiten la penetración de los materiales de relleno en los túbulos dentinarios, y es por esto que se hace tan esencial el uso de irrigantes y la activación de éstos, puesto que estarían ayudando a aumentar la superficie de contacto, mejorando la retención mecánica y reduciendo la posibilidad de la microfiltración. (20)

Otros autores, mencionan que la capa de smear layer es uno de los factores que pueden afectar la filtración coronal y apical comprometiendo el éxito a largo plazo de un tratamiento, es por esto que la capa de material orgánico e inorgánico debe ser removida antes de la obturación del SCR. (21)

Farhad y cols., proponen en su estudio que la remoción de la capa de smear layer puede permitir que la medicación intracanal penetre en los túbulos dentinarios infectados y consecuentemente cause una mejor desinfección. Sin embargo, existe una gran disputa, pues hay quienes mencionan que la capa de smear layer impide la

actividad bacteriana dentro de túbulos dentinarios, por lo tanto actuaría como una barrera física contra un libre movimiento dentro o fuera de los túbulos dentinarios. (21)

Los diferentes tipos de irrigación pueden alterar la composición química estructural y química de la dentina, de cualquier forma, afectan la adhesión de los materiales a la superficie de la dentina. La remoción de la capa de smear layer y la desmineralización de dentina peritubular deja túbulos ampliamente abiertos permitiendo la penetración y sellado mecánico del cemento sellador dentro de los túbulos dentinarios e incrementando la adhesión del área de superficie entre las paredes del canal radicular y el material de obturación, con esto muestra que el sellado apical aumenta significativamente cuando la capa de smear layer es removida, reduciendo así la microfiltración. (19)

Preparación de la superficie dentinaria:

Antes de la obturación, el clínico debe establecer la conformación y tamaño correcto del canal radicular. Una correcta preparación del canal provee una forma apical apropiada para la adaptación de los materiales de relleno y para la prevención de una extrusión apical excesiva de éstos. Es importante recordar que lo que es removido del canal radicular durante la limpieza, conformación y desinfección es más importante que lo que es puesto durante la obturación. (14)

La preparación y la desinfección son logradas mediante instrumentación mecánica e irrigación, esto permitirá una obturación tridimensional del sistema de canales radiculares. La importancia de mantener la forma original del canal radicular durante las maniobras de la preparación, para promover la curación periapical, se ha demostrado en numerosos estudios. (8,22)

La falta de habilidad del clínico para mantener la forma original y para desarrollar una conicidad adecuada de los canales puede resultar en errores de procedimiento como escalones y perforaciones, es por esto que es imprescindible que el procedimiento lo realice un especialista. (12)

Cuando el endodoncista está preparando el SCR para la obturación, debe mantener de manera constante la LT, lo cual es esencial para preparar y sellar los canales radiculares hasta una extensión apical adecuada. También es necesario, crear una forma de resistencia apical para lograr la compactación adecuada de los materiales de obturación, para lo cual existen diversos materiales y métodos. (12,14)

Por otro lado, está la preparación química mediante la irrigación endodóntica, la cual tiene como propósito remover el detritus creado durante la instrumentación y disolver y/o eliminar los remanentes inorgánicos y orgánicos del SCR, las bacterias y subproductos bacterianos que no han sido removidos mediante la instrumentación mecánica. (12,14)

Con la introducción de materiales de obturación diseñados para adherirse a la dentina, las soluciones irrigantes deben ser usadas teniendo en cuenta la condición de la superficie dentinaria, que sea más aceptable para lograr la adhesión. (14)

Los intentos de eliminar la infección del SCR sólo mediante la instrumentación, sin el uso de agentes antimicrobianos no han sido exitosos. El tratamiento endodóntico actual requiere del uso de ambos, preparación y desinfección mecánica y química del SCR. (2,11,12)

Durante la preparación del SCR, una capa superficial de tejidos remanentes, materiales orgánicos e inorgánicos y bacterias, se acumulan en las paredes del canal radicular. Este “barro dentinario” puede interferir o prevenir la adhesión de los cementos selladores a la pared del canal y sirve como sustrato para el crecimiento bacteriano. (4,11,12)

La evidencia tiende a apoyar la remoción del barro dentinario previo a la obturación. Esta remoción incluye la reducción de potenciales irritantes y permite una mejor adaptación del sellador a las paredes del canal radicular. La remoción del barro dentinario es lograda fácilmente con EDTA al 17% durante un minuto, seguido por un lavado final con hipoclorito de sodio al 5,25%. (12,14)

Los quelantes remueven los componentes inorgánicos y el hipoclorito de sodio es necesario para la remoción de los componentes orgánicos remanentes. La adecuada irrigación de los canales radiculares requiere un irrigante efectivo, así como un sistema eficiente de distribución. (2,4)

El sistema de irrigación debe ser aquel que no permita al irrigante extruirse más allá del foramen, dentro de los tejidos periapicales. Tradicionalmente la irrigación se realiza usando una jeringa y una aguja biselada, ubicada a 3 mm de la longitud de trabajo. (11,14)

También están las técnicas de activación de los irrigantes (sónica y ultrasónica), las cuales generan el movimiento del irrigante incrementando su efectividad. (12)

La activación ultrasónica provoca la formación de nodos y antinodos a lo largo de la lima que se encuentra sumergida en el irrigante, lo que provoca una dinámica de fluidos muy particular, que permite al irrigante ejercer acción sobre las paredes dentinarias eliminando el smear layer, además de aumentarle la temperatura al líquido, lo cual, en el caso del hipoclorito de sodio, genera un incremento de su efectividad. (12,14,21)

Materiales para la OSCR:

A lo largo del tiempo se han propuesto diversos materiales para ser utilizados en la obturación del espacio radicular luego de la PQM, pero en la actualidad los materiales existentes para realizar la OSCR son los conos de gutapercha, los elementos sólidos o vástagos y los cementos selladores. (2,11,14)

1. Conos de gutapercha:

El método más utilizado de obturación radicular implica gutapercha como material de núcleo sólido. (1,2,4,11)

Etimológicamente la palabra gutapercha viene de *Getah*: Goma y *Pertja*: nombre del árbol. Es extraída del árbol *Palaquium*, de la familia de las *Sapotaceae*. (1,14)

En odontología fue ocupada por primera vez en el año 1843 por Sir José de Almeida, y recién en el año 1867 Bowman la ocupa como material de relleno del sistema de canales radiculares. (1)

La gutapercha se utilizó inicialmente como un material de restauración y más tarde se convirtió en un material de presentación endodóntica indispensable. Esta se había utilizado anteriormente como férulas para mantener las articulaciones fracturadas, para controlar la hemorragia en las cavidades extraídas, en diversas enfermedades de la piel como la psoriasis, el eccema y en la fabricación de pelotas de golf. (1,4)

La composición de los conos de gutapercha es la siguiente: (1,11)

1. Matriz (Orgánico): Gutapercha 20%.
2. Relleno (Inorgánico): Óxido de Zinc 66%.
3. Radiopacadores (Inorgánico): Sulfatos 11%.
4. Plastificadores (Orgánicos): Ceras de resina 3%.

Químicamente la gutapercha pura existe en dos fases cristalinas diferentes (alfa y beta), que difieren en la distancia de repetición molecular y la forma de enlace simple. La gutapercha natural que viene directamente del árbol es fase alfa, mientras que el producto disponible comercial está en fase beta. (1)

La gutapercha en fase alfa (56 - 64°C), es de baja viscosidad, escurridiza, pegajosa, se encoge al fraguar y fluye bajo presión. Está disponible en barras o pellets y es usada para técnicas de obturación termoplástica. En cambio, la gutapercha en fase beta (42 - 44°C), es de alta viscosidad, sólida, compactable y alargable, y es usada para fabricar puntas y conos de gutapercha. (1)

Ventajas	Desventajas
Compatibilidad: Se adapta bien a las paredes del SCR	Falta de rigidez.
Inerte: No reactivo con los tejidos.	Alto desplazamiento bajo presión
Dimensionalmente estable	No produce sellado hermético
Gran tolerancia de los tejidos	Falta de adhesividad, siendo necesario el uso de cemento sellador
Radiopacidad	Dimensiones inexactas, a pesar de estar estandarizados
Plasticidad frente al calor	Rango de tolerancia mayor que la de los instrumentos
Se disuelve en algunos solventes	

Tabla I. Ventajas y desventajas de los conos de gutapercha. (23)

2. Elementos sólidos o vástagos:

- a. **Conos de plata:** Actualmente no se utilizan y en los casos en que se encuentran, los retratamientos se deben realizar con ultrasonido y microscopía.(14,24)
- b. **Vástagos:**
 - i. **Resilon Epiphany® (Policaprolactona):** Aparece hace 10-12 años atrás como alternativa a la gutapercha. Es una resina sintética termoplástica que promueve la acción en monoblock como las resinas. No progresó, ya que se demostró que la formación de monoblock no funcionaba y tenía un costo muy elevado, siendo eliminado del mercado. (14,24)
 - ii. **Thermafil® Plus:** Sistema basado en un núcleo transportador de gutapercha. Este presenta un vástago plástico radiopaco recubierto de gutapercha de tipo alfa. Se utiliza con un horno y se plastifica en la periferia para llevar al canal. Presenta un verificador que representa el instrumento inicial del cono que se lleva a LT. (14,24)
 - iii. **GuttaCore (Dentsply):** Surge ante la necesidad de tener un núcleo más fácil de remover para realizar la desobstrucción. Presenta un vástago de gutapercha entrelazada con cadenas de polímeros que la hace resistente al calor. También se utiliza con un horno con el fin de plastificar la gutapercha de la periferia para llevarla al canal. Presenta un verificador que representa el instrumento inicial del cono que se lleva a LT. (14,24)

Técnicas de OSCR:

Para realizar la OSCR el especialista cuenta con distintas técnicas, las cuales serán seleccionadas acorde a la anatomía radicular y apical a la que se esté viendo enfrentado, y a los alcances y limitaciones de cada una de estas técnicas. La AAE clasifica las técnicas de obturación radicular de la siguiente manera: (14)

1. Compactación lateral:

Un cono maestro correspondiente al calibre del tamaño final de la instrumentación y a la longitud del canal recubierto con sellador es insertado en el canal y es compactado lateralmente con espaciadores y rellenado con conos accesorios adicionales.

2. Compactación vertical:

Un cono maestro correspondiente al tamaño final de la instrumentación y de la longitud del canal es colocado recubierto con sellador, es calentado y compactado verticalmente con atacadores, hasta que el segmento de los 3-4 mm apicales del canal es obturado. Entonces, el remanente del canal radicular es obturado (tercio coronario y medio) de apical a coronario usando trozos de gutapercha caliente.

3. Onda continua:

La onda continua es esencialmente compactación vertical del material de relleno y sellador en la porción apical del canal radicular usando dispositivos comercialmente disponibles como el System B (Sybron Endo, Orange, Calif.) y la unidad de obturación Elements™ (Sybron Endo, Orange, Calif.) y luego realizar la obturación de la porción remanente del canal radicular usando dispositivos de inyección como el Obtura (Obtura, Spartan, Earth City, Mo), la unidad de obturación Elements™ (Sybron Endo, Orange, Calif.) y Hot Shot (Discus Dental, Curver City, Calif.).

4. Lateral caliente:

Un cono maestro correspondiente al tamaño final de la instrumentación del canal recubierto con sellador es insertado en el canal, calentado con un espaciador caliente, compactado lateralmente con espaciadores y rellenado con conos accesorios adicionales. Algunos dispositivos usan vibración además del espaciador caliente.

5. Técnicas de inyección:

- a. El material de relleno precalentado y termoplastizado es inyectado directamente dentro del canal radicular. El cono maestro no es usado, pero el sellador es colocado dentro del canal 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) o Calamus® (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Okla).

- b. Una matriz fluida, fría que es triturada, GuttaFlow® (Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, Ohio), consiste en gutapercha que adiciona un sellador a base de resinas, Roeko Seal. El material se presenta en cápsulas para su trituración. La técnica consiste en la inyección del material en el canal radicular y la colocación de un solo cono maestro.

6. Termomecánica:

Un cono recubierto con sellador es colocado en el canal radicular, es enganchado con un instrumento rotatorio que por fricción lo calienta, lo plastifica y lo compacta en el interior del canal.

7. Basados en transportadores (carriers):

- a. **A base de transportadores termoplastizados:** La gutapercha caliente presentada en un transportador plástico es llevada directamente al canal como obturación del mismo. Ej. Thermafil® (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Okla), RealSeal 1™ (Sybron, Orange, Calif.), Densfil™ (Dentsply Maillefer, Tulsa, Okla) y Soft-Core® (Axis Dental, Coppell, Texas).
- b. **A base de transportadores seccionados:** Un cono de gutapercha medido y seccionado con sellador es insertado en los 4 mm. apicales del canal radicular. La porción remanente del canal radicular es rellenada con gutapercha inyectable termoplastificada usando una pistola de inyección. Ej. Simpli Fill (Discus Dental, Curver City, Calif.).

8. Plastificación química:

La gutapercha químicamente ablandada mediante el uso de solventes como el cloroformo o el eucaliptol, es insertada en el canal y compactada lateralmente con espaciadores, para poner conos secundarios.

9. Conos comerciales / solventes:

Solventes como cloroformo, eucaliptol o halotano son usados para ablandar la superficie externa del cono para tomar una impresión apical del canal. Sin embargo, debido a que ocurre contracción, el cono debe ser removido y reinsertado en el canal con sellador y condensado lateralmente con espaciadores y conos accesorios.

10. Pastas:

Las obturaciones con pastas han sido usadas en diversas aplicaciones. Cuando se utilizan como material de obturación definitiva sin un material que ocupe el núcleo, son consideradas como menos exitosas y no ideales.

11. Tope Apical:

Las barreras apicales son importantes para la obturación de canales de raíces inmaduras con ápices abiertos. El material de elección es el agregado trióxido mineral (MTA).

Cementos selladores endodónticos:

Walton instauro la “filosofía de la obturación”, la cual dice que “Los estudios histológicos y análisis de reparación posterior a la obturación, indican que es preferible confinar los instrumentos, productos químicos y materiales de obturación, en el espacio del canal radicular, dentro de él y no fuera de él”. (25)

Los cementos selladores son materiales utilizados como complemento en la obturación del SCR, en donde adhiere los conos de gutapercha entre sí y a las paredes del canal radicular. Es de aplicación definitiva, reacciona mediante fraguado, polimerización o quelación y es de reabsorción lenta. (11)

El uso del cemento sellador es independiente de la técnica de obturación utilizada. En un estudio comparativo entre condensación lateral y compactación vertical; sin el uso de un sellador ambas técnicas están asociadas a una mayor filtración. (26)

Sus funciones son sellar la interfase, irregularidades y discrepancias menores entre el material de obturación radicular y las paredes del canal. Además, actúa como lubricante para que los conos de gutapercha alcancen con mayor facilidad la longitud de trabajo, contribuyen a la desinfección del SCR gracias a su efecto antimicrobiano y sella la anatomía accesoria. (2,11)

La gran cantidad de cementos selladores disponibles en el mercado puede ser un problema. Al momento de escoger el adecuado hay que tener en cuenta diferentes variables como los recursos económicos con que se cuenta, el diagnóstico, el tipo de rehabilitación que necesita el diente y el tiempo de trabajo de cada cemento sellador.

Grossman estableció los requisitos y características que debe tener un buen cemento endodóntico, los cuales se enumeran a continuación: (4,11)

1. Radiopaco.
2. Pegajoso, proporcionando una buena adhesión entre la gutapercha y la pared del canal, creando un sellado hermético que no permita la filtración.
3. Partículas del polvo finas para mezclarse fácilmente con el líquido.
4. No debe presentar contracción volumétrica al fraguar.
5. No debe teñir la estructura dentaria.
6. Debe ser bacteriostático o al menos no favorecer el desarrollo bacteriano.
7. Debe fraguar lentamente.
8. Insoluble en líquidos orales.
9. Bien tolerado por tejidos periapicales.
10. Ser soluble en un solvente común por si fuera necesario retirarlo del canal.
11. No provocar reacción inmunológica en los tejidos apicales.
12. No ser mutagénico ni carcinogénico.

Una vez puesto el cemento debe ser capaz de fluir y llenar canales accesorios y forámenes múltiples, independiente de la técnica de obturación utilizada. (11).

Los cementos selladores se clasifican de acuerdo con sus principales componentes químicos: óxido de zinc, eugenol, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio, resinas, silicona, y selladores basados en materiales biocerámicos.

1. Pastas como cementos selladores:

Las pastas se han utilizado como material de obturación desde hace décadas, siendo estas un material único de relleno, a diferencia de los cementos selladores que se utilizan en conjunto con la gutapercha. (27)

Estas suelen causar problemas cuando hay que repetir el tratamiento, ya que no se conoce ningún disolvente efectivo para retirarlas.(27)

Dentro de su composición se encuentra el paraformaldehído, antiséptico, fijador y momificador que, al ser polímero del formol, lo va liberando lentamente dando lugar a inflamación crónica o a toxicidad celular. (28)

Las más comunes son las pastas de Walkoff, la pasta N2 y la pasta FS, las cuales contenían yodoformo y corticoesteroides, que le daban propiedades antimicrobianas y reparativas. (28)

En la actualidad las pastas se utilizan con fines terapéuticos, ya que está comprobado que, para lograr un adecuado sellado apical, el cono de gutapercha es, hasta el momento lo mejor.

2. Cementos selladores en base a óxido de zinc-eugenol:

Están formados por una parte central de óxido de zinc rodeados de matriz de eugenolato de zinc, fraguan mediante un proceso químico combinado, tienen un tiempo de manipulación prolongado, buena plasticidad, y sufren de un endurecimiento lento en ausencia de humedad y con muy poco cambio volumétrico. Sin embargo, se ha estudiado mucho la citotoxicidad de estos selladores, demostrando que el óxido de zinc-eugenol es citotóxico, y que al extraerse en los tejidos apicales genera una respuesta inflamatoria. (29)

a. Óxido de zinc y eugenol simple:

Es una mezcla polvo-líquido. El polvo contiene óxido de zinc, resina en pequeñas cantidades y acetato de zinc. La resina disminuye la fragilidad del cemento, y el acetato entrega mayor resistencia y acelera la reacción de endurecimiento. El líquido está formado por eugenol, el cual le proporciona el efecto antimicrobiano. (30)

La unión de eugenol con óxido de zinc, por cristalización forman eugenolato de zinc y se libera agua como subproducto. La consistencia debe ser suave y cremosa. Una vez cristalizado el cemento tiene un pH 6-8, y tiempo de fraguado de 4 a 5 minutos. (31)

Se ha demostrado que, al utilizar este tipo de cementos en la obturación de canales radiculares, es poco probable tener un cierre apical completo. En la actualidad se utiliza como material restaurador temporal. (12)

b. Cemento de Grossman:

Está compuesto por la unión de un polvo con un líquido, puede considerarse como una modificación del óxido de zinc- eugenol convencional, adicionando más compuestos al polvo para mejorar sus propiedades. (3)

El polvo contiene óxido de zinc, resina, subcarbonato de bismuto, sulfato de bario y borato de sodio. La resina le permite una mayor solubilidad del polvo en el líquido, aumenta el tiempo de trabajo y otorga un pH menos ácido. El líquido es eugenol, entregando las propiedades características de éste. (3,32)

Presenta buenas propiedades físico-químicas como un adecuado tiempo de trabajo, escurrimiento, adhesión a las paredes dentinarias y radiopacidad. (4)

Debe espatularse con lentitud incorporando el polvo al líquido, sin exagerar la cantidad de líquido debido a que eso lo transforma en irritante y disminuye las propiedades físicas. (32)

c. Cementos con fórmula de Rickert:

La diferencia con los anteriores es la manipulación y algunos cambios en su composición, orientadas principalmente al efecto biológico que estos materiales causan en los tejidos circundantes. (27)

Dentro de las marcas comerciales se encuentran: Pulp canal sealer (Kerr Sybron, EEUU), TubliSeal (Kerr Syborn, EEUU), Endomethasone (Septodont, Francia).

3. Cementos selladores en base a hidróxido de calcio:

El hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) es un medicamento con propiedades ampliamente descritas, por eso se usa como componente de cementos selladores para la obturación de canales radiculares. (33)

Su característica que lo hace tan importante para endodoncia es la capacidad de ejercer un efecto terapéutico, sin embargo, para que sea eficaz, debe ocurrir la disociación de los iones calcio e hidroxilo. Esta disociación genera preocupación al utilizarlo como sellador, ya que podría dejar espacios al interior del canal radicular, debilitando su sellado. (34)

Dentro de las marcas comerciales se encuentra: Sealapex (Kerr Syborn), CRCS (Hygenic), Apexit Plus (Vivadent / Ivoclar), Vitapex (Diadent, Japón), Sealer 26 (Dentsply, Brasil).

4. Cementos selladores en base a ionómero de vidrio:

Los cementos ionómeros de vidrio fueron desarrollados por Wilson en 1969. Se componen de un vidrio, poliácidos y agua, dichos componentes producen el cemento mediante una reacción ácido-base inmediata. (3)

Los cementos de vidrio ionómero utilizados en endodoncia tienen todas las características propias de estos materiales: fraguado en el tiempo, buenas propiedades mecánicas, adhesión química a la dentina, liberación de flúor en el tiempo y biocompatibilidad. Sin embargo, para este caso particular de uso como cemento sellador su principal complicación es cómo eliminarlo en casos de retratamiento. Se indican en aquellos casos en que se quiera reforzar la estructura dentaria. (3,29)

Dentro de las marcas comerciales encontramos: Ketac Endo (3M Espe, EEUU), Endion (VOCO).

5. Cementos en base a resina epóxica:

Son cementos selladores en base a resina epóxicas, destinados a la obturación de dientes permanentes en combinación con conos de gutapercha. Actualmente es el cemento sellador de elección por la mayoría de los endodoncistas.

Se han introducido en la clínica por sus características favorables como la fuerte adhesión a las paredes del canal radicular, alta biocompatibilidad, adecuado tiempo de trabajo, buena radiopacidad, alta estabilidad dimensional, adecuada resistencia a la solubilidad garantizando su mantención en el tiempo, reduce el riesgo de una reacción inflamatoria apical, presenta adecuada viscosidad que permite una fácil introducción, adaptación a las paredes dentinarias, y además, gracias a sus propiedades termoplásticas ofrece la posibilidad de retratamientos. (27)

La principal desventaja es que la capacidad de sellado de estos cementos se ve afectada por la humedad, por ende, el control de ésta y la eliminación del barro dentinario aumentan la microfiltración, independientemente de la técnica de obturación utilizada. (35)

Dentro de las marcas comerciales más utilizadas en el mercado se encuentran: AH-plus, AH-26 (Dentsply), Top Seal (Dentsply-Maillefer), Thermaseal plus (Dentsply-Tulsa).

6. Cementos en base a siliconas:

Los materiales en base a polivinilsiloxano (silicona de adición) se utilizan desde hace muchos años en odontología y en múltiples áreas. En endodoncia específicamente son de elección ya que poseen una buena adaptabilidad a los espacios y baja absorción de agua por lo cual no sufren distorsión, además son biocompatibles, tienen una buena tolerancia de parte de los tejidos y pueden sellar en presencia de humedad. Presentan una elevada fluidez, son insolubles, radiopacos, tienen un buen tiempo de trabajo, y son fáciles de manipular y retirar del canal radicular. (36)

El más común utilizado como agente sellador es RSA RoekoSeal Automix (Roeko, Alemania).

Lucena Martín y cols. (2002) compararon la filtración apical de Endomethasone, Top Seal y Roeko Seal, las muestras fueron obturadas con condensación lateral. Los resultados mostraron que los 3 selladores tuvieron una escasa filtración. (37)

7. Cementos en base a metacrilatos

Estos cementos selladores están dentro de un sistema para la obturación de canales radiculares basados en polímeros de poliéster. El sistema está compuesto por un material de núcleo central, un sellador en base a un metacrilato de baja viscosidad y, en la mayoría de los casos, un agente específico para unirse a la dentina radicular. (38)

Estos selladores están basados en el concepto de realizar una técnica adhesiva, tanto a las paredes radiculares como a al material de obturación, con la idea de conseguir una estructura "monobloque" material-diente en el canal obturado. (38)

El sistema de adhesión de los selladores de resina de metacrilato es en base a retenciones micromecánicas a través de un infiltrado de la resina en la matriz de colágeno parcialmente desmineralizada. Al tener resina en su composición sufren de contracción de polimerización, la cual es la principal desventaja que presentan, debido a que generan brechas que facilitan la microfiltración. (38)

Se clasifican en cuatro generaciones dependiendo del componente principal y de su forma de interacción con el sustrato dentinario. (38)

8. Cementos en base a silicatos de calcio (MTA):

El Agregado Trióxido Mineral (MTA) fue desarrollado en 1993, y actualmente tiene numerosas aplicaciones debido a su biocompatibilidad y ventajas. (12)

Es importante mencionar que el MTA es un derivado del cemento Portland, y por ende comparten los mismos componentes principales como el calcio, fosfato y sílice. La composición específica del MTA se basa en: (39)

Composición química del MTA		
75%	Silicato tricálcico	
	Aluminato tricálcico	
	Silicato dicálcico	
	Aluminato férrico tetracálcico	
20%	Óxido de bismuto	
4.4%	Sulfato de calcio dihidratado	
0.6%	Residuos solubles	Sílica cristalina
		Óxido de calcio
		Sulfato de potasio y sodio

Tabla II. Composición química del MTA.

Está constituido de partículas finas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad, el resultado es un gel coloidal que solidifica a una estructura dura en tres a cuatro horas. (39,40)

Sus características dependen del tamaño de las partículas, de la proporción polvo-líquido, temperatura, presencia de agua y aire comprimido. (39)

Es importante tener en cuenta que, pese a que el MTA fue el primer material de composición biocerámica, se diferencia del resto de los biocerámicos debido a que no comparte las características de nanotecnología en su composición.

Dentro de sus características se encuentra que posee baja solubilidad y pH muy alcalino. Este pH es muy similar al del hidróxido de calcio, entregándole efectos antibacterianos. (39)

El Endo-CPM-Sealer® es el primer cemento sellador de canales cuya composición es a base de trióxidos de minerales agregados. (39,41,42)

Distintos estudios han demostrado las excelentes propiedades del MTA, demostrando que este material estimula la formación de tejido duro en el ápice del diente que estuvo bajo tratamiento endodóntico, y también la formación de tejido duro en zonas donde hubo perforación accidental patológica o iatrogénica de la raíz. (39,41,42)

Según los fabricantes, cuando se utiliza el Endo-CPM-Sealer® como sellador de canales radiculares en combinación con puntas de gutapercha demuestra que la contracción de fraguado no es significativa, así mismo posee bajo grado de solubilidad frente a los fluidos tisulares como gran adaptación y adherencia a las paredes dentinarias. Su tiempo de trabajo es de aproximadamente 30 minutos a una temperatura ambiente de 25°C. (41)

Si bien la introducción del MTA fue considerada como un gran avance en la historia de los biomateriales, y desde entonces las propiedades de este han sido mejoradas para lograr sus máximos beneficios. Ha habido algunas limitaciones de este material que siempre han obligado a los investigadores de todo el mundo a buscar sus alternativas. La manipulación difícil, el tiempo de fraguado lento y el alto costo son los únicos por nombrar algunos. (41)

9. Cemento sellador en base a biocerámicos.

Biocerámicos en endodoncia:

A fines de la década de los 60, algunos investigadores como Hench y cols., observaron que varios vidrios y cerámicas tenían la capacidad de adherirse al tejido óseo vivo, creándose un nuevo material llamado "Bioglass". Las investigaciones siguieron avanzando y a fines de la década pasada se descubrieron los materiales bioactivos, con aplicación tanto en medicina como en odontología. (43)

Los biocerámicos son materiales especialmente diseñados para uso en medicina y odontología, y se componen de alúmina, zirconio, vidrio bioactivo, vidrios cerámicos, hidroxiapatita y fosfatos de calcio reabsorbibles.

Si bien todos los biocerámicos presentan los mismos componentes, el porcentaje en que se encuentra cada uno varía según el fabricante, la presentación del biocerámico y objetivo para el que se está utilizando.

Características de los materiales biocerámicos
Partículas de pequeño tamaño
Hidrofílicos
Ángulo de contacto bajo
Alto pH (>11)
Radiopaco
Tiempo de fraguado corto (12 minutos)
Libre de resinas

Tabla III. Características de los materiales biocerámicos

Los biocerámicos están categorizados en tres grupos dependiendo de su interacción con el tejido vivo circundante, los cuales son: (5,44,45)

1. **Bioinertes:** Capaces de rellenar tejidos y ser tolerados por el organismo.
2. **Bioactivos:** Tolerados por el organismo con capacidades de osteoconducción. Dentro de este grupo podemos encontrar los siguientes cementos selladores endodónticos: iRoot® SP (IBC, Canadá), el EndoSequence® BC Sealer™ (Brasseler, EEUU) y el TotalFill® BC Sealer™ (FKG, Suiza), entre otros.
3. **Biodegradables:** Con capacidad de ser degradados en ambiente biológico y reemplazado por hueso. (“Scaffold” para uso Traumatológico).

Propiedades de los materiales biocerámicos
Excelente nivel de viscosidad
Nula contracción durante su fraguado
Biocompatibles
Bioactivos
Alta estabilidad dimensional
Comportamiento mecánico similar a la dentina
Anclaje micromecánico
No se reabsorben en el tiempo

Tabla IV. Propiedades de los materiales biocerámicos

Existen numerosos biocerámicos actualmente en uso en odontología y medicina. La alúmina y el zirconio se encuentran entre las cerámicas bioinertes utilizadas para dispositivos protésicos. (46)

Los vidrios bioactivos y las cerámicas de vidrio están disponibles para su uso en odontología bajo diversos nombres comerciales. Además, se han utilizado cerámicas porosas tales como materiales basados en fosfato de calcio para rellenar defectos óseos. Incluso algunos silicatos de calcio básicos como ProRoot MTA (Dentsply) se han utilizado en odontología como materiales de reparación de raíz y para rellenos apicales. (46)

Los biocerámicos fueron introducidos en la Endodoncia en la década de los 90, y siendo usados primero como material de obturación retrógrada y luego como cementos de reparación radicular, selladores de canales radiculares, y recubrimientos de conos de gutapercha. (47)

Usos de los biocerámicos en endodoncia
Retrobturación
Sellado de perforaciones
Reabsorciones radiculares
Tope apical / Apexificación
Recubrimiento pulpar
Endodoncia regenerativa
Cemento sellador

Tabla V. Usos de los biocerámicos en endodoncia

Los materiales de reparación biocerámicos, se utilizan en endodoncia para diversos procedimientos entre los que incluyen, recubrimiento pulpar, apexificación, retrobturaciones y reparación de perforaciones, entre otros. (48)

Un material de reparación ideal debe ser biocompatible, radiopaco, antibacteriano, dimensionalmente estable, fácil de manipular, y no debe ser afectado por la contaminación con sangre (48), también es deseable que el material seleccionado pueda adherirse a las paredes de la cavidad, inducir regeneración del tejido periapical, proporcionar un buen sellado contra las bacterias y fluidos, fraguar en un entorno húmedo, y que tenga buena resistencia a la compresión. (49,50)

En la tabla IV se detallan los materiales de reparación biocerámicos, sus marcas comerciales y sus fabricantes.

Fabricante	Marca comercial
Septodont (Francia)	Biodentine™
FKG (Suiza)	TotalFill® BC RRM™ (pasta)
	TotalFill® BC RRM™ (putty)
	TotalFill® BC RRM™ (fast set putty)
IBC (Canadá)	BioAggregate®
	iRoot® BP Plus (putty)
Bionique Dent (Irán)	Calcium Enriched Mixture (CEM) cement
Brasseler (EEUU)	EndoSequence® BC RRM™ (putty)
	EndoSequence® BC RRM™ (pasta)
Binderware (Brasil)	EndoBinder
Bisco (EEUU)	TheraCal LC®
Avalon Biomed Inc. (EEUU)	Quick-Set
Isasan (Italia)	Tech Biosealer Root End
	Tech Biosealer Capping
	Tech Biosealer Apex

Tabla VI. Materiales de reparación y retrobturación biocerámicos

Ventajas de los biocerámicos:

Es importante comprender las ventajas específicas de los biocerámicos en odontología y por qué se han vuelto tan populares, y esto se debe a sus características: (44,46)

1. Biocompatibles: No producen respuesta inflamatoria de los tejidos periapicales cuando entran en contacto con ellos.
2. Estabilidad en ambientes biológicos: No sufren contracción de fraguado, todo lo contrario, tienen una expansión de 0,002mm y no se reabsorben.
3. Capacidad de producir hidroxiapatita durante su proceso de fraguado, generando un enlace químico entre la dentina y el material de obturación.
4. pH alcalino (12,8): Durante las primeras 24 horas de fraguado, brindándole una elevada actividad antibacteriana.
5. Facilidad de uso: Poseen un tamaño de partícula menor a 2 μm ., lo que permite ser usados en una jeringa premezclada (puede ser usado con “capillary tips” de 0,12mm de diámetro u otras). Se introduce directamente en el canal.
6. Tiempo de trabajo adecuado: Aproximado de tres a cuatro horas a temperatura ambiente.
7. Duración aproximada de dos años almacenados y no requiere refrigeración.

Cementos selladores en base a biocerámicos:

Los cementos selladores biocerámicos son hidrofílicos, es decir que pueden fraguar ante la exposición a un ambiente húmedo, humedad que es proporcionada por los túbulos dentinarios. (45)

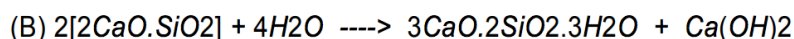
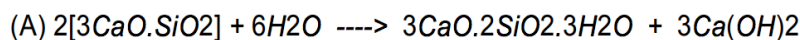
De acuerdo a lo relatado por Koch (2010), al contener la dentina un 20% de agua en relación a su volumen, esta agua sería la que inicia el proceso de fraguado del cemento y la consecuente formación de hidroxiapatita. De esta manera, si el canal después del secado final quedara húmedo, no se vería afectada su capacidad de sellado. El ser hidrofílico, tener un tamaño de partícula pequeño y adherirse de manera química a la dentina le otorga buenas propiedades hidráulicas. (43,46)

Los biocerámicos son materiales químicamente estables en entornos biológicos, no se contraen, más bien se expanden muy ligeramente tras la finalización del proceso de fraguado, así como tampoco dan lugar a una respuesta inflamatoria significativa si se produce una sobreobtención. Además, son bioactivos, ya que poseen capacidad para formar hidroxiapatita y establecer un enlace químico entre la dentina y el material. (47)

Los silicatos de calcio del polvo al hidratarse forman un gel de silicato de calcio e hidróxido de calcio, posteriormente el agua reacciona con los silicatos de calcio, para que estos precipiten generando un hidrato-silicato de calcio, generándose finalmente un precipitado de Hidroxiapatita (fig. 1). (43,46)

Durante este proceso, el agua juega un papel fundamental en el control del nivel de hidratación y el fraguado del material.

Las reacciones de hidratación de los silicatos de calcio pueden ser de la siguiente manera:



La reacción de precipitación de la hidroxiapatita ocurre de la siguiente manera:

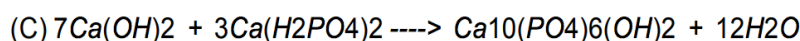


Fig. I. Reacción de hidratación de los silicatos de calcio y precipitación de hidroxiapatita. (51)

Actualmente en el mercado existen diversas marcas de cementos selladores en base a biocerámicos, los cuales en algunas ocasiones comparten exactamente las mismas propiedades y solo varían en su nombre, según la casa dental que los comercializa.

En la tabla V se detallan los cementos selladores biocerámicos, sus marcas comerciales, sus fabricantes y su composición.

Marca comercial	Fabricante	Composición
EndoSequence® BC Sealer™ TotalFill® BC Sealer™ iRoot® SP	Brasseler (EEUU) FKG (Suiza) IBC (Canadá)	Óxido de circonio, silicatos de calcio, fosfato monocálcico, hidróxido de calcio, agentes de relleno y espesantes.
Tech Biosealer Endo	Isasan (Italia)	Polvo: Cemento portland blanco, cloruro cálcico, fluoruro sódico y óxido de bismuto. Líquido: Solución tamponada con fosfato de Dulbecco (DPBS).
BioRoot RCS™	Septodont (Francia)	Polvo: Silicato tricálcico, óxido de circonio y povidona. Líquido: Cloruro de calcio y policarboxilato.

Tabla VII. Cementos selladores en base a biocerámicos

A continuación, se describen las características de los cementos selladores en base a biocerámicos más conocidos.

1. EndoSequence® BC Sealer™ (Brasseler, EEUU) / TotalFill® BC Sealer™ (FKG, Suiza) / iRoot® SP (IBC, Canadá):

Estos cementos biocerámicos tienen la misma composición, pero adquieren diferentes nombres dependiendo de dónde y de quién lo comercialice, EndoSequence® BC Sealer™ fabricado por Brasseler en Estados Unidos, iRoot® SP fabricado por Innovador BioCeramix, Inc. en Canadá y TotalFill® BC Sealer™ fabricado por FKG en Suiza.

Son cementos selladores biocerámicos premezclados, inyectables y listos para su uso, que contienen óxido de circonio, silicatos de calcio, fosfato monocálcico, hidróxido de calcio, agentes de relleno y espesantes. El óxido de circonio se les añade para incrementar la radiopacidad del sellador. (52)

Este es un material insoluble, altamente radiopaco y libre de aluminio basado en una composición de silicato de calcio que requiere la presencia de agua para su solidificación y endurecimiento, aprovechándose de la humedad natural presente en los túbulos dentinarios. No sufre contracción durante la solidificación y ofrece buenas propiedades físicas, además gracias a su pH alcalino es antibacteriano (>12). (52)

Tiene la capacidad de formar hidróxido de calcio e hidroxiapatita para asegurar una excelente unión entre dentina y material de relleno (gutapercha), reforzando la estructura remanente para evitar posibles fracturas. (53)

El tiempo de trabajo puede ser más de 4 horas a temperatura ambiente y el tiempo de fraguado depende de la cantidad de agua presente en los túbulos dentinarios, pudiendo variar desde 4 a más de 10 horas en canales radiculares muy secos. No es necesario añadir humedad adicional. (54)

El EndoSequence® BC Sealer™ se puede utilizar como cemento sellador con conos de gutapercha convencionales, o acompañado de sus puntas biocerámicas (EndoSequence® Points™ BC) junto con su propio sistema de obturación (BC Obturation System™).

En el estudio de DeLong y cols., demostraron que EndoSequence® BC Sealer™ muestra una resistencia de unión favorable al utilizarlo en la técnica de cono único, lo cual coincide con lo recomendado por los fabricantes, cuando se utiliza con una técnica de onda continua de calor, la resistencia de unión se reduce, por lo tanto, no se recomienda. (55)



Fig. II. EndoSequence® BC Sealer™, Kit TotalFill® BC Sealer™ y Kit iRoot® SP
(Obtenidas de los sitios web de Brasseler USA Dental, FKG e IBC respectivamente)

2. Tech Biosealer Endo (Isasan, Italia)

El Tech Biosealer Endo es un cemento endodóntico creado y distribuido en Italia, que mantiene las mismas características de los biocerámicos antes mencionados. Endurece en ambientes húmedos (piezas con ápice abierto, por ejemplo), tiene una expansión volumétrica de 0.35-0.50%, tiene una alta capacidad de sellado gracias a la formación de depósitos de apatita, y es altamente biocompatible. (56)

Viene en presentación de polvo-líquido. Cada blíster tiene 10 cápsulas de 270 mg. de polvo y está compuesto de cemento de portland blanco, cloruro cálcico, fluoruro sódico y óxido de bismuto. El líquido viene en un envase de 5 ml. y está compuesto de una solución tamponada con fosfato de Dulbecco (DPBS). (56)



Fig. III. Tech Biosealer Endo
(Obtenida del sitio web de Isasan)

3. BioRoot™ RCS (Septodont, Francia):

BioRoot™ RCS es un cemento sellador de endodoncia en base a material biocerámico. Se introdujo para superar las limitaciones del MTA, el cual era considerado el mejor material de obturación hasta el momento. En la actualidad ha demostrado ser un segundo gran avance. (57)

La manipulación relativamente más fácil, el bajo costo y la configuración más rápida son las principales ventajas de este material. Los estudios también han demostrado que su resistencia a la compresión y flexión es superior a la del MTA, además de la alta biocompatibilidad y la excelente bioactividad que todos los materiales biocerámicos presentan. (57)

Debido a la falta de estudios observacionales a largo plazo, es difícil inferir concretamente qué material de obturación es superior, sin embargo, la maniobrabilidad y los factores económicos son favorables para los biocerámicos.

Como todo material biocerámico, es altamente biocompatible y reduce el riesgo de reacciones tisulares adversas, además estimula el proceso fisiológico del hueso y la mineralización de la estructura dental.

Dentro de sus características especiales es la estrecha interfaz que se crea entre la gutapercha, el sellador y la dentina, además de presentar propiedades antimicrobianas gracias a la liberación de hidróxido de calcio, tiene capacidad de estimular la cicatrización periapical y no es dañino ya que es libre de monómeros y contiene minerales de alta pureza, es de fácil manejo clínico por su rápida y fácil inserción en el canal radicular, y presenta una adecuada radiopacidad. Además, es fácil de retirar en caso de indicación de retratamiento. (57)



Fig. IV. Envase y contenido BioRoot™ RCS
(Obtenida del sitio web de Septodont)

La presentación es polvo-líquido. El polvo está compuesto por silicato tricálcico, óxido de circonio y povidona, mientras que el líquido es cloruro de calcio y policarboxilato. (57)

La mezcla debe ser una cucharada de polvo por 5 gotas de solución líquida, se debe añadir de manera progresiva el polvo al líquido y mezclar hasta obtener una consistencia cremosa y lisa, lo cual demora aproximadamente 60 segundos. Proporciona un tiempo de trabajo de 10 minutos mínimo, y el fraguado total se obtiene a las 4 horas. (57)

En casos de retratamiento, el retiro se debe realizar de manera convencional.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Realizar una revisión de la literatura actualmente publicada durante los últimos diez años, con el fin de conocer la capacidad de sellado de los cementos selladores biocerámicos utilizados para la obturación del sistema de canales radiculares en endodoncia.

Objetivos específicos:

1. Identificar cuáles son los cementos selladores biocerámicos utilizados para la obturación del SCR en endodoncia.
2. Cuál es el cemento sellador biocerámico más utilizado en los estudios analizados.
3. Determinar cómo se evaluó la penetrancia de los cementos selladores biocerámicos utilizados en los estudios analizados.
4. Identificar cuál es el cemento sellador biocerámico mejor evaluado, de los estudios analizados, independiente de la técnica de medición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación: Revisión de la literatura.

Determinación de la muestra:

Estudios de cementos selladores endodóntico en base a biocerámicos con nanopartículas de indicación para obturación radicular ortógrada publicados entre Enero de 2009 y Enero 2019.

Criterios de inclusión:

- Estudios *in vitro* en dientes humanos con formación radicular completa.
- Estudios que utilizan cementos selladores endodónticos en base a biocerámicos de indicación para obturación radicular ortógrada.
- Estudios de los últimos 10 años.
- Estudios que evalúen la penetrancia de los cementos selladores biocerámicos.

Criterios de exclusión:

- Estudios en dientes animales.
- Estudios con conflictos de interés.
- Reporte de casos y revisiones bibliográficas.

Método de búsqueda o muestreo:

Se realizó una revisión de la literatura, recolectándose artículos de las bases de datos Web of Science, EBSCO, PubMed y Cochrane.

La búsqueda en Web of Science, EBSCO, PubMed y Cochrane. Para cada base de datos se utilizaron diferentes combinaciones de las siguientes palabras clave, "endodontics", "bioceramic", "bioceramics", "sealer", "sealers", "sealing ability" y "filling quality" asociadas por los conector booleano AND. El término MESH utilizado fue "endodontics". La llaves de búsqueda utilizadas fueron las siguientes:

- Endodontics AND bioceramic sealer.
- Endodontics AND bioceramic AND sealer.
- Endodontics AND bioceramics AND sealers.
- Endodontics AND bioceramic AND sealing ability.
- Endodontics AND bioceramic AND filling quality.

Selección de estudios:

Para seleccionar los estudios que se encontraron en las bases de datos electrónicas, ambos investigadores leyeron los títulos y abstracts de todos los artículos encontrados, en los casos en que la información contenida en el abstract de cada artículo fue insuficiente, se leyó el artículo completo para mayor seguridad, luego de esto, se seleccionaron de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión, y posteriormente los criterios de elegibilidad.

RESULTADOS

Luego de realizada la búsqueda bibliográfica en cada uno de los buscadores, se obtuvo un total de 373 artículos, lo cual se desglosa en las siguientes tablas:

1. Web of Science:

Palabras claves	Nº de estudios encontrados
endodontics AND bioceramic sealer	11
endodontics AND bioceramic AND sealer	11
endodontics AND bioceramics AND sealers	4
endodontics AND bioceramic AND sealing ability	5
endodontics AND bioceramic AND filling quality	1
Total:	32

2. EBSCO:

Palabras claves	Nº de estudios encontrados
endodontics AND bioceramic sealer	52
endodontics AND bioceramic AND sealer	67
endodontics AND bioceramics AND sealers	67
endodontics AND bioceramic AND sealing ability	15
endodontics AND bioceramic AND filling quality	1
Total:	202

3. PubMed:

Palabras claves	Nº de estudios encontrados
endodontics AND bioceramic sealer	57
endodontics AND bioceramic AND sealer	57
endodontics AND bioceramics AND sealers	7
endodontics AND bioceramic AND sealing ability	15
endodontics AND bioceramic AND filling quality	3
Total:	139

4. Cochrane:

Palabras claves	Nº de estudios encontrados
endodontics AND bioceramic sealer	0
endodontics AND bioceramic AND sealer	0
endodontics AND bioceramics AND sealers	0
endodontics AND bioceramic AND sealing ability	0
endodontics AND bioceramic AND filling quality	0
Total:	0

Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, y de eliminar los artículos duplicados, se obtuvo un total de 10 artículos científicos, los cuales fueron seleccionados para esta revisión de la literatura.

Los resultados de la búsqueda son presentados en el siguiente diagrama de flujo:

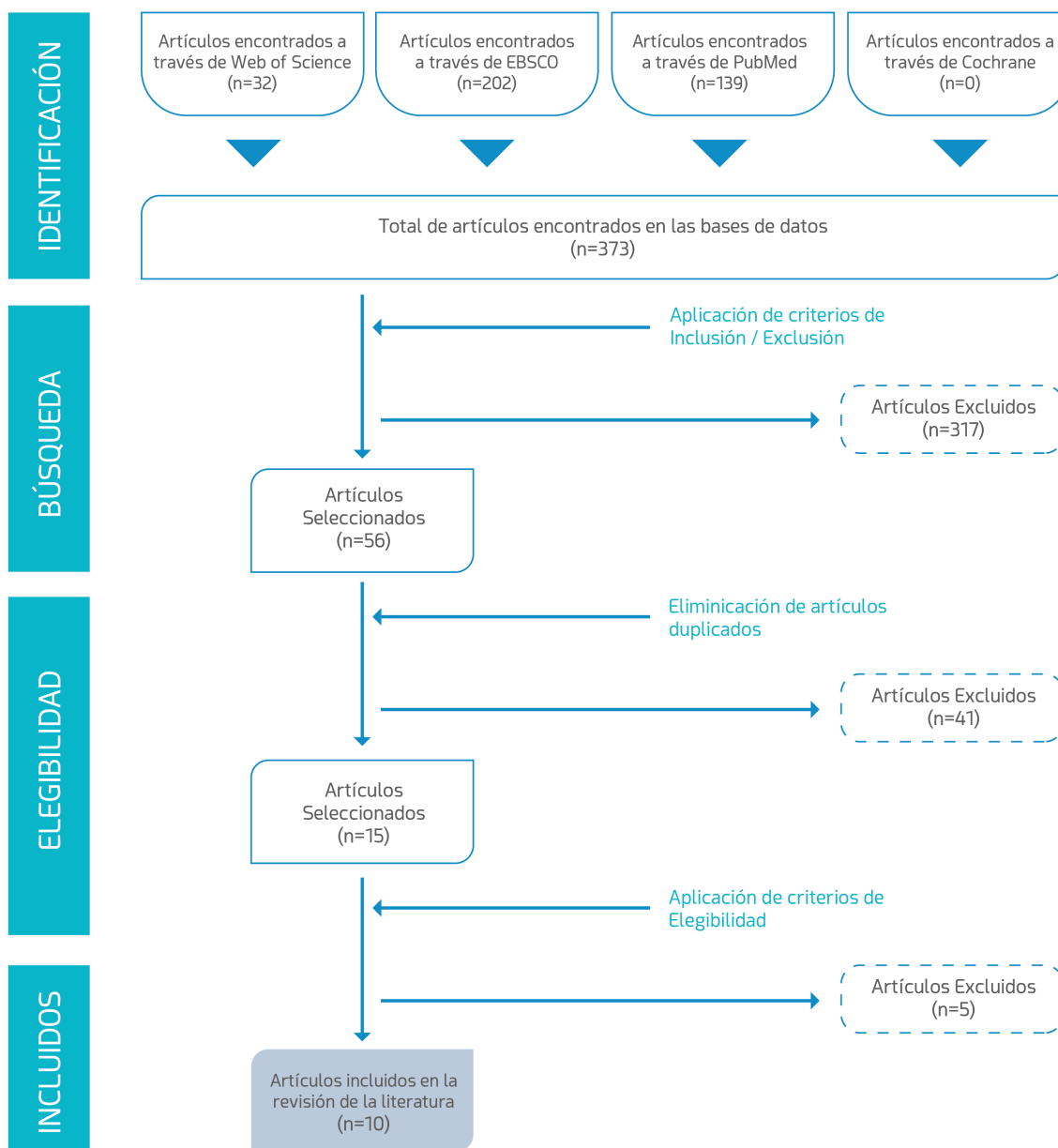


Fig. V. Diagrama de flujo de resultados según metodología de búsqueda

En la siguiente tabla se ordenan los artículos seleccionados para la revisión de la literatura indicando su autor principal, año de publicación, revista científica y país. Además, se le agregó un código de identificación a cada uno de los estudios para poder identificarlos de mejor manera.

Autor principal	Año	Revista	País	Código
Pawar SS.	2014	J Conserv Dent.	India	1
Celikten B.	2015	J Oral Sci.	Turquía	2
Celikten B.	2016	Scanning.	Turquía	3
Eltair M.	2017	Clin Oral Invest.	Alemania	4
Donnermeyer D.	2017	Clin Oral Invest.	Alemania	5
Wang Y.	2018	PLoS One.	China	6
Arikatla S.	2018	J Conserv Dent.	India	7
Donnermeyer D.	2018	Head & Face Med.	Alemania	8
Dabaj P.	2018	Materials	Turquía	9
Germain S.	2018	J Contemp Dent Pract.	USA	10

Tabla VIII. Tabulación de artículos seleccionados, autor, año de publicación, revista, país y asignación de código interno del para identificación de cada artículo.

Luego de esto, y ordenados en base a sus códigos correspondientes, se tabuló el número y el tipo de diente utilizado en cada uno de los estudios.

Código	Tipo de estudio	Nº de dientes	Dientes utilizados
1	<i>In vitro</i>	75	Unirradiculados
2	<i>In vitro</i>	30	Premolares inferiores
3	<i>In vitro</i>	40	Premolares superiores
4	<i>In vitro</i>	72	Premolares inferiores
5	<i>In vitro</i>	192	Unirradiculados
6	<i>In vitro</i>	42	Incisivos inferiores
7	<i>In vitro</i>	60	Premolares inferiores
8	<i>In vitro</i>	80	Unirradiculados
9	<i>In vitro</i>	80	Premolares inferiores
10	<i>In vitro</i>	36	Premolares superiores

Tabla IX. Tipo de estudio, cantidad de dientes y tipo de dientes utilizados, asociado a codificación interna

En base a la tabla anterior se realizó otra tabla para especificar cuál fue el cemento biocerámico utilizado en cada uno de los estudios y con qué lo compararon, evidenciándose que en la mayoría de ellos fue utilizado EndoSequence® BC Sealer™.

Código	Biocerámico utilizado	Cemento de comparación	Técnica de obturación radicular
1	EndoSequence® BC Sealer™	AH Plus™ Epiphany®	Onda continua
2	EndoSequence® BC Sealer™	N/A	Cono único Compactación lateral Thermafil®
3	EndoSequence® BC Sealer™	AH Plus™ SmartPaste Bio ActiV GP™	Cono único
4	TotalFill® BC Sealer™	AH Plus™	Cono único v/s Compactación lateral
5	BioRoot™ RCS	AH Plus™ MTA-Fillapex Endo-CPM-Sealer®	Cono único
6	iRoot® SP	AH Plus™	Cono único v/s Compactación vertical
7	BioRoot™ RCS	AH Plus™ MTA Plus® Sealer	Compactación lateral
8	TotalFill® BC Sealer™ BioRoot™ RCS	AH Plus™ Endo-CPM-Sealer®	Cono único
9	EndoSequence® BC Sealer™	AH Plus™	Compactación lateral v/s Técnica inyectable
10	TotalFill® BC Sealer™	AH Plus™	Cono único

Tabla X. Cemento biocerámico utilizado, cemento de comparación y técnica de obturación radicular, asociado a codificación interna

Finalmente se tabuló el método de medición de la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos asociados a su respectivo código.

Código	Método de medición	Nº de dientes
1	Microscopía estereoscópica	75
2	Evaluación con Microtomografía computarizada (Micro-CT)	30
3	Evaluación con Microtomografía computarizada (Micro-CT)	40
4	Microscopía electrónica de barrido (SEM)	72
5	Microscopía de luz	192
6	Microscopía láser confocal	42
7	Microscopía láser confocal	60
8	Microscopía láser confocal	80
9	Microscopía electrónica de barrido (SEM)	80
10	Evaluación con Microtomografía computarizada (Micro-CT)	36

Tabla XI. Método de medición de la capacidad de sellado utilizados y tamaño de muestra, asociados a codificación interna

Código	Biocerámico utilizado	Cemento de comparación	Nº de dientes	Resultados
1	EndoSequence® BC Sealer™	AH Plus™ Epiphany®	75	No hay diferencias significativas entre cementos comparados, pero pese a esto EndoSequence® BC Sealer™ presenta una muy buena penetración en los túbulos dentinario y adaptabilidad.
2	EndoSequence® BC Sealer™	N/A	30	EndoSequence® BC Sealer™ con Thermafil® presenta menos vacíos en comparación con técnica del cono único.
3	EndoSequence® BC Sealer™	AH Plus™ SmartPaste Bio ActiV GP™	40	EndoSequence® BC Sealer™ presenta buena penetración en los túbulos dentinario y menos vacíos en el tercio apical radicular.
4	TotalFill® BC Sealer™	AH Plus™	72	TotalFill® BC Sealer™ presenta mejor adaptabilidad y sella casi por completo la interfaz entre gutapercha y pared dentinaria.
5	BioRoot™ RCS	AH Plus™ MTA-Fillapex Endo-CPM-Sealer®	192	BioRoot™ RCS no puede ser retirado de las paredes del canal radicular debido a que el silicato de calcio interactúa con la superficie de la dentina radicular y se une a ella.
6	iRoot® SP	AH Plus™	42	iRoot® SP presenta mejor calidad de sellado y mayor penetración en los túbulos dentinarios.
7	BioRoot™ RCS	AH Plus™ MTA Plus® Sealer	60	AH Plus™ mostró mayor penetración y mejor adaptación marginal que MTA Plus® Sealer y BioRoot™ RCS.
8	TotalFill® BC Sealer™ BioRoot™ RCS	AH Plus™ Endo-CPM-Sealer®	80	TotalFill® BC Sealer™ mostró la mayor fuerza de adhesión de los selladores a base de silicato de calcio.
9	EndoSequence® BC Sealer™	AH Plus™	80	EndoSequence® BC Sealer™ mostró una fuerza de unión más débil que AH Plus™ en ambas técnicas, pero los peores resultados se obtuvieron con la combinación de EndoSequence® BC Sealer™ y gutapercha termoplastificada inyectable.
10	TotalFill® BC Sealer™	AH Plus™	36	TotalFill® BC Sealer™ mostró un buen rendimiento en todos los aspectos, demostrando una buena adaptabilidad y disminución de espacios vacíos en comparación con AH Plus™

Tabla XII. Resultados de la comparación entre cementos selladores en cada uno de los estudios

Código	Biocerámico utilizado	Nº de dientes	Método de medición	Resultados
1	EndoSequence® BC Sealer™	75	Microscopía estereoscópica	No hay diferencias significativas entre cementos comparados, pero pese a esto EndoSequence® BC Sealer™ presenta una muy buena penetración en los túbulos dentinario y adaptabilidad.
2	EndoSequence® BC Sealer™	30	Evaluación con Micro-CT	EndoSequence® BC Sealer™ con Thermafil® presenta menos vacíos en comparación con técnica del cono único.
3	EndoSequence® BC Sealer™	40	Evaluación con Micro-CT	EndoSequence® BC Sealer™ presenta buena penetración en los túbulos dentinario y menos vacíos en el tercio apical radicular.
4	TotalFill® BC Sealer™	72	Microscopía electrónica de barrido (SEM)	TotalFill® BC Sealer™ presenta mejor adaptabilidad y sella casi por completo la interfaz entre gutapercha y pared dentinaria.
5	BioRoot™ RCS	192	Microscopía de luz	BioRoot™ RCS no puede ser retirado de las paredes del canal radicular debido a que el silicato de calcio interactúa con la superficie de la dentina radicular y se une a ella.
6	iRoot® SP	42	Microscopía láser confocal	iRoot® SP presenta mejor calidad de sellado y mayor penetración en los túbulos dentinarios.
7	BioRoot™ RCS	60	Microscopía láser confocal	AH Plus™ mostró mayor penetración y mejor adaptación marginal que MTA Plus® Sealer y BioRoot™ RCS.
8	TotalFill® BC Sealer™ BioRoot™ RCS	80	Microscopía láser confocal	TotalFill® BC Sealer™ mostró la mayor fuerza de adhesión de los selladores a base de silicato de calcio.
9	EndoSequence® BC Sealer™	80	Microscopía electrónica de barrido (SEM)	EndoSequence® BC Sealer™ mostró una fuerza de unión más débil que AH Plus™ en ambas técnicas, pero los peores resultados se obtuvieron con la combinación de EndoSequence® BC Sealer™ y gutapercha termoplastificada inyectable.
10	TotalFill® BC Sealer™	36	Evaluación con Micro-CT	TotalFill® BC Sealer™ mostró un buen rendimiento en todos los aspectos, demostrando una buena adaptabilidad y disminución de espacios vacíos en comparación con AH Plus™

Tabla XIII. Cemento biocerámico utilizado, tamaño de la muestra, método de medición y resultados en cada uno de los estudios.

DISCUSIÓN

La presente revisión bibliográfica, tiene como objetivo recolectar evidencia sobre la capacidad de sellado de los cementos selladores biocerámicos utilizados para la obturación del sistema de canales radiculares en endodoncia.

Pese a que la metodología de búsqueda incluía estudios de los últimos 10 años, los artículos que clasificaron para esta revisión de la literatura fueron publicados luego del año 2014, lo cual se debe a que los cementos biocerámicos para uso como selladores del SCR en obturaciones ortógradas, son relativamente nuevos y están aún en etapa de investigación. En estos estudios, los cuales fueron todos *in vitro*, los dientes que se utilizaron fueron todos unirradiculados, en donde los más utilizados fueron los premolares.

El total de marcas de cementos selladores biocerámicos estudiadas fue de 4 distintas. En orden decreciente, el más utilizado fue el cemento EndoSequence® BC Sealer™ en 4 estudios, seguido por TotalFill® BC Sealer™ y BioRoot™ RCS en 3 estudios cada uno, y finalmente, iRoot® SP en un solo estudio, siendo comparados con un cemento en base a resina y/o en base a MTA, a excepción de uno, en donde no se comparó con otro cemento sellador, sino que se evaluó el comportamiento del cemento biocerámico en distintas técnicas de obturación del SCR.

El cemento en base a resina fue el más utilizado como cemento de comparación debido a que es el gold estándar de los cementos selladores, ya que posee buenas propiedades mecánicas, compatibilidad con materiales de restauración, además de características favorables como adhesión a la estructura dentaria, adecuado tiempo de trabajo, óptima radiopacidad, facilidad de manipulación, buen sellado, buena fluidez y no es irritante con los tejidos periapicales. (14,58)

Los métodos de medición utilizados por los autores para evaluar la penetrancia de los cementos selladores biocerámicos, fueron microscopía láser confocal, micro-CT, microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía estereoscópica y microscopía de luz, siendo los más utilizados la microscopía láser confocal y el micro-CT, en tres estudios cada uno.

Debido al pequeño espesor del corte, a la alta resolución y a la reconstrucción tridimensional de estructuras en el caso del micro-CT, y a la agudeza visual obtenida en el caso de la microscopía láser confocal, los resultados de los estudios que utilizan estos métodos de medición son más precisos, pese a que los tamaños muestrales no sean los más altos. Esto se contrasta con el estudio de Donnemeyer y cols. (2017), donde el tamaño muestral fue de 192 dientes, el más grande, pero su método de medición, la microscopía de luz, da una visión no tan aguda en comparación al resto, entregando resultados poco precisos.

Pawar y cols. (2014), en su estudio compararon y evaluaron la microfiltración de tres cementos selladores, EndoSequence® BC Sealer™, AH Plus™ y Epiphany®, mediante el uso de microscopía estereoscópica, y observaron que el EndoSequence® BC Sealer™ obtuvo un mejor sellado tridimensional del SCR, pero no logró eliminar por completo la microfiltración apical. También se observó que los cementos biocerámicos presentan un mejor comportamiento ante la microfiltración apical en comparación con los cementos selladores en base a resina, sin embargo, no es capaz de eliminarla por completo. Respecto a los vacíos o espacios en el relleno endodóntico, se encontró que si bien todos los cementos biocerámicos presentaron vacíos, siempre fue en cantidades menores a las encontradas en los cementos en base a resina.

En el año 2015, Celikten y cols., utilizaron micro-CT para comparar la presencia de espacios vacíos en el cemento sellador EndoSequence® BC Sealer™ utilizado con tres técnicas de obturación diferentes, condensación lateral, cono único y sistema Thermafil®, encontrando que todas las técnicas de obturación presentaban espacios vacíos, pero no habían diferencias significativas entre las diferentes técnicas de obturación en la proporción de secciones con espacios vacíos.

A partir de los anterior, se podría decir que la técnica de obturación con cono único es la que saca mayor partido a las propiedades de los cementos biocerámicos, y que, a pesar de presentar un resultado similar a la técnica de compactación lateral, respecto a la formación de vacíos, ésta no es la indicada para el uso con cementos selladores biocerámicos.

Al año siguiente, los mismos autores realizaron otro estudio mediante el uso de micro-CT, para evaluar y comparar la presencia de espacios vacíos presentes en la obturación de canales radiculares ovoides obturados con EndoSequence® BC Sealer™, SmartPaste Bio (cemento en base a resina) y ActiV GP (cemento en base a vidrio ionómero), y uso de cono único. Como resultado describen que todos los cementos selladores mostraron espacios vacíos en los tres tercios radiculares, pero entre ellos el EndoSequence® BC Sealer™ fue el que mostró menor cantidad de espacios en el tercio apical.

Eltair y cols. en el año 2017, evaluaron y compararon la adaptación de los cementos selladores TotalFill® BC Sealer™ y AH Plus™ con las técnicas de obturación radicular de cono único y compactación lateral, con conos de gutapercha convencional y conos de gutapercha reforzados con biocerámicos. Con el uso de microscopía electrónica de barrido, encontraron significativamente menos brechas en los dientes obturados con TotalFill® BC Sealer™, gutapercha convencional y técnica de cono único, y también observaron que el cemento sellador TotalFill® BC Sealer™ mostró menor cantidad de espacios vacíos en su espesor en comparación con el cemento AH Plus™, los cual, es atribuible al efecto cáustico alcalino del cemento biocerámico, el cual degrada el componente colagenoso de la dentina, facilitando la penetración de este en los túbulos dentinarios.

A esto se suma, lo reportado por Germain y cols. (2018) quienes evidenciaron en su estudio que TotalFill® BC Sealer™ mostró un buen rendimiento como cemento sellador, demostrando una buena adaptabilidad y disminución de espacios vacíos en comparación con AH Plus™. Además, en ambos estudios se hace hincapié en que el tamaño de la nanopartícula extremadamente fino y la consistencia óptima premezclada introducida con un sistema intracanal de punta capilar, podrían haber mejorado su penetración en toda la longitud del canal radicular.

En otro estudio, Wang y cols. en el año 2018, evaluaron con microscopía láser confocal y compararon la penetración y calidad de llenado de los túbulos dentinarios de 42 dientes, obturados con iRoot® SP y AH Plus™, con técnica de cono único y con técnica termoplástica. Pese a que de este estudio no se obtuvo resultados estadísticamente significativos, evidenciaron que iRoot® SP penetraba en los túbulos dentinarios del tercio apical (2 últimos milímetros) más que AH Plus™ en ambas técnicas de obturación, logrando una mejor calidad de la obturación del sistema de canales radiculares. En el estudio, también mencionan que la técnica de llenado del SCR no tuvo ningún efecto sobre el segmento penetrado del canal radicular.

Lo anterior se condice con lo postulado por Eltair y cols. (2017), quienes mencionan que los cementos selladores biocerámicos son hidrofílicos, y poseen un ángulo de contacto bajo, lo que permite que se extiendan fácilmente sobre la pared del canal radicular y proporcionen una mejor adaptación.

Wang y cols. (2018), son enfáticos en que la penetración del cemento sellador iRoot® SP en los túbulos dentinarios genera un enclavamiento micromecánico con la dentina radicular y fortalece la resistencia del material de relleno. Además, la humedad que queda en los túbulos dentinarios desencadena la reacción de fijación con la producción de hidroxiapatita, creando así un enlace químico con la dentina radicular. La unión micromecánica junto con la unión química entre iRoot® SP y la dentina mejoran la resistencia a la dislocación del material de relleno, lo que aparentemente refuerza la raíz, evitando posibles fracturas.

Celikten y cols., en su estudio de micro-CT realizado el año 2016, señalan que los cementos selladores biocerámicos pueden expandirse de 0,2% a 6% del volumen inicial al minuto de su fraguado, debido a la absorción del agua presente en los túbulos dentinarios, contribuyendo de manera importante a la capacidad de sellado. Es por esto, que recomiendan el uso de biocerámicos como cemento sellador del SCR, ya que además poseen nanopartículas y un excelente nivel de viscosidad, que permiten la fluidez del cemento dentro de los túbulos dentinarios.

Donnemeyer y cols., realizaron 2 estudios en los años 2017 y 2018. En el primero compararon BioRoot™ RCS con AH Plus™, MTA-Fillapex y Endo-CPM-Sealer®, encontrando que BioRoot™ RCS no podía ser retirado de las paredes del canal radicular debido a que el silicato de calcio interactúa con la superficie de la dentina radicular y se une a ella. En el segundo estudio, compararon TotalFill® BC Sealer™ y BioRoot™ RCS con AH Plus™ y Endo-CPM-Sealer® en donde vieron que

TotalFill® BC Sealer™ mostraba la mayor fuerza de adhesión de los selladores a base de silicato de calcio.

Además de esto, Wang y cols. (2018), encontraron una reducción significativa de la fluidez de iRoot® SP en zonas expuestas a altas temperaturas, ya que el calor generó una gelificación prematura de este, lo cual es de suma importancia para tener presente a la hora de elegir la técnica de obturación y/o el uso de transportadores de calor dentro del canal radicular durante la OSCR con un cemento biocerámico.

Por otra parte, Arikatla y cols. (2018), encontraron que el AH Plus™ se comportaba mejor que los cementos biocerámicos, presentando mayor penetración y mejor adaptación marginal que MTA Plus® Sealer y BioRoot™ RCS, lo cual puede deberse a que el uso de compactación lateral produce capas de sellador no homogéneas y gruesas a lo largo de la pared del canal radicular, lo que influye en la penetración del sellador en la dentina radicular. El autor sugiere realizar estudios adicionales que utilicen diferentes técnicas de obturación del SCR para obtener un sellado tridimensional y estudios en canales curvos de dientes multirradiculares.

Lo anterior se condice con el estudio de Dabaj y cols. (2018) quienes obtuvieron en su investigación que el cemento EndoSequence® BC Sealer™ mostraba una fuerza de unión más débil que AH Plus™ en ambas técnicas, pero los peores resultados se obtuvieron con la combinación de EndoSequence® BC Sealer™ y gutapercha termoplastificada inyectable.

CONCLUSIONES

Luego de esta revisión de la literatura, en relación a las propiedades y características de los materiales biocerámicos que avalan su uso como cementos selladores del sistema de canales radiculares, podemos concluir que:

- Los cementos selladores biocerámicos reportados para la obturación del SCR por vía ortógrada fueron EndoSequence® BC Sealer™, TotalFill® BC Sealer™, iRoot® SP y BioRoot™ RCS.
- El cemento sellador biocerámico más utilizado en los estudios analizados fue el EndoSequence® BC Sealer™.
- Las técnicas que utilizaron los autores para la evaluación de los cementos selladores biocerámicos en los artículos seleccionados fueron microscopía estereoscópica, microtomografía computarizada (Micro-CT), microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía de luz y microscopía de láser confocal.
- El cemento sellador biocerámico mejor evaluado en los estudios analizados, independiente de la técnica de medición, es el TotalFill® BC Sealer™.

RESUMEN

Durante las últimas décadas, en endodoncia, se han realizado grandes avances en el campo de los materiales biocerámicos, los cuales pueden ser utilizados para diferentes situaciones clínicas, entre ellas su uso como cementos selladores, atribuyéndoseles grandes ventajas comparadas con los cementos selladores más utilizados por los especialistas.

Los materiales biocerámicos son compuestos cerámicos que han demostrado tener la capacidad de superar algunas de las limitaciones de las generaciones anteriores de cementos selladores en endodoncia, pues presentan muy buenas propiedades fisicoquímicas, biológicas y una excelente biocompatibilidad debido a su similitud con materiales biológicos como la hidroxiapatita, teniendo la capacidad de inducir una respuesta regenerativa en el organismo, por lo que en la actualidad su uso es recomendado ampliamente en la práctica clínica.

Este estudio tiene como objetivo revisar la literatura actualmente publicada durante los últimos 10 años, con el fin de conocer la capacidad de sellado de los cementos selladores biocerámicos utilizados para la OSCR en endodoncia.

Se realizó una búsqueda en las bases de datos electrónicas Web of Science, EBSCO, PubMed y Cochrane, de estudios *in vitro* publicados en los últimos 10 años, que evalúen la penetrancia de cementos selladores biocerámicos en obturación ortógrada del SCR. Se obtuvo un total de 373 estudios, pero finalmente se seleccionaron solo 10 artículos que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión.

Se concluyó que los cementos selladores biocerámicos reportados para la OSCR por vía ortógrada fueron EndoSequence® BC Sealer™, TotalFill® BC Sealer™, iRoot® SP y BioRoot™ RCS; El cemento sellador biocerámico más utilizado en los estudios analizados fue el EndoSequence® BC Sealer™; Las técnicas que utilizaron los autores para evaluar los cementos selladores biocerámicos fueron microscopía estereoscópica, Micro-CT, microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía de luz y microscopía de láser confocal; El cemento sellador biocerámico mejor evaluado en los estudios analizados, independiente de la técnica de medición, es el TotalFill® BC Sealer™.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garg N, Garg A. Textbook of Endodontics. 3rd edition edition. New Delhi ; Philadelphia: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2013. 615 p.
2. Hargreaves K, Berman L. Cohen «Vías de la Pulpa». 11º Ed. Madrid: Elsevier; 2016.
3. Siragusa M, Prado N, Racciatti G. Los ionómeros vítreos como materiales de obturación endodónticos. [Trabajo evaluado y acreditado dentro del Programa de Incentivo a los Docentes Investigadores]. [Argentina]: Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Cultura y Educación de la Nación - Decreto N° 2427/93; 1995.
4. Ingle, J. BL. Endodoncia. México, D.F.: McGraw-Hill; 2004. 981 p.
5. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. J Endod. octubre de 2016;42(10):1529-35.
6. Nascimento EHL, Gaêta-Araujo H, Andrade MFS, Freitas DQ. Prevalence of technical errors and periapical lesions in a sample of endodontically treated teeth: a CBCT analysis. Clin Oral Investig. 21 de enero de 2018;
7. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. Int Endod J. enero de 1995;28(1):12-8.
8. Gorni FGM, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. J Endod. enero de 2004;30(1):1-4.
9. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. agosto de 1972;34(2):262-8.
10. Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod. octubre de 1990;16(10):498-504.
11. Soares I, Goldberg F. Endodoncia «Técnica y Fundamentos». Editorial Médica Panamericana; 2003.
12. Berutti E, Gagliani M. Manual de Endodoncia. Sociedad Italiana de Endodoncia: Amolca; 2017. 832 p.
13. Cheung GSP, Chan TK. Long-term survival of primary root canal treatment carried out in a dental teaching hospital. Int Endod J. febrero de 2003;36(2):117-28.
14. AAE, editor. Obturation of root canal systems. ENDODONTICS: Colleagues for Excellence. 2009;
15. Hoen MM, Pink FE. Contemporary endodontic retreatments: an analysis based on clinical treatment findings. J Endod. diciembre de 2002;28(12):834-6.

16. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LSW. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* julio de 2003;96(1):81-90.
17. Araki K, Suda H, Spångberg LS. Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers on L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod.* febrero de 1994;20(2):67-70.
18. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, et al. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning.* abril de 2016;38(2):133-40.
19. Mulyar S, Shameem KA, Thankachan RP, Francis PG, Jayapalan CS, Hafiz KAA. Microleakage in endodontics. *J Int Oral Health JIOH.* diciembre de 2014;6(6):99-104.
20. Roopashree MS, Kala M. Evaluation of the effect of chlorhexidine gluconate as an endodontic irrigant on apical seal – An in vitro study. *Endodontology.* 2008;326-34.
21. Farhad AR, Barekattain B, Koushki AR. The Effect of Three Different Root Canal Irrigant Protocols for Removing Smear Layer on the Apical Microleakage of AH26 Sealer. *Iran Endod J.* 2008;3(3):62-7.
22. Pettiette MT, Metzger Z, Phillips C, Trope M. Endodontic complications of root canal therapy performed by dental students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endod.* abril de 1999;25(4):230-4.
23. Cohen S, Hargreaves K. *Vías de la pulpa.* 9º Ed. Elsevier; 2007.
24. Gómez Sueiras M, Valencia de Pablo O, Algar Pinilla J, Estévez Luaña R, Cisneros Cabello R. Revisión crítica actualizada sobre la obturación con el sistema Thermafil y su sucesor: GuttaCore. *Cient Dent.* 2014;11(1):21-31.
25. Walton R, Torabinejad M. *Endodoncia. Principios y práctica clínica.* México: Interamericana. McGraw-Hill; 1991. 526 p.
26. Schäfer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *Int Endod J.* octubre de 2003;36(10):660-9.
27. Montoya PAG. Cementos selladores en Endodoncia. *UstaSalud.* 2004;3(2):100-7.
28. Block RM, Lewis RD, Hirsch J, Coffey J, Langeland K. Systemic distribution of N2 paste containing 14C paraformaldehyde following root canal therapy in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* octubre de 1980;50(4):350-60.
29. Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifácio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *J Endod.* julio de 2000;26(7):391-4.
30. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am.* noviembre de 1967;723-44.

31. Leonardo MR, Almeida WA, da Silva LA, Utrilla LS. 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.* diciembre de 1998;14(6):257-61.
32. Mittal M, Chandra S, Chandra S. Comparative tissue toxicity evaluation of four endodontic sealers. *J Endod.* diciembre de 1995;21(12):622-4.
33. Tagger M, Tagger E, Kfir A. Release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxide. *J Endod.* diciembre de 1988;14(12):588-91.
34. Caicedo R, von Fraunhofer JA. The properties of endodontic sealer cements. *J Endod.* noviembre de 1988;14(11):527-34.
35. Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. *J Endod.* enero de 2007;33(1):31-3.
36. Gençoğlu N, Türkmen C, Ahiskali R. A new silicon-based root canal sealer (Roekoseal-Automix). *J Oral Rehabil.* julio de 2003;30(7):753-7.
37. Lucena-Martín C, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Robles-Gijón V, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. *J Endod.* junio de 2002;28(6):423-6.
38. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod.* abril de 2007;33(4):391-8.
39. Miñana-Gómez M. El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. *RCOE.* 2002;7(3).
40. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93-8.
41. Colán-Mora P, García-Rupaya C. Microfiltración apical in vitro de tres cementos utilizados en la obturación de conductos radiculares. *Rev Estomatol Hered.* 2008;18(1):9-15.
42. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* marzo de 1999;25(3):197-205.
43. Hench LL. The story of Bioglass. *J Mater Sci Mater Med.* noviembre de 2006;17(11):967-78.
44. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016;2016:9753210.
45. Bueno CRE, Valentim D, Marques VAS, Gomes-Filho JE, Cintra LTA, Jacinto RC, et al. Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-based sealers. *Braz Oral Res.* 14 de junio de 2016;30(1).
46. Koch K, Brave D. A review of bioceramic technology in endodontics. *Roots.* 2012;6-12.

47. Clinical use of bioceramic materials - Haapasalo - 2015 - Endodontic Topics - Wiley Online Library [Internet]. [citado 11 de julio de 2018].
48. Ciasca M, Aminoshariae A, Jin G, Montagnese T, Mickel A. A comparison of the cytotoxicity and proinflammatory cytokine production of EndoSequence root repair material and ProRoot mineral trioxide aggregate in human osteoblast cell culture using reverse-transcriptase polymerase chain reaction. *J Endod.* abril de 2012;38(4):486-9.
49. Yuan Z, Peng B, Jiang H, Bian Z, Yan P. Effect of bioaggregate on mineral-associated gene expression in osteoblast cells. *J Endod.* julio de 2010;36(7):1145-8.
50. Ma J, Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Biocompatibility of two novel root repair materials. *J Endod.* junio de 2011;37(6):793-8.
51. Yañez A. Cementos de Obturación Biocerámicos: Una nueva alternativa en Endodoncia. Canal Abierto - SECH. 2015;31:4-8.
52. Zamparini F, Siboni F, Prati C, Taddei P, Gandolfi MG. Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide. *Clin Oral Investig.* 8 de mayo de 2018;
53. Aydın ZU, Özyürek T, Keskin B, Baran T. Effect of chitosan nanoparticle, QMix, and EDTA on TotalFill BC sealers' dentinal tubule penetration: a confocal laser scanning microscopy study. *Odontology.* 12 de abril de 2018.
54. Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *J Endod.* junio de 2018;44(6):941-5.
55. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod.* marzo de 2015;41(3):385-8.
56. Khedmat S, Dehghan S, Hadjati J, Masoumi F, Nekoofar MH, Dummer PMH. In vitro cytotoxicity of four calcium silicate-based endodontic cements on human monocytes, a colorimetric MTT assay. *Restor Dent Endod.* agosto de 2014;39(3):149-54.
57. Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J.* diciembre de 2017;50 Suppl 2:e120-36.
58. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod.* febrero de 2017;42(1):19-26.
59. Arikatla SK, Chalasani U, Mandava J, Yelisela RK. Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. *J Conserv Dent.* agosto de 2018; (4):373-377.
60. Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke P. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Invest.* marzo de 2017; (2):811-817.

61. Donnermeyer D, Dornseifer P, Schäfer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head Face Med.* 2018 Aug 20;14(1):13. doi: 10.1186/s13005-018-0170-8.
62. Dabaj P, Kalender A, Unverdi Eldeniz A. Push-Out Bond Strength and SEM Evaluation in Roots Filled with Two Different Techniques Using New and Conventional Sealers. *Materials (Basel).* 2018 Sep 5;11(9). pii: E1620. doi: 10.3390/ma11091620.
63. Germain S, Meetu K, Issam K, Alfred N, Carla Z. Impact of the Root Canal Taper on the Apical Adaptability of Sealers used in a Single-cone Technique: A Micro-computed Tomography Study. *J Contemp Dent Pract.* 2018 Jul 1;19(7):808-815.