

TABLA DE CONTENIDO

1. Aspectos teórico-científicos

- 1.1 Planteamiento del problema
- 1.2 Justificación
- 1.3 Propósito
- 1.4 Marco teórico (legal, conceptual, teórico)
- 1.5 Objetivos generales y específicos.

2 Aspectos metodológicos

- 2.1 Tipo de estudio
- 2.2 Población
- 2.3 Muestra
- 2.4 Términos MeSH
- 2.5 Estrategia de búsqueda
- 2.6 Criterios de selección
 - 2.6.1 Criterios de inclusión
 - 2.6.2 Criterios de exclusión
- 2.7 Procedimiento

3 Resultados

4 Conclusiones

5 Referencias Bibliográficas

1. ASPECTOS TEÓRICO-CIENTÍFICOS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la práctica odontológica ha tenido que dar grandes pasos en pro de la satisfacción de los pacientes que cada vez son más exigentes; tal situación ha llevado a que el odontólogo se deba enfrentar a diferentes retos al tener que considerar, además de los principios mecánicos, físicos y químicos de los materiales; los principios biológicos del substrato.^(1,2)

La realidad es que muchas enfermedades orales llevan a la destrucción de la superficie dental, por lo que se ha hecho necesaria la investigación de materiales restaurativos que puedan devolver la funcionalidad y estética de éstas. En este sentido el cemento de ionómero de vidrio es parte fundamental de las diferentes técnicas restaurativas; sin embargo, su uso depende fundamentalmente de una buena capacitación y de la estandarización de criterios del profesional que lo utilice. Por ser un material que requiere de un manejo específico, puede limitar la disposición de los profesionales a su uso, y es precisamente esta reticencia y escepticismo la que marcó por tres décadas su lenta difusión.^(3,4)

Desde su introducción en 1974, como resultado de numerosos estudios e intentos por mejorar el cemento de silicato, este material ha sufrido grandes y numerosos cambios; pasando a ser propuesto en 1979 como sellador endodóntico y sólo utilizado para este fin hasta 1991; en un principio llamado cemento ASPA

(Aluminio, Silicato y Poli-Acrilato), mostró ciertas desventajas, entre ellas la sensibilidad a la técnica, ser opacos al endurecer, textura irregular, fraguado lento, sensibilidad tanto a la desecación como a la hidratación y en ciertas ocasiones dolor postoperatorio; todas ellas culminando con el deterioro prematuro de la superficie.^(1,2,5)

El desarrollo de los ionómeros de vidrio en los últimos 20 años ha conducido a muchas variaciones en los componentes de polvo y ácido poli-acrílico. Estas diferencias en la composición dan como resultado variaciones en sus características generando resultados positivos. Este material ahora posee propiedades únicas como una buena adhesión al esmalte y dentina, buena estética y liberación de fluoruro a largo plazo; aunque el mecanismo de adhesión no ha sido completamente esclarecido; sin olvidar que también hay problemáticas como el control de la hidratación para evitar grietas, fracturas o erosiones, pues una buena dureza superficial se obtiene cuando llega a formarse sin haber perdido o añadido agua durante el período inicial de endurecimiento. Y aunque pareciera que las desventajas son amplias, sus bondades lo son mucho más. Esta es una muy buena justificación para su uso.⁽⁵⁾

A la luz de un cemento que ha tenido una evolución constante a partir de materiales precursores y que a su vez ha originado nuevos componentes, es necesaria la recopilación de manera ordenada y cronológica de cuanto se ha descrito de los cementos de ionómero de vidrio. En este sentido la revisión de literatura y la creación de un estado del arte constituyen una herramienta útil para

recopilar la historia de los cementos de ionómero de vidrio en el pasado, presente y futuro, correlacionándola con los avances tecnológicos del área de la odontología y a su vez vislumbrando los nuevos materiales que se perfilan como sucesores de los ionómeros de vidrio.^(4,5,6)

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo ha sido la evolución de los cementos de ionómeros de vidrio hasta el día de hoy?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La profesión odontológica ha estado sometida durante muchos años a cambios que han debido producirse de manera acelerada en busca de atender las necesidades de un mercado cada vez más exigente; por eso, estando conscientes de esta realidad, se han desarrollado nuevas técnicas y materiales dentales que sirvan para restaurar adecuadamente las lesiones existentes y que al tiempo incluso puedan prevenir el inicio de nuevas alteraciones.⁽⁷⁾

En la historia de los materiales dentales siempre será posible identificar un pasado y un presente; la vigencia o posibilidad de un futuro es lo que separa los materiales obsoletos, de aquellos que han evolucionado. Bajo esta premisa es pertinente hablar de las propiedades físico-químicas de los nuevos materiales empleados en odontología, pues han hecho que la práctica clínica sea más segura

para los odontólogos que buscan, a través de diferentes materiales, restituir la estructura dental perdida y así cubrir las necesidades estéticas requeridas por los pacientes.^(8,9)

Uno de los materiales que cumple a cabalidad con estos requerimientos es el cemento de ionómero de vidrio o polialquenoato de vidrio. La palabra ionómero se utiliza para designar un polímero que forma enlaces covalentes dentro de las cadenas largas y enlaces iónicos entre ellas; gracias a estas características es que el material obtiene su gran poder de adhesión.^(3,10)

Los cementos de ionómero de vidrio ahora han llegado a considerarse materiales dentales excepcionales; sus características los han puesto en una situación muy ventajosa cuando se les compara con otros materiales restauradores. Ahora los cementos de ionómero de vidrio se consideran simultáneamente adhesivos y estéticos.^(10,11)

Pero no sólo estas propiedades son las que deben tenerse presentes, también hay que considerar su efecto anticariogénico, su comportamiento mecánico; incluso su elevado módulo elástico y su coeficiente de expansión térmica que son similares a los de la dentina, proporcionándole una rigidez similar y catalogándolo como un “material inteligente” no solo por ésta similitud con la dentina, sino también por su capacidad de prevenir la caries secundaria relacionada a una baja en el Ph.⁽¹¹⁾

De esta manera, la intensa búsqueda e investigación respecto a este material está muy justificada, y es que si se logra obtener una alta adhesión del material al diente es muy probable que se pueda disminuir la cantidad de tejido dentario sano a eliminar, pudiéndose incluso disminuir la microfiltración y los problemas asociados a este fenómeno. Dicha investigación no sólo ha ocurrido a nivel de composición y estructura química original sino también en sus indicaciones y aplicaciones clínicas. Estos cambios lo han transformado en un material indispensable para la práctica clínica diaria, siendo ampliamente utilizado como biomaterial, por sus numerosas ventajas.^(1,10)

Se debe tener presente incluso que su uso puede abarcar bases y rellenos cavitarios, reconstrucción de muñones dentarios, restauraciones intermedias e inactivación de lesiones de caries. Pero, aun cuando existen diferentes opciones de ionómeros de vidrio como materiales de restauración, se espera que este material en particular ofrezca mejores características que el resto de los materiales que se utilizan en procedimientos similares.^(4,11)

Ahora, la información al respecto de este material es amplia y se puede encontrar a través de diferentes medios, pero la realidad es que contar con documentos bien detallados respecto a materiales como el cemento ionómero de vidrio abrirá las puertas a los profesionales que están dispuestos a utilizarlos durante la práctica diaria.

1.3 PROPÓSITO

Teniendo en cuenta que el cemento de ionómero de vidrio ha tenido una evolución a través del tiempo partiendo de cementos antecesores y que a su vez ha originado nuevos materiales, es necesario recopilar la mayor información posible y pertinente de cuanto se ha descrito de los cementos de ionómero de vidrio. En este sentido la creación de un estado del arte constituye una herramienta útil para dicha recopilación de la historia de este cemento, dividiéndolo en tres grandes periodos, pasado, presente y un posible futuro, otorgando así a los profesionales un documento detallado y completo sobre este material que sigue evolucionando y es cada día más usado en la práctica clínica.

1.4 MARCO TEORICO

Un material restaurativo ideal debe tener propiedades físicas y químicas similares a los tejidos dentales; debe adherirse al esmalte y a la dentina, resistir la degradación en la cavidad oral y además restaurar la función y apariencia de los dientes que han perdido estructura, por caries o por trauma, con la mayor estética posible. Este objetivo se alcanzó con los cementos de ionómero de vidrio (CIV); La composición de estos cementos ha evolucionado significativamente desde que un grupo de odontólogos e investigadores comenzaron a trabajar para crear un nuevo material de restauración, el cual tuviera propiedades térmicas, mecánicas y ópticas comparables a las de la estructura dental.^(12,13,20,21)

Es mucha la literatura enfocada a revisar el estado actual de los CIV y describir el posible futuro de los materiales bioactivos, que no solo reemplacen tejido dental sino que estimulen respuestas biológicas de tipo reparativo. Antes de llegar a este punto, es importante saber cuál fue el inicio de los CIV y conocer los cambios que han tenido a través del tiempo, reconociendo los cementos que fueron precursores de estos.⁽¹³⁾

Historia y antecedentes de los cementos de ionómero de vidrio (PASADO)

Desde hace más de cien años, los cementos dentales han estado disponibles para la práctica odontológica. En sus comienzos no semejaban por completo la apariencia dental pero por lo menos eran blancos y esto los hacía un poco más

estéticos que el oro y/o amalgamas. El primero de estos cementos fue el oxiclورو de zinc inventado por Sorel en 1855. Era preparado mediante la reacción de polvo de óxido de zinc con soluciones acuosas de cloruro de zinc. La concentración de cloruro de zinc era bastante alta, entre 40 a 50% en masa, de modo que la reacción de óxido de zinc era rápida llevando a la formación de una masa solida parecida a la cerámica, de fuerza razonable e insoluble a los fluidos de la cavidad oral. Este cemento fue introducido en 1858, pero debido a su difícil manipulación y estar sujeto a la erosión intraoral, generó que su rendimiento clínico general fuera pobre, por lo que no tuvo éxito.^(14,15,16)

Luego se introdujo el cemento de fosfato de zinc, que fue inventado alrededor de 1878 por Pierce. En su primera formulación, no fue particularmente exitoso, pero fue reformulado por Fleck en 1902, los cambios que introdujo eran necesarios con el fin de reducir la reacción de fraguado excesivamente potente entre los componentes de óxido de zinc y el ácido fosfórico acuoso. El cemento resultante tenia excelentes propiedades y sigue siendo ampliamente utilizado en la odontología clínica, principalmente para la cementación. Este material es fácil de mezclar, formando una pasta de color blanquecino suave y se endurece a una velocidad apropiada para dar un sólido fuerte, con buena estabilidad dimensional.^(7,18)

El tercer cemento dentro de este grupo es el cemento de silicato dental. De los tres cementos ya mencionados, fue el que alcanzó el más alto grado de importancia clínica y también fue crítico para el desarrollo del CIV. Aunque tuvo éxito fue un material con deficiencias clínicas. Debido a esto, un pequeño grupo

de investigadores bajo la dirección del Dr. Alan Wilson fue llamado para investigar estos materiales, cuyo principal trabajo apuntaba a la comprensión de la configuración y estructura del cemento de silicato dental.^(19,20,21,22,23)

CEMENTO DE SILICATO

Este cemento al igual que los anteriormente mencionados, es un material de dos componentes. El polvo era formado a base de vidrio de aluminosilicato de calcio, y el líquido era una solución concentrada de ácido fosfórico.⁽²⁴⁾

Al igual que el cemento de fosfato de zinc, el cemento de silicato se mejoró considerablemente mediante la inclusión de sales en el componente acuoso del ácido fosfórico, ya que esto reducía la potencia de la reacción de fraguado, dejando pastas para ser mezcladas y colocadas. Las pastas resultantes de la mezcla eran de color blanquecino y se estabilizaban rápidamente para formar un material sólido, fuerte y con un grado de translucidez (superior a la del cemento de fosfato de zinc), esto hizo adecuado al cemento para hacer restauraciones estéticas en los dientes anteriores. Fue utilizado para este fin hasta la década de 1960; de hecho, hasta que los primeros materiales compuestos a base de acrílico aparecieran a mediados de la década de 1950. Era considerado como el único material estético disponible para la práctica odontológica. Una de las ventajas del cemento de silicato dental fue su alta fuerza a la compresión, alrededor de 250 a 300 Mpa a 24 horas. Esta fue también una propiedad que superaba a los cementos de fosfato de zinc.^(22,24,25)

En 1904, Ascher, un odontólogo alemán, realizó una de las primeras producciones de un nuevo cemento con apariencia similar a la del diente, y lo quiso llamar "esmalte artificial". Él pensó que tenía el material de relleno ideal, con buena longevidad y apariencia estética, además de tener la capacidad de poder ser introducido en la cavidad oral en un estado plástico, y que éste al endurecer pudiese resistir el desgaste de manera satisfactoria. En consecuencia, este material fue aceptado con entusiasmo inmediatamente y sin un juicio adecuado o período experimental. La creencia de que este cemento era el material de relleno ideal no prevaleció durante mucho tiempo. En la práctica clínica, empezaron a decolorarse y disolverse, llegando al extremo de generar necrosis pulpar. Dando como resultado que muchos odontólogos se negaran a utilizarlo.⁽²⁵⁾

La desesperación que siguió al entusiasmo inicial fue sustituida poco a poco cuando se realizaron estudios experimentales que generaron una mejora gradual en la fabricación, mezcla y uso del cemento. Se fabricó un cemento de mayor pureza. A su vez, se pusieron barnices protectores entre la estructura dental y el cemento de silicato.⁽²⁵⁾

Hay que admitir que el cemento de silicato ganó por sí mismo un lugar definido en la odontología restauradora. Uno de los desarrollos de este material, fue la inclusión de fluoruro, como un fundente para bajar la temperatura de fusión de la mezcla que formaba el vidrio. La presencia del fluoruro no solo bajó la temperatura de fusión del vidrio; sino que también mejoró tanto la fuerza como la translucidez del cemento fraguado.^(22,24,25)

Antes de 1938, todos los vidrios de silicato dental contenían fluoruro y ya no se formulaban con silicato de berilio. Eran exactamente de fluoro-aluminosilicato de calcio, prácticamente del mismo tipo que los vidrios de los CIV. Aunque el cemento de silicato era resistente y tenía estética, también ofrecía el beneficio terapéutico de liberación de flúor sostenido; lo que con el tiempo creó varios inconvenientes. Esto fue identificado por los primeros trabajadores en este campo, descubriendo también la porosidad, decoloración, susceptibilidad al ataque ácido (generando erosión), inestabilidad dimensional y ausencia de adhesión a la estructura dental. Estos problemas fueron tolerados durante muchos años, pero en 1960, ya no se consideró aceptable. El Departamento británico de investigación científica e industrial (DSIR) estableció un comité para estimular y coordinar la investigación en universidades y centros de investigación del gobierno sobre el tema de los materiales y equipos dentales. Fue entonces cuando la mejora de la fiabilidad del cemento de silicato responde a esta necesidad. La misión del laboratorio químico del gobierno del DSIR fue examinar la estructura y las propiedades del cemento de silicato con el objetivo de determinar si era posible o no una mejora.^(13,23,24,25)

COMPOSICIÓN DE LOS CEMENTOS DE SILICATO

Anteriormente se mencionó que estaban compuestos por vidrios de silicato, basándose en una estructura $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$, con una relación relativamente alta de aluminio-silicato (Al/Si). Esta relación controla la basicidad del vidrio y por lo tanto la capacidad de éste para reaccionar con soluciones ácidas.⁽²³⁾

Los líquidos en los cementos de silicato estaban compuestos por soluciones de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) en general con adiciones de aluminio y zinc, esto se puede observar en la tabla 1.^(24,26,27,28)

Tabla 1. Composición típica del líquido del cemento de silicato dental

Especie	Masa (%)
H_3PO_4	48.8
Al	1.6
Zn	6.1
H_2O	43.3

La óptima concentración del ácido estaba entre el 48 a 55% en masa, aunque se usaron concentraciones más altas dependiendo de las diferentes marcas. El contenido del ácido fosfórico le dio propiedades al cemento de silicato incluyendo la fuerza y la resistencia al ataque ácido. Sin embargo, esto también llevó a dificultades, porque presentaba sensibilidad a la humedad, en atmósferas menos húmedas el líquido ácido perdía agua y aumentaba la concentración del ácido.^(26,28,29)

El polvo era generalmente aluminosilicato complejo con contenido de calcio, sodio, fluoruros, fosfatos y, a veces zinc y berilio, como constituyentes principales. El

Hierro, magnesio, manganeso, níquel, plomo, cobre, litio y estroncio estaban a menudo presentes como constituyentes menores. Sin embargo, estos elementos por lo general se pueden atribuir a la utilización de productos químicos impuros en la composición del polvo. El arsénico estaba presente, pero en proporciones pequeñas y en una forma insoluble tan estable que parece ser muy poco probable que el contenido de arsénico sea un factor contribuyente a la necrosis pulpar que se daba en un inicio.^(24,25,30,31)

REACCIÓN DE ENDURECIMIENTO

Un paso crítico en el desarrollo del CIV fue la comprensión de la reacción de fraguado del cemento de silicato; que se logró por Wilson y Colaboradores en 1968. En primera instancia el cemento de silicato se formó debido a la precipitación de iones (aluminio, zinc, fosfato de calcio) en conjunto con la fase gel del silicato durante el fraguado. Esto se encontró incorrecto en el artículo de Wilson y Kent, concluyendo que la matriz no puede ser gel de sílice. Adicionalmente sugirieron que la matriz puede ser un material de silico-fosfato, donde posteriormente se observó por medio de una espectroscopía infrarroja la ausencia de algún elemento P-O-Si.^(32,33,34, 35)

Wilson en 1968 estudió la remoción de iones mediante precipitación durante la fase acuosa a partir de muestras de cemento trituradas durante diferentes intervalos posteriores a la mezcla. Mediante un análisis químico determinó los iones extraídos. Los datos de sus experimentos brindaron información acerca de

varios aspectos de la formación de los cementos como: la liberación de iones del polvo, la precipitación de iones a partir de la mezcla y la composición de la matriz del gel; Cabe anotar que dicha liberación de iones a partir del polvo ocurre por la desintegración del mismo debido al ataque ácido y fué extremadamente rápido. El descenso rápido de aluminio, calcio, zinc, flúor y fosfato soluble indica que estos iones se precipitaban rápidamente a medida que el cemento fraguaba y se endurecía, por lo que serían responsables de la reacción inicial de fraguado, la cual estaba completa a las 48 horas a 20°C (o 4 horas a 37°C). El proceso de polimerización se acompañaba de polimerización del ácido de silicio. La fase silícea interactuaba con los iones de aluminio formando un gel complejo capaz de reaccionar con el fosfato y el calcio. La cementación era posible gracias a la formación de uniones de fosfato. ⁽³⁵⁾

La naturaleza de la reacción de fraguado finalmente se estableció en 1970, donde se mostró que consistía en partículas parcialmente de vidrio reaccionando en la matriz de fosfato de calcio. ⁽³⁵⁾

Un estudio cuidadoso de los resultados obtenidos por Wilson lleva a la conclusión que la reacción de fraguado de los cementos de silicato se lleva a cabo de la siguiente manera. A medida que el polvo y el líquido se mezclan, la reacción inicia con el ataque a las partículas básicas del vidrio por los iones de hidrogeno del ácido fosfórico. Esto provoca la migración de iones de aluminio, calcio y sodio de la matriz. También los iones de fluoruro se liberan en la matriz en esta etapa. ^(26,32,36,37)

Los iones metálicos migran hacia la fase de la matriz, el ácido ionizado forma sales metálicas basadas en las especies aniónicas de H_2PO_4 . Mientras esto sucede el pH de la matriz se neutraliza y la reacción cesa gradualmente. Los productos formados son sustancias insolubles y rígidas, y por lo tanto su formación hace que el cemento fragüe a un cuerpo indeformable sólido. Wilson y Col. Hacen referencia a este proceso como “Precipitación”. Todo el agua originalmente presente en la solución de ácido se incorpora en el cemento final. Su resultado mostró que el endurecimiento alcanzó el 65% dentro de los primeros 30 minutos y cesó después de aproximadamente 72 horas.^(35,38,39)

El pH después de 48 horas llega a 5,2. Sin embargo, estudios en conductividad eléctrica del material, mostraron que éste continúa reaccionando durante al menos 7 semanas, aunque la dureza no cambia. La matriz final, era un fosfato de aluminio predominantemente amorfo que también contenía fluorita (CaF_2) y fosfatos ácidos de calcio.^(32,40)

PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas del cemento de silicato varía dependiendo de la relación polvo/líquido, se habló que los mejores cementos se mezclaban a altas relaciones, hasta 4 g/cm^3 . La mezcla es hecha por la incorporación gradual del polvo, a fin de minimizar el efecto de exotermia generada por la reacción entre los componentes del cemento.⁽²⁴⁾

Como se mencionó anteriormente la relación ácido fosfórico/agua influye en las propiedades finales de los cementos. Poetschke enunció que existía una concentración de ácido fosfórico óptima para alcanzar la máxima dureza y que la contracción del cemento era menor con mayores concentraciones de ácido fosfórico. Wilson y Kent en 1970 consideraron cómo las variaciones en la relación ácido fosfórico/agua afectaban el tiempo de fraguado, la resistencia compresiva y la resistencia al ataque ácido y a la degradación por agua. Encontraron que no hay una concentración en particular que optimice las propiedades. Cuando se aumenta el contenido de agua durante la mezcla, se obtiene un cemento más débil pero más resistente a los ácidos. Un alto contenido de ácido fosfórico resulta en cementos más solubles en medios acuosos y por lo tanto menos resistentes; si hay una deficiencia de agua, se inhibe la reacción y se prolonga el tiempo de fraguado. Si el líquido utilizado tiene una baja concentración de ácido fosfórico el fosfato disponible será insuficiente para una unión adecuada.^(39,41)

Las propiedades del cemento resultante se muestran en la tabla 2. Los valores de la fuerza están citados a las 24 horas, pero todos ellos siguen aumentando durante al menos un año después de la mezcla.^(6,24,25)

Tabla 2. Propiedades del cemento de silicato dental

Propiedad	Valor
Relación polvo/líquido	2.70-4.02
Tiempo de trabajo (23°C), min	3.6
Tiempo de endurecimiento (37°C), min	3.25-7.0
Fuerza compresiva (24 h), Mpa	68.5-255
Fuerza flexural (24h,) Mpa	24.5
Fuerza tensil (24 h), Mpa	13.6
Solubilidad/Fuerza de desintegración (24 h), %	0.24-0.38

La fuerza total del cemento de silicato dental se considera era más alta que la del cualquier otro cemento ácido-base reportado.^(13,38)

El opacamiento de la superficie del cemento se debe a interrupciones de la superficie debido a aire incorporado durante la mezcla o burbujas de vapor que se generan por la reacción exotérmica del fraguado, y a partir de las cuales se formaban grietas. Las grietas más pequeñas aparecían debido a la contracción. La deducción es que la interrupción de la superficie está relacionada con la cantidad de agua presente en el cemento y la temperatura del medio ambiente. Los fenómenos de opacamiento y agrietamiento se vieron reducidos al aumentar la temperatura y la humedad del medio ambiente; de igual manera líquidos con bajo contenido de ácido fosfórico producían cementos que endurecían más rápido

alcanzándose una estabilidad superficial que evitaba la aparición de las grietas.^(6,13)

El problema del cemento de silicato fue que el rango de funcionamiento óptimo era relativamente estrecho. Esta falta de fiabilidad fue la que le dio al cemento su reputación como un material insatisfactorio y dejó la puerta abierta para el desarrollo de un material mucho menos sensible.⁽¹³⁾

CEMENTO DE POLICARBOXILATO DE ZINC

El desarrollo del cemento de policarboxilato de zinc fue también un paso importante en la introducción del CIV. Este cemento fue descrito por primera vez por Smith en 1968, fue preparado a partir de la reacción de un polvo de óxido de zinc y un líquido que es esencialmente una solución acuosa de ácido poliacrílico.^(22,42,43)

Este cemento fue inventado como resultado de una investigación a cargo de Smith sobre los factores que pueden causar adhesión a la superficie del diente, y el trabajo se llevó a cabo con el fin de producir un material que pudiera actuar como agente cementante a la estructura del diente.⁽⁴³⁾

Smith en 1971 afirmó que estos materiales se desarrollaron como un material enteramente novedoso con propiedades de resistencia comparables al cemento de fosfato, además de contener una baja irritación en comparación con los

cementos a base de eugenol y con una adhesión mejorada al substrato dental en condiciones adecuadas. El cemento de policarboxilato de zinc se catalogó como el primer material dental adhesivo y, como tal, representó un avance importante en la odontología restaurativa. ^(23,42, 43)

Varios estudios experimentales (Mortimer y Tranter en 1969 y Williamns y Smith en 1971), demostraron que la resistencia a la tracción del cemento de policarboxilato de zinc era similar o mayor a la del fosfato de zinc, sin embargo Grieve en 1969 demostró que no era lo igual para la resistencia compresiva, lo cual era mayor para los cementos de fosfato de zinc. ⁽⁴²⁾

Una de las invenciones de este cemento era el uso de soluciones acuosas de ácido poliacrílico como líquido conformador del cemento. Las concentraciones eran relativamente altas, estaban entre 30 – 43%, lo que significa que el líquido tenía una viscosidad razonablemente alta. Aunque el ácido poliacrílico es el principal polímero utilizado en estos cementos, se propusieron rápidamente otros polímeros, incluyendo copolímeros de ácido itacónico o maléico. ^(13,22,23,42,43)

En el estudio de Bertenshaw y Combe en 1972, encontraron que los polímeros de alta masa molar conducían a cementos de alta resistencia; sin embargo la alta viscosidad del líquido hacía difícil la mezcla del cemento. Por lo tanto se presentaron líquidos con masa molar lo suficientemente baja como para permitir una mezcla satisfactoria y suficientemente alta para una resistencia útil. ^(6,42)

El compuesto del polvo no solo consiste en óxido de zinc puro, sino que tiene más componentes que lo hace complejo. (Tabla 3)^(42,43)

Tabla 3. Composición del cemento de policarboxilato de zinc

Componente	Masa (%)
Polvo de óxido de zinc: ZnO	85.2 – 96.8
Óxido de magnesio: MgO	4.73 – 10.06
Solución de Ácido poliacrílico	32.4 -42.9

Es necesaria la desactivación del polvo de óxido de zinc, lo cual, al igual que el fosfato de zinc se realiza por sinterización, proceso que da como resultado un polvo amarillo pálido ligeramente pobre en oxígeno.^(43,46) Además el polvo del cemento de policarboxilato de zinc también contiene óxido de magnesio hasta un 10 % y puede contener también sales de sílice, alúmina o bismuto.^(6,39)

Se ha demostrado que la forma en que se formulan los cementos de policarboxilato de zinc influyen en las propiedades del cemento, incluyendo los tiempos de trabajo y de endurecimiento y el la resistencia que adquiere al se posicionado. Los factores que afectan a las propiedades son la relación polvo/líquido, composición del polvo, la masa molar de los componentes y el tipo

de ácido polimérico y su concentración dentro del líquido conformador del cemento. Las propiedades de estos cementos se muestran en la tabla 4.^(42,43)

Tabla 4. Propiedades del cemento de policarboxilato de zinc

Propiedad	Valor
Tiempo de trabajo (23°C), min	2 - 5
Tiempo de endurecimiento (37°C), min	3 - 12
Fuerza compresiva (24 h), Mpa	48 - 80
Fuerza tensil (24 h), Mpa	4.8 – 15.5
Adhesión al esmalte (tensil, 24h), Mpa	4.1 – 6.9
Adhesión al dentina (tensil, 24h), Mpa	2.2 – 5.1

La reacción de endurecimiento ocurre razonablemente rápido. Una mezcla típica alcanza su máxima resistencia a las 24 horas, después de las cuales muestra poco o ningún cambio en los periodos de tiempo subsiguientes.⁽⁴³⁾

El cemento de policarboxilato de zinc sigue siendo un material útil para la odontología clínica, con aplicaciones como bases intermedias y cementantes, al ser resistentes a la unión al esmalte y a la dentina. En general este cemento al no ser irritante parece tiene efectos leves sobre la pulpa y los tejidos periodontales.⁽⁴³⁾

Introducción a los cementos de ionómero de vidrio (PRESENTE)

Es importante comprender la naturaleza de la introducción del CIV. Éste no consistía simplemente en la mezcla de polvo de vidrio del cemento de silicato dental con la solución de ácido poliacrílico del policarboxilato de zinc y dar como resultado un cemento exitoso. Como ya se mencionó los primeros intentos para mejorar el cemento de silicato involucraron experimentos con soluciones acuosas de ácidos orgánicos, aunque estos ácidos eran monoméricos y los resultados, aunque interesantes, no tuvieron éxito en la producción de cementos con propiedades mejoradas.^(23,27)

El ácido poliacrílico fue considerado en esos primeros experimentos, pero los resultados fueron tan decepcionantes que no fueron reportados en ese momento. Fueron insinuados por Wilson y McLean algunos años más tarde y descritos en detalle por Wilson en su publicación personal de la invención de los ionómeros de vidrio. Resultó que estos primeros cementos de poliacrilato de vidrio formaban una pasta difícil de manipular, experimentaba una reacción lenta, por el aumento en la viscosidad de la pasta y el cemento era hidrolíticamente inestable. Este cemento era claramente inútil como material dental potencial.^(27,56)

La invención del CIV no fué, de hecho, un solo acto, sino más bien una serie de pasos innovadores. Un paso clave fue el hallazgo de que la relación alúmina/sílice del vidrio controlaba la basicidad resultante y por lo tanto creaba la disponibilidad de la reacción de un polvo de vidrio con una solución ácida. Esto indicaba el

camino hacia el primer vidrio exitoso para un CIV, uno con suficiente basicidad para reaccionar con el ácido poliacrílico acuoso. El control de la relación alúmina/sílice permitió que los cristales se situaran mucho más rápido que la mezcla de vidrio-ácido poliacrílico original, donde el vidrio tenía una basicidad relativamente baja. Estas mezclas mejoradas no sólo se establecen más rápidamente; También eran hidrolíticamente estables cuando se ubican en agua.^(40,28)

El primer vidrio para dar cementos moderadamente satisfactorios se denominó G200, éste vidrio contenía alúmina y sílice en la proporción apropiada para dar una alta basicidad; También era alto en fluoruro. Su composición se da en la Tabla 5. El cemento resultante era conocido como ASPA I, siendo el término ASPA el acrónimo de ácido poliacrílico de aluminosilicato. ASPA fue también la marca del primer cemento comercial de ionómero de vidrio, lanzado en 1975. La forma original del ASPA I era a partir del 50% de ácido poliacrílico y un vidrio de aluminosilicato. ASPA I tenía 2 desventajas principales: la velocidad de adhesión y las reacciones de fraguado tempranas, y la solución del ácido poliacrílico se gelificaba lentamente.^(20,57,58)

Tabla 5. Composición del vidrio G200

Componente	% en masa
SiO ₂ (Óxido de sílice)	30.1
Al ₂ O ₃ (Óxido de alúmina)	19.9
AlF ₃ (Fluoruro de aluminio)	2.6
CaF ₂ (Fluoruro de calcio)	34.5
NaF (Fluoruro de sodio)	3.7
AlPO ₄ (Fosfato de aluminio)	10

El primer ionómero de vidrio, basado en G200, estaba lejos de ser terminado, ya que se estableció relativamente lento y mantuvo un alto grado de sensibilidad al agua durante un tiempo considerable después del fraguado, lo que fue un inconveniente. Además, el propio vidrio no era particularmente translúcido, y por lo tanto, el cemento resultante tenía una estética pobre. .^(20,57,58)

La siguiente etapa fue crear un cemento de ionómero de vidrio satisfactorio, donde se dio el descubrimiento del efecto positivo del ácido tartárico sobre la reacción de fraguado. Este descubrimiento surgió de una consideración de la naturaleza del vidrio G200. Fue excepcionalmente alta en fluoruro, un factor que parecía ser importante ya que G200 era el único vidrio capaz de formar un cemento utilizable con una solución de ácido poliacrílico. Wilson y su equipo infirieron que los iones de fluoruro desempeñaban un papel importante en el control de la reacción de fraguado, sugiriendo en particular que interactuaban con los iones de aluminio

liberados del vidrio y previniéndolos que se crucen prematuramente a las cadenas poliméricas del ácido poliacrílico. Esto se postuló debido a la alta afinidad del aluminio por los iones de fluoruro y la formación de iones complejos del tipo AlF_2^+ y AlF_2^+ , que se había propuesto en el fraguado de los cementos de silicato dental.^(20,22,23)

Disminuir la reacción del aluminio a través de la quelación parecía ser un camino a seguir. El método establecido para prevenir la precipitación prematura del aluminio como fosfato era incluir cualquier ácido cítrico o ácido tartárico, ambos conocidos por formar iones complejos solubles en agua con Al^{3+} . Estos dos ácidos se examinaron por tanto como aditivos potenciales en el cemento de ionómero de vidrio.⁽²⁵⁾

Los resultados fueron sorprendentes, especialmente con el ácido tartárico. Los cementos resultantes tuvieron tiempos de trabajo más largos y se logró que la mezcla de cemento fuera más fácil de mezclar y de manipular. Los cementos también habían mejorado la resistencia a la compresión y eran más resistentes al ataque ácido. Wilson consideró que este era el descubrimiento más importante que se hizo en todo el proceso de inventar y desarrollar el cemento de ionómero de vidrio. La nueva formulación se denominó ASPA II, y puede considerarse como el primer cemento de ionómero de vidrio realmente práctico.^(20,23,58)

Las indicaciones clínicas fueron favorables. La vida útil del líquido permaneció limitada, variando de aproximadamente 10 a 30 semanas dependiendo el lote. Las

razones de este comportamiento fueron desconocidas. Sin embargo, la presencia de impurezas tales como peróxidos orgánicos pudo ser la causa de la inestabilidad.⁽³³⁾

Se realizaron dos aproximaciones para resolver este problema. En la primera se encontró que el líquido se estabilizaba mediante la adición de metanol dentro de algunos grupos de ácido carboxílico, reduciendo así la incidencia de enlaces de hidrógeno. En esta forma el cemento fue designado ASPA III. Sin embargo demostró ciertas desventajas y tendió a ser más débil que las otras formas, posiblemente debido a la reducción en el número de grupo ácido carboxílico. Por esta razón, se realizó un nuevo enfoque preparando un copolímero de ácido polialquenoico (ácido poliacrílico y ácido itacónico), para impedir la agregación causada por enlaces de hidrógeno. Esta solución de ácido tiene una vida útil aparentemente indefinida. Este líquido, con una adición de ácido tartárico, forma la base del ASPA IV. En cada forma de ASPA el componente de vidrio se mantuvo sin cambios. (Tabla 6)^(31,32,33)

Los primeros vidrios prácticos para uso en los cementos de ionómero de vidrio eran aluminosilicatos de calcio con adición de fluoruro. Su relación alúmina/sílice se ajustó para hacerlos suficientemente básicos para establecer la reacción con la solución de ácido poliacrílico. Aunque se han investigado muchos otros sistemas de vidrio desde los primeros estudios, los vidrios desarrollados por Wilson y Kent siguen siendo la base de todos los cementos de ionómero de vidrio usados en la práctica clínica.⁽³⁰⁾

Tabla 6. Variaciones de ASPA

ASPA	Polvo/vidrio	Líquido	
		Poliácido	Co-polímero
ASPA I	G 200	Ácido poliacrílico 50%	-----
ASPA II	G 200	Ácido poliacrílico 47.5%	Ácido tartárico 50%
ASPA III	G 200	Ácido poliacrílico 45.2%	Ácido tartárico 4.75%
			Metanol 5.0%
ASPA IV	G 200	Ácido poliacrílico/itaconico 47.5%	Ácido tartárico 5%

COMPOSICIÓN

El fluoruro es un componente esencial en los vidrios. Este elemento tiene varias funciones dentro del vidrio. Reduce la temperatura de fusión, mejora el comportamiento de trabajo de las pastas del cemento recién mezclado impidiendo la gelificación prematura y mejora la resistencia del cemento fijado. Los vidrios que contienen flúor son mucho menos opacos que los óxidos puros, y esto a su vez significa que los cementos preparados a partir de ellos tienen una traslucidez mejorada.⁽³⁰⁾

Los vidrios se prepararon por fusión de estos componentes, normalmente en un crisol cerámico, con temperaturas de fusión variando entre 1100 °C y 1500 °C, dependiendo de la composición química precisa de la mezcla de fusión. Después

de fundir y dejar que la mezcla se volviera completamente homogénea a una temperatura elevada, la masa fundida se enfriaba rápidamente vertiéndola sobre una placa metálica o directamente en agua. Esto dio como resultado la formación de un vidrio que consistía en grandes piezas de vidrio. Luego se molía hasta obtener un polvo fino, típicamente de 20-50 μm , dependiendo de la aplicación clínica del cemento.^(7,23)

Los resultados de la preparación de los vidrios llevan a diferentes estructuras. Algunos muestran un grado de separación de fases que conduce a una apariencia opaca, mientras que otros no tienen separación de fase visible y tienen una apariencia translúcida. Se encontró que los vidrios separados por fases daban lugar a cementos más fuertes que los vidrios transparentes.^(12,59)

La estructura de G200, como se mencionó anteriormente, el primer vidrio de ionómero exitoso, se informó en 1979 por Barry. Aunque difiere algo de los vidrios modernos de ionómero en que es bajo en sodio y muy alto en fluoruro, se encontró que G200 muestra algunas características distintivas que parecen ser típicas de vidrios capaces de formar cementos de ionómero de vidrio satisfactorios. Tenían una composición química diferente del resto de vidrios y en particular se encontró que eran más ricos en calcio. Esto también se ha encontrado para el vidrio de ionómero más moderno G338. Se trata de un vidrio que es ampliamente utilizado en cementos de ionómero de vidrio clínicos y cuya composición se da en la Tabla 7.⁽¹²⁾

Tabla 7. Composición del vidrio G338

Componente	% en masa
SiO₂ (Óxido de sílice)	24.9
Al₂O₃ (Óxido de alúmina)	14.2
AlF₃ (Fluoruro de aluminio)	4.6
CaF₂ (Fluoruro de calcio)	12.8
NaAlF₆ (Criolita)	19.2
AlPO₄ (Fosfato de aluminio)	24.2

Por otra parte, el ácido polimérico original usado en los cementos de ionómero de vidrio era el ácido poliacrílico. Todavía es el ácido más utilizado, aunque se estudiaron una variedad de otros polímeros. El ácido poliacrílico fue, por supuesto, el polímero utilizado en los policarboxilatos de zinc y, por tanto, fue la elección natural cuando se desarrollaron los ionómeros de vidrio. La solución del ácido polimérico se usa a concentraciones relativamente altas, típicamente en el intervalo de 40-50%.^(23,28,56)

Este ácido es un ejemplo de la clase de sustancias llamadas polielectrolitos. Son sustancias que combinan las características de ser tanto polímeros como electrolitos. En el caso de la mayoría de los polielectrolitos utilizados para preparar cementos de ionómero de vidrio, estos grupos funcionales son ácidos carboxílicos (-CO₂H). Los polielectrolitos utilizados para preparar cementos de ionómero de vidrio son el ácido polialquenoico. Esto fue reconocido hace muchos años en la

nomenclatura acordada por la Organización de Normalización (ISO) para estos materiales, donde el nombre formal es el cemento de polialquenoato de vidrio.⁽⁵⁵⁾

Una observación temprana fue que el fluoruro disponible presente en el vidrio tenía una influencia considerable sobre el tiempo de trabajo de los cementos de ionómero de vidrio. Esto se atribuyó a la rápida formación de complejos de fluoruro de aluminio, con el argumento de que los iones complejos de fluoruro de aluminio no estaban disponibles inmediatamente para interactuar con las cadenas de polianión en el cemento y reticularlos. Como resultado, el tiempo de trabajo fue prolongado. Esto condujo a la búsqueda de agentes quelantes que pudieran añadirse al cemento y extender el tiempo de trabajo combinándolo con iones quelables del vidrio, impidiéndoles interactuar con las cadenas de polianión. De esta manera, se evitaría la gelificación prematura y se extendería el tiempo de trabajo. Se reconoció que los agentes quelantes ácidos serían ventajosos, ya que podrían ayudar a la eliminación de los cationes del vidrio y también suprimir la ionización y el desenrollamiento de las cadenas de polímero, prolongando así más el tiempo de trabajo.^(7,55)

La búsqueda inicial de un aditivo quelante exitoso incluyó una amplia gama de sustancias. Estos incluyen hidroxiaácidos, tales como ácido tartárico y ácido cítrico, ácidos hidroxibenzoicos, dicetonas, etanolamina y urea. El estudio incluyó el uso del reómetro oscilante para monitorizar los perfiles de ajuste, a partir de los cuales se pudo determinar el tiempo de trabajo. Los tiempos de trabajo también fueron confirmados usando una aguja de Gillmore modificada, donde la resistencia a la

indentación por una aguja pesada se toma como criterio de trabajabilidad. Se utilizaron dos métodos porque el tiempo de trabajo no es una propiedad exacta. Definirlo mediante pruebas de laboratorio no es sencillo, aunque estos primeros artículos de Wilson et al. (1976) aclaró un método que desde entonces ha sido ampliamente utilizado y que reemplaza gran parte de la subjetividad que de otra manera rodea el concepto. De hecho, los dos métodos experimentales utilizados dieron resultados que estaban en buen acuerdo.⁽⁵⁸⁾

Los efectos de incluir el ácido tartárico en la formulación de cemento se estudiaron en detalle, principalmente por espectroscopía infrarroja. Las muestras se examinaron utilizando la técnica de reflectancia total atenuada (ATR) en la que se presionaron contra la cara de un cristal y el espectro se registró en modo de reflectancia. Además, se obtuvieron extractos iónicos de los cementos a diversos intervalos de tiempo y se analizaron. Los resultados de los dos enfoques se combinaron con el fin de obtener una descripción detallada de las reacciones de formación de cemento en presencia de ácido tartárico. Este estudio utilizó vidrio G200 y un líquido que comprende 47,5% en masa de poli (ácido acrílico) y 5% en masa de ácido tartárico. Se utilizó una relación polvo/líquido de $1,5 \text{ g/cm}^3$, que es inferior a la de los cementos prácticos. Sin embargo, reaccionó más lentamente que un cemento adecuadamente formulado, lo que permitió estudiar la reacción con un detalle razonable. Los resultados de la parte infrarroja ATR del estudio no fueron particularmente informativos, en parte porque las bandas de absorción eran amplias y mal definidas. En consecuencia, los primeros estudios de Crisp y Wilson (1976) no pudieron confirmar la aparición temprana de tartratos de calcio y

aluminio ni el correspondiente retraso en la aparición de las respectivas sales de poliacrilato. No obstante, fueron capaces de confirmar la similitud esencial de la reacción de fraguado con y sin ácido tartárico y que la presencia de ácido tartárico actúa en parte aumentando la velocidad a la que los iones se liberan del polvo de vidrio en la primera etapa del procedimiento.⁽⁵⁸⁾

Se encontró que los cementos de ionómero de vidrio que contenían ácido tartárico eran más fuertes que aquellos sin aditivos. Esto llevó a la sugerencia de que estos cementos contienen complejos puente específicos que añaden resistencia a la matriz establecida. Sin embargo, esto descuida el efecto probable de la menor viscosidad del cemento en la mezcla. Una pasta de menor viscosidad sería más fácil de manipular, humedecería mejor el polvo de vidrio y tendría menos probabilidades de atrapar aire durante la mezcla, reduciendo así el desarrollo de poros dentro del material ensayado. Todos estos efectos mejorarían la homogeneidad del cemento mixto, reducirían las fallas y, en consecuencia, aumentarían la resistencia.^(48,56,58,)

Los CIV presentan dos categorías principales que son esencialmente: convencionales y modificados con resina; La única diferencia es que ésta última contiene una resina polimerizable. Se acepta generalmente que los modificados con resina tienen una tenacidad más alta y una estética mejorada en comparación con los convencionales.^(61,62)

Los ionómeros de vidrio modificados con resina tienen un curado dual; un proceso de polimerización fotoquímico que involucra radicales libres y el proceso de reacción ácido/base de los cementos de ionómero de vidrio convencionales. Esto es posible al reemplazar el agua en los componentes por una mezcla de agua/HEMA, por lo cual la estructura de estos contiene una alta proporción de grupos funcionales hidrofílicos en una matriz rica en enlaces cruzados que se unen con la estructura de un hidrogel sintético, preparado a partir de copolímeros de HEMA (absorben hasta el 80% de su masa en agua).⁽⁴⁸⁾

Tradicionalmente, los CIV se han clasificado en base a la publicación de Wilson y McLean (1988). Ésta clasificación se centraba en la viscosidad del material y por lo tanto en sus usos clínicos. En el 2009, Mount et al. Propusieron una clasificación de materiales restauradores directos. Se hizo énfasis en el hecho que los materiales basados en ionómero de vidrio deben tener una reacción de fijación ácido-base distinta que también incorpora una reacción de intercambio iónico con la estructura de diente.^(61,62)

La clasificación generalmente aceptada para los CIV se describe a continuación:

TIPO 1: Materiales de cementación

Estos materiales se utilizan para la cementación de restauraciones indirectas incluyendo coronas, prótesis fijas y brackets ortodónticos. Se encuentran como materiales convencionales o modificados con resina. Los materiales modificados

con resina pueden conseguir como sistemas separados de polvo y líquido, materiales encapsulados o incluso hoy en día en sistema de pasta/pasta (sólo para los materiales modificados con resina). Los cementos para cementación son capaces de conseguir un espesor de película fina de 20 µm. La relación polvo / líquido puede ser del orden de 1,7:1 o aumentada hasta 3,8:1 cuando el ácido ha sido deshidratado para formar un polvo.⁽⁶²⁾

El otro material de este grupo se puede denominar CIV modificado con resina adhesivo. Este material sólo estaba disponible a partir de la década de 1990 y ha demostrado ser una alternativa útil para adherir el compuesto de resina a la estructura del diente. El cemento se puede encontrar en forma de polvo/líquido y ser mezclado manualmente o encapsulado. El material mezclado se aplica al diente en una capa fina.⁽⁶²⁾

TIPO 2: Materiales restauradores

Este grupo se clasificó originalmente en materiales “estéticos” y “no estéticos” y convencionales o modificados con resina. Actualmente, todos estos se clasifican como Tipo 2. La relación polvo/líquido varía ligeramente entre los materiales actualmente disponibles que van desde aproximadamente 3.1:1 hasta 3.6:1. Los materiales encapsulados tienden a tener una relación polvo/líquido más alta.⁽³⁹⁾

Los CIV convencionales de relación Polvo/líquido más bajos han sido casi todos sustituidos por los materiales de alta viscosidad o por los modificados con resina

que proporcionan mejor estética y una resistencia aceptable. Todos los cementos restauradores son radiopacos.⁽⁶²⁾

TIPO 3: Base o revestimiento

Estos pueden ser cementos convencionales o modificados por resina de autocurado o curados por luz. Los CIV modificados con resina se pueden presentar en forma de pasta/pasta, obteniendo una mayor aplicabilidad clínica disminuyendo el tiempo de trabajo. Una de la variación de los CIV modificados con resina, ha sido la incorporación de diferentes tamaños de las partículas de resina dentro de sus componentes. Esto se produjo después del resultado exitoso al utilizar partículas muy pequeñas de nanorelleno dentro de sus componentes.⁽⁶³⁾

El uso de la nanotecnología fue capaz de mejorar los resultados estéticos sin afectar las propiedades físicas. El debate continúa al preguntarse si este material es un "verdadero CIV", ya que parecería que en estos no se produce una reacción ácido-base común. Sin embargo, se afirma que durante su reacción está presente el ácido policarboxílico, junto con finas partículas de aluminosilicato los cuales contribuyen a completar este proceso.⁽⁶³⁾

Dentro de los cementos de CIV convencionales, hay subgrupos; los que contienen menor cantidad de partículas de vidrio reactivas, y aquellos que contienen partículas de vidrio más pequeñas y altamente reactivas, este último grupo puede utilizarse como base intermedia o como material para restauraciones presentando

mayor resistencia ante las fuerzas que le son aplicadas. Dentro de este tipo de cementos convencionales se encuentran también, aquellos materiales que han sido modificados por la adición de un metal, como la plata, los cuales se denominan CIV de tipo mixtos.⁽⁶³⁾

Este tipo de cementos de base intermedia es utilizado con mayor frecuencia como una fina capa debajo de restauraciones y sirven como aislantes térmicos o para sustituir la dentina ausente.⁽⁶³⁾

Ahora existen excepciones a los materiales mencionados. Dentro de estos podemos mencionar los cementos selladores de fosas y fisuras, presentando una disminución en la viscosidad, alta liberación de flúor, y como su nombre lo indica son aplicados para este mismo propósito. Su proporción polvo/Líquido es de 2:1.⁽⁶⁴⁾

Liberación de flúor

La capacidad de los cementos de ionómero de vidrio para liberar fluoruro se considera clínicamente beneficiosa, y se observó por primera vez en los estudios pioneros de Wilson y sus colaboradores. El informe inicial se refería a la química de la erosión, y se vio que el fluoruro era parte de eso. Pronto se estudió como un fenómeno independiente, aunque los primeros trabajos demostraron que estaba acompañado por la liberación de otros iones metálicos, como el sodio y el calcio. También se demostró que la liberación se mantuvo durante periodos

considerables de tiempo, inicialmente durante muchos meses, y más tarde durante al menos 5 años después de la fabricación del cemento. Muy tempranamente, se observó que la liberación de fluoruro de los ionómeros de vidrio obedecía leyes cinéticas donde la liberación era proporcional a la raíz cuadrada del tiempo, una relación que es consistente con que la liberación sea un proceso de difusión, al menos en parte.^(51,52,60)

PROPIEDADES FÍSICAS

Los cementos de ionómero de vidrio son materiales que se fijan rápidamente cuando se colocan en la boca, típicamente en 3-8 min. Son materiales relativamente frágiles, una observación hecha para los cementos más antiguos, y uno que sigue siendo aplicable a las formulaciones actualmente disponibles.^(49,50,58)

Los valores típicos de las propiedades físicas de los cementos comerciales tempranos se muestran en la Tabla 8. En el momento en que se recogieron estos datos, tanto los ionómeros de vidrio convencionales como los ionómeros de vidrio activados por agua estaban a disposición. Sin embargo, no se encontró que las propiedades físicas estuvieran influenciadas por estos tipos un material en particular. Se encontró que otros aspectos de la composición eran mucho más influyentes, incluyendo la composición exacta del polvo de vidrio y la masa molecular así como el tipo de polímero y también su concentración en la formulación global del cemento.⁽⁴⁹⁾

Tabla 8. Propiedades físicas de los primeros ionómeros de vidrio

Propiedad	Valor
Tiempo de trabajo (23°C), min	1.3-3.8
Tiempo de endurecimiento (37°C), min	2.75-4.7
Fuerza compresiva (24 h), Mpa	140-195
Fuerza tensil (24 h), Mpa	9.0-19.3
Fuerza flexural (24h,) Mpa	8.9-30

Al principio de su evolución, las marcas de ionómero de vidrio se desarrollaron específicamente como cementos restauradores y como cementos de cementación. Estos últimos se prepararon inicialmente a partir de polvos de vidrio de tamaño de partícula pequeño con el fin de lograr las características de consistencia y flujo requeridas. Tales partículas de vidrio pequeñas formaban cada vez más parte de la mezcla de vidrio en materiales de calidad restaurativa, añadidos para mejorar sus propiedades físicas globales.⁽⁵⁵⁾

Generalmente, los ionómeros de vidrio preparados para su uso como cementos de cementación tenían resistencias más bajas que las diseñadas para su uso como materiales restauradores. La Organización Internacional de Normalización (ISO) ya había publicado la especificación para ellos en 1986 (Organización Internacional de Normalización, 1986) e incluía el requisito de una resistencia mínima a la compresión de 65 MPa para los ionómeros de vidrio de grado de

cementación, en comparación con un mínimo de 130 MPa para cementos de restauración. Esto es una consecuencia de la menor relación polvo / líquido usada para cementos de cementación. Esta menor relación polvo / líquido también ralentiza las reacciones de fraguado y maduración, de modo que el inicio de la resistencia a la humedad se retrasa. Por consiguiente, se encontró que los ionómeros de vidrio de grado de cementación eran más susceptibles a la contaminación temprana por agua que los grados restauradores.⁽⁵⁵⁾

Los primeros ionómeros de vidrio eran de poca translucidez en comparación con los materiales que se pusieron a disposición más tarde, y debido a esto, no se pudo hacer que coincidieran con la apariencia del diente natural. Sin embargo, muy pronto, se produjo un tipo experimental de cemento de ionómero de vidrio denominado ASPA X, y tenía una translucidez que era similar al diente.

Una característica que afectó negativamente a la estética de los ionómeros de vidrio desde los primeros días fue que los tonos más oscuros eran menos translúcidos que los tonos más claros. Por lo tanto, se ven menos como diente natural que el material correspondiente en tonos más claros. Además, si se dejaba que el cemento recién colocado entrara en contacto con la humedad, se dañó la superficie, lo que afectó negativamente a la translucidez. En general, estos problemas significaron que los ionómeros de vidrio requieren una manipulación cuidadosa para optimizar su aparición in vivo, y esto contribuyó a su reputación como materiales exigentes para su uso.^(12,55)

CARACTERISTICAS

Reacción de endurecimiento

Dentro de los CIV convencionales se encuentran Aquellos materiales que han sido modificados por la adición de un metal, comúnmente la plata. Estos materiales También se pueden denominar CIV mixtos. Posiblemente, el material más conocido en este grupo es Ketac Silver (3M-ESPE, EE.UU.) en donde la plata y el vidrio han sido sinterizados durante el proceso de fabricación Y luego se incorpora el polvo del CIV. Otros tienden a tener la plata separada del vidrio de flúoraluminosilicato, estos no son materiales estéticos, pero tienen la ventaja de poseer una mayor resistencia al desgaste, estos CIV se utilizaron para reconstrucción de miñones debajo de las coronas, pero estos tienen la desventaja que requieren de mayor tiempo para completar su reacción final, de este modo han sido reemplazados para este fin por los CIV modificados con resina. En el que recientemente se ha introducido el FUJI VIII en una presentación de polvo/líquido el cual tiene la propiedad de curado químicamente sin la necesidad de la foto activación por lo que se considera una alternativa en cavidades interproximales con mayor profundidad.⁽⁶⁵⁾

La reacción de los CIV parte a través de las partículas de vidrio en las que se liberan iones metálicos tales como Calcio, estroncio y aluminio, esta reacción de fijación depende de los componentes del polvo y el líquido en donde la porción de carga está constituida por un flúoraluminosilicato Vidrio que puede variar de 40 a

75% en peso en la mezcla del cemento. La proporción De carga se refiere a las cualidades requeridas por el cemento, por ejemplo, los cementación de baja viscosidad los cuales tienen menos polvo en comparación con los cementos de alta viscosidad, estos últimos mayormente utilizados para soportar las cargas oclusales otorgando así mayor resistencia. El cemento fijado se convierte entonces en un compuesto que comprende partículas de relleno de vidrio sin reaccionar y que están rodeados por un gel de sílice o que está incrustado en una matriz compuesta de poliácido que es la responsable de mantener el cemento en conjunto.^(65,66,67)

El tiempo de fraguado de este cemento se puede aumentar mediante la mezcla del cemento en una loseta de vidrio refrigerada al menos una hora antes de realizar la mezcla, siendo beneficioso en ortodoncia ya que permite la colocación del cemento en más de una banda por mezcla de material. Los cementos de polialquenoato han demostrado ser cementos que superan las propiedades del fosfato de zinc, también utilizado como agentes de cementación en ortodoncia.⁽¹⁰⁾

Partículas de vidrio

Las partículas de vidrio en los CIV son más reactivas que los encontrados en los materiales compuestos de resina. Esto se ha logrado mediante la incorporación de flúor en el vidrio. El vidrio original estaba basado en partículas de SiO_2 – AlO_3 – AlPO_4 – NaAlF_6 . Los primeros trabajos de Wilson y McLean (1988) mostró una relación de 1: 2 (o más) de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, y fluoruro de hasta 23% necesario para un

CIV viable. Esencialmente, todos los vidrios del CIV se han basado en una fórmula similar de partículas de Vidrio de flúoroaluminosilicato de calcio o estroncio, estos también contienen iones tales como sodio, fósforo, lantano, Bario, boro y zinc.

(68,69,70)

El estroncio se ha utilizado para reemplazar el calcio y el lantano para sustituir el aluminio, el cual le da al cemento mayor radiopacidad, sin embargo, la relación Al: es importante para la composición del vidrio, y esto puede influir en la liberación de flúor. ^(71,50)

La inclusión de flúor en los CIV no fue originalmente para impartir un efecto anticariógeno, pero si para ayudar a la reacción de fijación del CIV. Este actúa como un Disruptor de red que permite la liberación de iones necesaria permitir la reacción de fraguado. Por otro lado el silicio tiende a permanecer no reactivo durante la reacción GIC; y esto da fuerza y estabilidad al cemento fijado y el fluoruro que se incorpora adicionalmente tiende a disminuir el tiempo de fraguado. ⁽⁵⁰⁾

Líquido

El otro componente importante del GIC es el líquido. El líquido es un ácido polimérico que tiene un grupo de carboxilato Grupo (s), para evitar la gelificación. Hay una amplia gama de ácidos que se pueden utilizar, y cada uno proporcionará una variabilidad potencial a la aplicación del conjunto CIV. ⁽⁷³⁾

El líquido también puede contener agua o ácido tartárico, aumentando el número de grupos carboxilo en las cadenas de polímero, ayudando a prevenir la gelificación durante el ajuste, que imparte una mayor reactividad debido a un mayor número de grupos carboxilo. Esto también puede conducir a una mayor reticulación, mejorando así las propiedades del cemento, como su resistencia. Sin embargo, para conseguir las propiedades ideales del cemento, se debe establecer un compromiso en la concentración del líquido, que normalmente se limita al 50% p/p.⁽⁶⁸⁾

También se ha demostrado que el agua es un componente que participa en la reacción de fijación de los CIV, cuya participación especialmente es durante la reacción ácido-base. Los grupos de carboxilato se disocian permitiendo que se vuelvan activos para la transferencia de iones, y el agua proporciona el medio para el movimiento de iones al polvo de vidrio en la superficie. Durante el establecimiento del CIV, la cantidad de agua unida en la matriz también aumenta con el fin de evitar la deshidratación o la desecación de la misma. Esta transferencia de agua otorga a los CIV la ventaja a los movimiento de iones (Tales como iones fluoruro) que pueden reducir el daño causado en el ataque temprano de la caries.^(74,75)

Recientemente, la alta relación polvo/líquido en los cementos ha demostrado algunas mejoras en la sensibilidad al agua. Para los GIC convencionales, era

necesario revestir el cemento en un dispositivo impermeable para la absorción de agua y debilitamiento de la fijación del cemento.⁽⁷⁶⁾

La resistencia

Los cementos de ionómero de vidrio tienden a ser materiales frágiles, y la resistencia final puede ser variable. La inclusión de resina en el cemento parece mostrar una mayor resistencia, pero ésta propiedad también tiende a hacer que el cemento sea ligeramente de naturaleza más frágil. Esta fragilidad es una de las principales razones por lo cual los CIV no son adecuados para restauraciones en dientes posteriores.⁽⁷⁷⁾

Durante el endurecimiento, los CIV son sensibles a la pérdida de humedad y a la absorción de agua, generando una deshidratación del cemento que genera fisuras superficiales y una mayor opacidad del mismo. Las consecuencias están encaminadas entonces a generar, una disminución en la resistencia al desgaste y la pérdida de la estética.⁽⁷⁶⁾

La introducción de los CIV modificados con resina ayudó a superar algunos de los problemas iniciales de deshidratación de los cementos convencionales. Sin embargo, los CIV modificados con resina también muestran sensibilidad a la humedad. Por lo tanto, es crítico mantener el equilibrio hídrico dentro de la matriz de todos los cementos, comprometiendo la estética y su posible resistencia.^(76,77)

Los CIV como restaurador definitivo aún tienen limitaciones, sus propiedades estéticas y físicas son inferiores en comparación con las resinas y a pesar de que se disponen de CIV para restaurar diferentes clases de cavidades, la amalgama y sobretodo la resina siguen siendo los materiales de primera elección, la ventaja de los CIV frente a estos materiales es que permiten restaurar conservando una mayor Cantidad de estructura dentaria.⁽⁷⁸⁾

Para mejorar las propiedades de los CIV vidrio, se pueden considerar muchas vías, como por ejemplo nuevos sistemas de relleno de vidrio y adiciones, modificadores y partículas de relleno pre-reaccionadas, la inclusión de partículas esféricas, el refuerzo de fibra de vidrio y el desarrollo de nano partículas, las cuales también tienen efecto sobre la mejora de las propiedades del CIV, tales como tenacidad a la fractura, desgaste y otras propiedades físicas y estéticas. Otro enfoque se centra en el uso de CIV farmacológicos que promuevan la reducción de caries y la biomineralización.⁽⁷⁸⁾

Nuevas perspectivas de los cementos de ionómero de vidrio (FUTURO)

Hoy por hoy, el futuro de los cementos de ionómero de vidrio apunta a la utilización de tecnologías de vehículos de liberación controlada o mecanismos de auto-reparación que permitan mejorar la longevidad y propiedades físicas de estos materiales, tanto desde el punto de vista biológico, como mecánico. Así mismo, los avances contemplan cambios en la presentación comercial de los CIV y en su

manipulación clínica, a fin de mejorar propiedades como la resistencia al desgaste y sobretodo la estética.^(79,80)

Cementos de ionómero como una alternativa a la amalgama

Los CIV han cobrado relevancia debido a su habilidad para auto adherirse al diente, por sus propiedades biomiméticas, de remineralización, poder anticariógeno y manipulación relativamente fácil. Entre las similitudes con la amalgama encontramos que ninguno requiere el uso de adhesivo; además el CIV al contener agua, puede ser colocado en la dentina húmeda.^(79,80)

Recientemente se lanzó un CIV de alta viscosidad, condensable y no pegajoso, el cual no requería de acondicionamiento de la cavidad, lo que permitía que fuera colocado directamente en esta, como sucede con las amalgamas. Esto representa los intentos de producir un CIV de alta viscosidad encapsulado como una alternativa frente a las amalgamas para cierto tipo de cavidades dentales.^(81,82)

Avances en el sistema de relleno vítreo

Los rellenos actualmente presentes en los materiales de ionómero de vidrio consisten en partículas de vidrio trituradas. La composición es a base de sílice, alúmina, calcio, estroncio y óxido de zinc. El relleno varia en tamaño dependiendo del fabricante. Se han descrito sistemas de vidrio pre-reaccionados para los CIV, aunque estas partículas generalmente son usadas en sistemas de resina o adhesivos, las fórmulas de ionómero de vidrio podrían beneficiarse de esta

tecnología, ya que permite que una cierta parte de la matriz final consiga la máxima resistencia en un entorno controlado y reproducible ^(83,84,85,86,87)

Tecnología de nano partículas

El uso de nanopartículas más pequeñas se basa en la premisa de que esto mejora propiedades como el brillo o la resistencia al desgaste. Sin embargo, el agregar nano partículas o nano clústeres a los CIV encapsulados se dificulta mantener una consistencia que permita su uso y al mismo tiempo contar con un contenido de relleno adecuado. La evolución en los sistemas de relleno vista en los materiales de resina podría aplicarse en los CIV y de esta manera conferirle mejores propiedades estéticas, semejando a las resinas ^(88,89).

Partículas esféricas

La incorporación de partículas esféricas permite alterar la relación de volumen del relleno. La adición de partículas de sílice esféricas en los CIV modificados con resina ha demostrado una reducción de la brecha marginal al tiempo que mejora la resistencia compresiva, pensil y flexural ^(90,91)

Refuerzo con fibra de vidrio

Se ha empleado fibra de vidrio reactiva en CIV experimentales para crear ionómeros de vidrio reforzados con fibra (FRGIC), las cuales han demostrado incrementar la resistencia flexural y mejorar la resistencia a la fractura debido a la energía adicional que demanda “halar” las fibras fuera de la superficie fracturada.⁽⁹²⁾

Fibras de $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--CaF}_2\text{--Na}_3\text{AlF}_6$ (430 μm de longitud) han demostrado un incremento significativo en la resistencia a la fractura, a la vez que proveen un considerable aumento en la tasa total de liberación de estrés. Sin embargo, las propiedades estéticas de los FRGIC se ve comprometida, esto en conjunto con la exposición de las fibras debido al desgaste hace su comercialización inviable ⁽⁹³⁾.

Incorporación de portadores poliméricos como relleno

Las partículas poliméricas están cargadas con moléculas o compuestos activos, diseñados para liberarse o influir en el ambiente circundante de la interfaz de restauración / superficie del diente. Las posibilidades de este tipo de relleno son infinitas cuando se aplican a sistemas CIV, ya que proporcionan nuevos sistemas para liberar a futuro compuestos que no están implicados activamente en la reacción de fraguado de los CIV. Se ha propuesto cargar estas partículas con cloruro de zinc y incorporarlas en adhesivos para inhibir la degradación del colágeno por metaloproteinasas de matriz ⁽⁹⁴⁾.

Adición de vehículos de liberación controlada al CIV

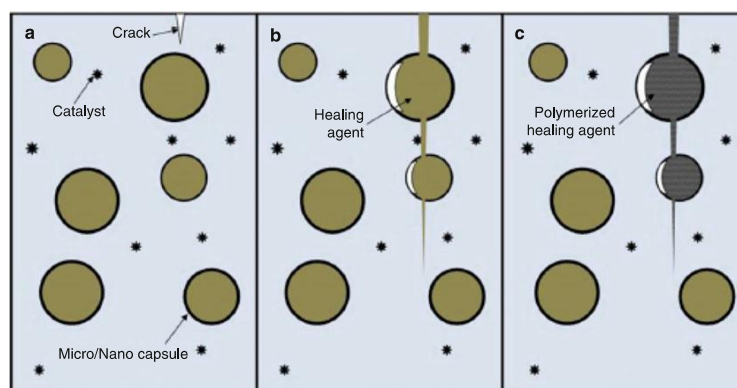
Hay tecnologías que podrían facilitar la liberación controlada de ingredientes activos desde la matriz del CIV. Por ejemplo, se han propuesto partículas microencapsuladas envueltas en membranas semipermeables que se liberen para facilitar la mineralización de los dientes ⁽⁹⁵⁾.

Tecnología de auto-reparación

Un nuevo tema de investigación que podría aplicarse al futuro de los CIV, implica

el estudio de estructuras de "auto-reparacion" polimérica. Esta nueva tecnología permite la reparación automática de defectos tales como grietas, fracturas y otras áreas dañadas, resultado de procesos de fatiga química, térmica o mecánica. Se ha propuesto la incorporación de micro o nano-cápsulas que liberen "agentes de reparación" específicos de la arquitectura del polímero después de la propagación de una grieta (Figura 3).^(96,97)

FIGURA 1. Agentes de reparación. Tomada de Glass-ionomer in dentistry, 2016



Estas cápsulas estarían en la red polimérica en tamaños que varían de 3 a 800 μm , y podrían contener un sólido, un líquido o un gas que sea material "núcleo", rodeados por una cápsula o material de la envoltura^(96,97)

Las redes de polímeros interpenetrantes que incorporan polímeros lineales, ejemplo, poli (metacrilato fenil glicidil éter) han mostrado difusión de la fase polimérica lineal en la interfaz de la grieta como una forma de proceso de auto-reparacion. Las imágenes SEM de áreas dañadas demuestran claramente que se puede lograr la cicatrización de micro-fisuras en el orden de 20 μm , a partir de la

interdifusión y enredamiento de la cadena móvil ⁽⁹⁸⁾.

Reducción de Porosidad

Aunque los efectos de los vacíos creados por la incorporación de aire durante la mezcla no se entienden exactamente, se supone que éstos tienen un efecto negativo en la resistencia de los CIV. Un método propuesto para reducir este fenómeno es que ambas partes del ionómero de vidrio sean pastas que puedan mezclarse a mano con una espátula. Sin embargo, esta presentación no es económica y ha caído en desuso, para ser reemplazada por materiales encapsulados.⁽⁹⁹⁾

Mejoras en la Resistencia a la Fractura

La resistencia a la fractura dependen de muchas variables. Se ha demostrado que la modificación de los componentes poliméricos, como CIV que contienen aminoácidos son viables para mejorar dicha propiedad en el cemento final ⁽¹⁰⁰⁾.

Otros nuevos sistemas poliméricos tales como polimeros de poli (ácido acrílico) en forma de estrella de 6 brazos han mostrado también aumentos significativos en tenacidad a la fractura comparada con el CIV modificados con resinas comerciales, similares en valor al material compuesto ⁽¹⁰¹⁾

Mejoras en la adhesión a dentina y esmalte

El mecanismo de unión de los CIV de nueva generación ha demostrado la formación de 'tags' de resina. Los estudios que investigan las diferencias entre la dentina acondicionada con solución de ácido fosfórico o ácido poliacrílico ha

demostrado que ambos protocolos crean una superficie que permite la formación de dichos tags ^(102,103,104).

Mejoras estéticas

La estética de los CIV es inferior a la de los materiales de resina. Para el futuro de los CIV, las propiedades estéticas son una característica importante ya que los pacientes de la "era post- amalgama" exigen que sus dientes se restauren con materiales mas estéticos. La translucencia inicial y las propiedades ópticas de los CIV modificados con resina son ahora similares a los materiales de resina compuesta. Las propiedades ópticas, como la translucidez y los valores de opacidad, junto con una aproximación más estrecha del color de los tonos a los tonos VitaTM pueden mejorarse para seguir a las resinas compuestas. Los CIV convencionales carecen todavía de propiedades de translucidez de los compuestos modernos, aunque se están introduciendo mejoras ⁽¹⁰⁵⁾.

Mejoras en Bioremineralización / Biopromocion

Los futuros CIV podrían diseñarse para liberar altos niveles de calcio, fosfato y otras especies iónicas consideradas beneficiosas para ciertas condiciones de las cavidades. Esta liberación podría originarse a partir de (a) sistemas de vidrio involucrados en la reacción de fraguado principal, (b) sistemas de vidrio no involucrados en la reacción de fraguado o (c) otros aditivos (por ejemplo, fosfato de calcio amorfo).⁽¹⁰⁶⁾

También se ha añadido fosfato de calcio a dos CIV de baja viscosidad en forma de

fosfato de calcio nano-amorfo y ACP-CPP. Aunque los beneficios de estos aditivos aún no han sido probados clínicamente, muestra intentos de utilizar la matriz CIV como un vehículo para suministrar agentes específicos al diente. También se han propuesto nanopartículas de nano-hidroxiapatita como aditivos para promover la bioremineralización en CIV y se ha encontrado que aumentan las propiedades del CIV ⁽¹⁰⁶⁾.

1.5 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Describir como ha sido la evolución de los cementos de ionómero de vidrio hasta el día de hoy.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Conocer los cementos precursores al ionómero de vidrio.
- Describir la composición y propiedades de los cementos precursores.
- Identificar el motivo que llevo al desuso de los cementos precursores.
- Relatar la evolución de los cementos precursores hasta el ionómero de vidrio.
- Reconocer la composición y propiedades de los ionómeros de vidrio.
- Determinar posible evolución de los ionómeros de vidrio en un nuevo material.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Revisión de la literatura.

Objeto de estudio: Cementos de ionómero de vidrio

2.2 POBLACIÓN

No aplica

2.3 MUESTRA

Artículos de revistas indexadas disponibles en bases de datos: Pubmed, Ebsco, Sciencedirect

2.4 TÉRMINOS MESH

Cement, Glass Ionomer, Polyalkenoate Cement, Glass Polyalkenoate Cements, Glass Ionomer Cement, Cement Glass-Ionomer, Silicate Cement, Polycarboxylate Cement, Tricalcium Silicate

2.5 ESTRATEGIAS DE BUSQUEDA

1. Silicate cement NOT Polycarboxylate cement
2. Polycarboxylate cement NOT Silicate cement
3. Polyalkenoate cement AND Glass polyalkenoate
4. Polyalkenoate cement OR Class polyalkenoate
5. Cement glass ionomer AND polyalkenoate cement
6. Tricalcium silicate NOT glass ionomer cement NOT silicate cement

2.6.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Artículos entre el año 1930 hasta el presente año.
- Artículos que contengan los términos MeSH.
- Artículos cuyos tipos de estudio sean analíticos, experimentales y revisiones de literatura

2.6.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Artículos que hablen de otro tipo de material.
- Artículos acerca de los cementos de ionómero de vidrio que sean casos y control y reportes de casos.

2.7 PROCEDIMIENTO

Se realizó una revisión de literatura de documentos encontrados en las bases de datos: Sciencedirect, EBSCO y PubMed.

Las palabras claves usadas para la búsqueda de los artículos fueron: Cement, Glass Ionomer; Polyalkenoate Cement; Glass Polyalkenoate Cements; Glass Ionomer Cement; Cement Glass-Ionomer; Silicate Cement; Polycarboxylate Cement; Tricalcium Silicate.

Las estrategias de búsqueda se realizaron en combinaciones con las palabras claves de la siguiente forma: *Silicate cement NOT Polycarboxylate cement; Polycarboxylate cement NOT Silicate cement; Polyalkenoate cement AND Glass polyalkenoate; Polyalkenoate cement OR Glass polyalkenoate; Cement glass ionomer AND polyalkenoate cement; Tricalcium silicate NOT glass ionomer cement NOT silicate cement.*

Dentro de la búsqueda en las bases de datos se filtraron los artículos por periodos de 1938-1970 (Pasado), 1970-2000 (Presente) y 2001-actualidad (Futuro).

Se incluyeron artículos entre el año de 1930 hasta el presente que contengan los términos MeSH y textos cuyos tipos de estudio sean analíticos, experimentales y revisiones de literatura.

Se excluyeron artículos que estuvieran escritos en otro idioma diferente al inglés y al español, artículos que hablen de otro tipo de material, textos acerca de los

cementos de ionómero de vidrio, cementos antecesores y sucesores que sean estudios serie de casos o reportes de casos.

Para evaluar la estructura y calidad de la evidencia se utilizó la plantilla Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN) y así poder establecer los grados de recomendación.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para la evaluación de cada estudio fueron: Autor, año, objetivo del estudio, población, variables, resultados y conclusiones; y para incluir dentro de la revisión: cementos antecesores y sucesores de los ionómeros, donde se tuvo en cuenta: composición, propiedades físicas y químicas, usos, ventajas, desventajas y las razones por las cuales se dio su desuso en el caso de cementos antecesores.

3. RESULTADOS

Los resultados según las estrategias de búsqueda fueron 6.208 artículos. El total de resúmenes seleccionados según los criterios de inclusión y exclusión fueron 417. (Tabla 9)

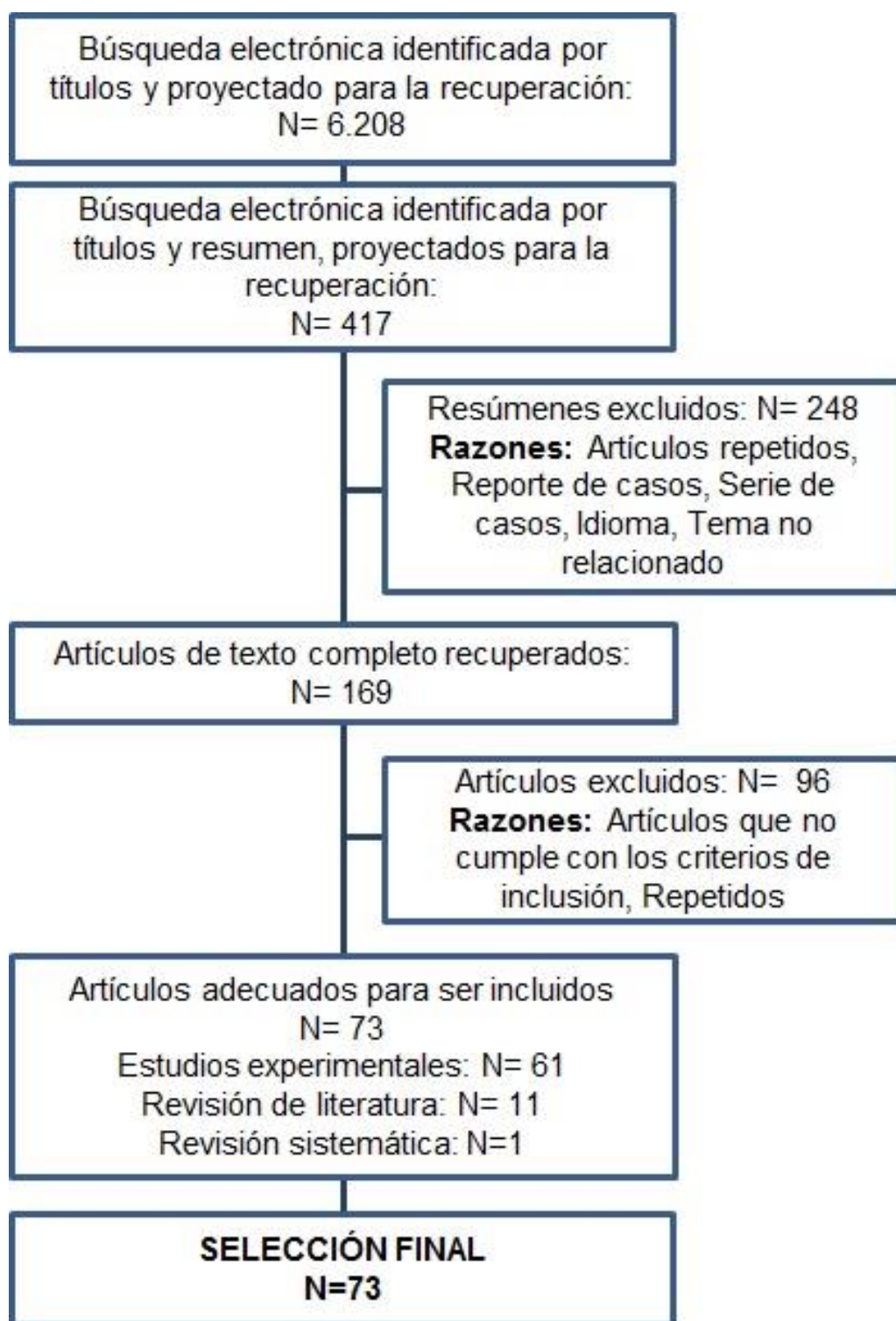
TABLA 9. Resultados de la estrategia de búsqueda

Base de datos	Resúmenes encontrados	Resúmenes seleccionados
PubMed	2.174	91
Ebsco	1.962	144
Science Direct	2.072	182
TOTAL	6.208	417

Estos artículos fueron obtenidos de las bases de datos seleccionadas para la búsqueda. Fueron elegidos y recuperados 169 artículos texto completo. Después de una nueva evaluación, 96 artículos fueron excluidos por no cumplir con los criterios de inclusión, artículos repetidos. Por lo tanto 73 artículos fueron incluidos, 61 estudios experimentales, 11 revisiones de literatura y 1 revisión sistemática que cumplían con los criterios y contenían datos e información precisa y adecuada. (Figura 2)

Se aplicaron los criterios para la valoración de niveles de evidencia SIGN. Obteniendo 1+ (1 artículo), 1++ (1 artículo), 2- (15 artículos), 2+ (35 artículos), 2++ (21 artículos).

FIGURA 2. Diagrama de flujo de la elegibilidad de los estudios.



4. CONCLUSIONES

El desarrollo a futuro de los CIV probablemente aporte mejoras en la resistencia a la fractura y el desgaste, así como también en las propiedades estéticas. Estas mejoras permitirán que el material aumente su longevidad en situaciones de carga, permitiendo así que el material se convierta en una alternativa viable a otras restauraciones. Otras de las nuevas características hacia la cual se enfocaran los estudios de desarrollo de este material dental, será la optimización de las propiedades biomiméticas, biomineralizantes o antimicrobianas para proporcionar CIV de nueva generación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cedillo JJ. Ionómero de Vidrio de alta densidad como base en la técnica restauradora de Sandwich. Revista ADM, 2011; LXVIII(1): 39-47.
2. Davidson CL. Avances en cementos de ionómero de vidrio. J Minim Interv Dent 2009; 2(1): 171-183.
3. Tascón J. Restauración atraumática para el control de la caries dental: historia, características y aportes de la técnica. Rev Panam Salud Publica. 2005;17(2):110–115.
4. Cedillo JJ. Ionómeros de vidrio remineralizantes. Una alternativa de tratamiento preventivo o terapéutico. Revista ADM, 2011; LXVIII(5): 258-265
5. Racciatti G. Agentes selladores en endodoncia. (fecha de consulta septiembre 27 de 2016). Disponible en: <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/1380/10-43-1-PB.pdf?sequence=1>
6. Manly RS, Baker CF, Miller CF, Miller PN, Welch FE. The effect of composition of liquid and powder on the physical properties of silicate cements. J Dent Res 1951; 30(1): 145-156.
7. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass- ionomer cements. Journal of Dentistry, 1975; 4(4): 162-166.
8. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements 3. Effect of polyacid concentration on the physical properties. Journal of Dentistry, 1977; 6(1): 51-56

9. Walls AWG, Adamson J, McCabe JF, Murray JJ. The properties of a glass polyalkenoate (ionomer) cement incorporating sintered metallic particles. *Dent Mater* 1987; 3: 113-116.
10. Fricker J, Hirota K, Tamiya Y. The effects of temperature on the setting of glass ionomer (polyalkenoate) cements. *Australian Dental Journal* 1991; 36(3): 240-242.
11. Sasanaluckit P, Albustany KR, Doherty PF, Williams DF. Biocompatibility of glass ionomer cements. *Biomaterials*, 1993; 14(12): 906-916.
12. Nicholson JW, Abiden F. Changes in compressive strength on ageing in glass polyalkenoate (glass-ionomer) cements prepared from acrylic/maleic acid copolymers. *Biomaterials*, 1997; 18: 59-62.
13. Guggenberger R, May R, Stefan KP. New trends in glass-ionomer chemistry. *Biomaterials*, 1998; 19(6): 479-483.
14. Zhao W, Chang J. Preparation and characterization of novel tricalcium silicate bioceramics. *J Biomed Mater Res*, 2005; 73A: 86–89.
15. Malkondu O, Karapinar M, Kazazo E. A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. *BioMed Research International* 2014; ID 160951: 10 pages.
16. Flores LA, Ramírez JP. Ionómeros de vidrio restauradores: valoración de acuerdo a la Norma 96 de la ADA. *Revista ADM*, 2010; LXVII(2): 72-77
17. Brasca B. Evaluación del uso de los cementos de ionómeros vítreos en la práctica diaria. (fecha de consulta septiembre 27 de 2016). Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/HUELLAS/article/download/4716/4520>

18. De Guzmán A. Evaluación clínica de un ionómero de vidrio modificado en odontopediatría. *Acta odontol. venez* 2001; 39(3).
19. Gil García S, Mosquera Arenas S, Hoyos Arias LA, Domínguez Jiménez T, Arango B. LM, Gallego G. CL. Cambios en la resistencia compresiva del ionómero de vidrio al ser grabado con ácido ortofosfórico. *Revista Nacional de Odontología*. 2013; 9(16): 67-73.
20. Walls A.W. Glass polyalkenoate (glass-ionomer) cements: a review, *J.Dent*, 1986;14:231-246
21. Nicholson JW. Adhesion of glass-ionomer cements to teeth: A review. *Int J Adhes*, 2016
22. Wilson AD. The chemistry of dental cements. *Chem Soc Rev*. 1978;7:265–96.
23. Wilson AD. A hard decade's work: steps in the invention of the glass-ionomer cement. *J Dent Res*. 1996;75: 1723–7.
24. Paffenbarger GC, Swaney AC, Schoonover IC, Dickson G. American dental association specification No. 9 for dental silicate cement: First revisión. Effective July 1. 1950. *JADA*, 1950; 40:186-193.
25. Paffenbarger GC, Schoonover IC, Souder W. Dental silicate cements: Physical and chemical properties and a specification. *JADA*, 1938; 25:32-87.
26. Wilson AD. Kent BE, Batchelor RF. Dental silicate cements: IV. Phosphoric acid modifiers. *J Dent Res*, 1968; 47(2):233-243.
27. Wilson AD. Dental silicate cements: VII. Alternative liquid cement formers. *J Dent Res*, 1968; 47(6):1133-1136.
28. Kent BE, Lewis BG, Wilson AD. Dental silicate cements: XVI. Crazeing, cement properties, and liquid composition. *J Dent Res*, 1971; 50(2):400-404.

29. Wilson AD, Kent BE, Batchelor RF, Scott BG, Lewis BG. Dental silicate cements: XII. The role of water. J Dent Res, 1970; 49(2):307-314.
30. Wilson AD, Kent BE. Dental silicate cements: IX. Decomposition of the powder. J Dent Res, 1970; 49(1):7-13.
31. Kent BE, Wilson AD. Dental silicate cements: XV. Effect of particle size of the powder. J Dent Res, 1971; 50(6):1616-1620.
32. Wilson AD, Kent BE. Dental silicate cements: V. Electrical Conductivity. J Dent Res, 1968; 47(3):463-470.
33. Wilson AD, Batchelor RF. Dental silicate cements: III. Environment and durability. J Dent Res, 1968; 47(1):115-120.
34. Wilson AD, Mesley RJ. Dental silicate cements: VI. Infrared studies. J Dent Res, 1968; 47(4):644-652
Wilson AD, Kent BE. Dental Silicate Cements: X. The Precipitation Reaction. Journal Of Dental Research [serial on the Internet]. (1970, Jan); 49(1): 21-26.
35. Wilson AD, Batchelor RF. Dental silicate cements. I. The chemistry of erosion. J Dent Res, 1967; 46(5):1075-1085.
36. Wilson AD, Batchelor RF. Dental silicate cements. II. Preparation and durability. J Dent Res, 1967; 46(6):1425-1432.
37. Kent BE, Wilson AD. Dental silicate cements: VIII. Acid-Base aspects. J Dent Res, 1969; 48(3):412-418
38. Kent BE, Lewis BG, Wilson AD. Dental silicate cements: XIII. Craze and dulling of the Surface. J Dent Res, 1971; 50(2):393-399.
39. Kent BE, Fletcher KE, Wilson AD. Dental silicate cements: XI. Electron probe studies. J Dent Res, 1970; 49(1):86-92.

40. Wilson A, Kent B, Batchelor R, Scott B, Lewis B. Dental silicate cements. XII. The role of water. *Journal Of Dental Research* [serial on the Internet]. (1970, Mar); 49(2): 307-314
41. Pulver JC, Rossington DR. Solubility of a silicate cement. *J Dent Res*, 1970; 49(6):1530-1536.
42. Bertenshaw BW, Combe EC. Studies on polycarboxylates and related cements. I. Analysis of cement liquids. *J Dent*, 1972; 1(1):13-16.
43. Walls A, McCabe J, Murray J. Factors influencing the bond strength between glass polyalkenoate (ionomer) cements and dentine. *Journal Of Oral Rehabilitation* [serial on the Internet]. (1988, Nov), [cited November 3, 2016]; 15(6): 537-547.
44. Bourke A, Walls A, McCabe J. Light-activated glass polyalkenoate (ionomer) cements: the setting reaction. *Journal Of Dentistry* [serial on the Internet]. (1992, Apr), [cited November 3, 2016]; 20(2): 115-120.
45. Darling M, Hill R. Novel polyalkenoate (glass-ionomer) dental cements based on zinc silicate glasses. *Biomaterials* [serial on the Internet]. (1994, Mar), [cited November 3, 2016]; 15(4): 299-306.
46. Yap A, Lee C. Water sorption and solubility of resin-modified polyalkenoate cements. *Journal Of Oral Rehabilitation* [serial on the Internet]. (1997, Apr), [cited November 3, 2016]; 24(4): 310-314.
47. Yap A. Resin-modified glass ionomer cements: a comparison of water sorption characteristics. *Biomaterials* [serial on the Internet]. (1996, Oct), [cited November 3, 2016]; 17(19): 1897-1900.
48. Yiu C, Tay F, King N, Pashley D, Sidhu S, Wong S, et al. Interaction of glass-

- ionomer cements with moist dentin. Journal Of Dental Research [serial on the Internet]. (2004, Apr), [cited November 3, 2016]; 83(4): 283-289.
49. Prosser H, Powis D, Brant P, Wilson A. Characterization of glass-ionomer cements. 7. The physical properties of current materials. Journal Of Dentistry [serial on the Internet]. (1984, Sep), [cited November 3, 2016]; 12(3): 231-240.
 50. Griffin S, Hill R. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part I: influence of aluminium to silicon ratio. Biomaterials [serial on the Internet]. (1999, Sep), [cited November 3, 2016]; 20(17): 1579-1586.
 51. De Barra E, Hill R. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part III: influence of fluorite content. Biomaterials [serial on the Internet]. (2000, Mar), [cited November 3, 2016]; 21(6): 563-569.
 52. Griffin S, Hill R. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part IV: influence of fluorine content. Biomaterials [serial on the Internet]. (2000, Apr), [cited November 3, 2016]; 21(7): 693-698.
 53. Griffin S, Hill R. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part II: influence of phosphate content. Biomaterials [serial on the Internet]. (2000, Feb)
 54. Gandolfi M, Siboni F, Primus C, Prati C. Ion release, porosity, solubility, and bioactivity of MTA Plus tricalcium silicate. Journal Of Endodontics [serial on the Internet]. (2014, Oct), [cited November 3, 2016]; 40(10): 1632-1637.
 55. Mclean JW, Wilson AD. The clinical development of the glass-ionomer cements. I. Formulation and properties. Aust Dent J, 1977;22(1):31-36.
 56. Smith DC. Composition and characteristics of glass ionomer cements, JADA,

1990;120:20-22

57. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements. 1. Long term hardness and compressive strength. J Dent, 1975;4:162-166.
58. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements. 2. Effect of the powder: liquid ratio on the physical properties. J Dent. 1976;4:287-290.
59. Wilson AD. Glass-ionomer cement-Origins, development and future. Clin Mater 1991;7:275-282.
60. Tay WM, Braden M. Fluoride ion diffusion from polyalkenoate (glass-ionomer) cements. Biomaterials 1988;9:454-456.
61. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, Fluoride release and recharge of fluoride releasing materials, Biomaterials, 2003;24:51-61.
62. Burrow MF, Tyas MJ. Clinical evaluation of a resinmodified glass-ionomer adhesive system. Oper Dent. 1998;23:290-3.
63. Ganesh M, Tandon S. Clinical evaluation of FUJI VII sealant material. J Clin Pediatr Dent. 2006;31:52-7.
64. Chen XX, Liu XQ. Clinical comparison of Fuji VII and a resin sealant in children at high and low risk of caries. Dent Mater J. 2013;32:512-8.
65. Cook WD. Degradative analysis of glass ionomer polyelectrolyte cements. J Biomed Mater Res. 1983;17:1015-27.
66. Frankenberger R, Sindel J, Kramer N. Viscous glass-ionomer cements: a new alternative to amalgam in the primary dentition? Quintessence Int. 1997; 28:667-676
67. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-

- ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry; biophotonics- based interfacial analyses in health and disease. *Dent Mater.* 2014;30:50–61.
68. Smith DC. Development of glass- ionomer cement systems. *Biomaterials.* 1998;19:467–78.
69. Wilson AD, McLean JW. *Glass-ionomer cement.* Chicago: Quintessence Publishing; 1988.
70. Shin-ichi K, Atsuhiko T, Michiko H. GC Dental Ind Corp, assignee. Glass powder for dental glass ionomer cement. US Patent 6136737. 2000.
71. Akinmade AO, Nicholson JW. Development of glasses for novel polyphosphonate dental cements. *Br Ceram T.* 1994;93:85–90.
72. De Caluwé T, Vercruysse CW, Fraeyman S, Verbeeck RM. The influence of particle size and fluorine content on aluminosilicate glass on the glass ionomer cement properties. *Dent Mater.* 2014;30:1029–38.
73. Mount GJ. Polyacrylic cements in dentistry. *Am J Dent.* 1990;3:79–84.
74. Prentice LH. Investigations into the mechanical properties and curing characteristics of dental glass- ionomer cements. PhD thesis, University of Melbourne; 2005.
75. Small ICB, Watson TF, Chadwick AV, Sidhu SK. Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements – an in vitro comparison with other materials. *Biomaterials.* 1998;19:545–50.
76. Kim YG, Hirano S. Setting shrinkage and hygroscopic expansion of resin-modified glass ionomer in experimental cylindrical cavities. *Dent Mater J.* 1999;18:63–75.

77. Shiozawa M, Takahashi H, Iwasaki N. Fluoride release and mechanical properties after 1-year storage of recent restorative glass ionomer cements. *Clin Oral Investig*. 2014;18:1053–60.
78. Seemann R, Flury S, Pfefferkorn F, Lussi A, Noack MJ. Restorative dentistry and restorative materials over the next 20 years: a Delphi survey. *Dent Mater*. 2014;30(4):442–8.
79. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater*. 2005;21: 864–81.)
80. Benelli EM, Serra MC, Rodrigues Jr AL, Cury JA. In situ anticariogenic potential of glass ionomer cement. *Caries Res*. 1993;27:280–4.
81. Giray F, Peker S, Durmus B, Kargül B. Microleakage of new glass ionomer restorative materials in permanent teeth. *Eur J Paediatr Dent*. 2014;15:122–6.
82. Huo X, Torres V, Elsner O, Pfefferkorn F. Texture analysis of glass ionomers. IADR 89th General Session San Diego, USA, 2011.
83. Lohbauer U. Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?—Properties, limitations and future trends. *Materials*. 2009;3:76–96.
84. Moshaverinia A, Roohpour N, Chee WW, Schricker SR. A review of powder modifications in conventional glass-ionomer dental cements. *J Mater Chem*. 2011;21:1319–28.
85. Kamijo K, Mukai Y, Tominaga T, Iwaya I, Fujino F, Hirata Y, Teranaka T. Fluoride release and recharge characteristics of denture base resins containing surface pre-reacted glass-ionomer filler. *Dent Mater J*. 2009;28:227–33.

86. Han L, Okiji T. Evaluation of the ions release/incorporation of the prototype S-Prg filler-containing endodontic sealer. *Dent Mater J*. 2011.
87. Shimazu K, Ogata K, Karibe H. Caries-preventive effect of fissure sealant containing surface reaction- type pre-reacted glass ionomer filler and bonded by self-etching primer. *J Clin Pediatr Dent*. 2012;36: 343–7.
88. Bala O, Arisu HD, Yikilgan I, Arslan S, Gullu A. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *Eur J Dent*. 2012;6:79–86.
89. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater*. 2011;27:29–38
90. Irie M, Nagaoka N, Tamada Y, Maruo Y, Nishigawa G, Minagi S, Finger WJ. Effect of spherical silica additions on marginal gaps and compressive strength of experimental glass-ionomer cements. *Am J Dent*. 2011;24:310–4.
91. Hatanaka K, Irie M, Tjandrawinata R, Suzuki K. Effect of spherical silica filler addition on immediate interfacial Gap-formation in class V cavity and mechanical properties of resin-modified glass-ionomer cement. *Dent Mater J*. 2006;25:415–22.
92. Lohbauer U, Walker J, Nikolaenko S, Werner J, Clare A, Petschelt A, Greil P. Reactive fibre reinforced glass ionomer cements. *Biomaterials*. 2003;24:2901–7.
93. Lohbauer U, Frankenberger R, Clare A, Petschelt A, Greil P. Toughening of dental glass ionomer cements with reactive glass fibres. *Biomaterials*. 2004;25:5217–25.
94. Osorio R, Osorio E, Medina-Castillo AL, Toledano M. Polymer nanocarriers for dentin adhesion. *J Dent Res*. 2014;93(12):1258–63

95. Latta M, Gross SM, Mchale WA. Microencapsulated compositions and methods for tissue mineralization. United States Patent Application 8889161. 2014.
96. Wu DY, Meure S, Solomon D. Self-healing polymeric materials: a review of recent developments. *Prog Polym Sci.* 2008;33:479–522.
97. Samadzadeh M, Boura SH, Peikari M, Kasiriha S, Ashrafi A. A review on self-healing coatings based on micro/nanocapsules. *Prog Org Coat.* 2010;68:159–64.
98. Peterson AM, Kotthapalli H, Rahmathullah MAM, Palmese GR. Investigation of interpenetrating polymer networks for self-healing applications. *Compos Sci Technol.* 2012;72:330–6.
99. Boehm AJR, Peuker M, Walter A, Broyles BR, Oxman JD, Dubbe JW, Hartung MG, Guggenmos S. Mixer for mixing a dental composition. United States Patent Application 20110189059. 2011.
100. Culbertson BM. Glass-ionomer dental restoratives. *Prog Polym Sci.* 2001;26:577–604.
101. Zhao J, Weng Y, Xie D. In vitro wear and fracture toughness of an experimental light-cured glass-ionomer cement. *Dent Mater.* 2009;25:526–34.
102. Hamama HH, Burrow MF, Yiu C. Effect of dentine conditioning on adhesion of resin-modified glass ionomer adhesives. *Aust Dent J.* 2014;59:193–200.
103. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Ozge Bicer C. Influence of different conditioning methods on the shear bond strength of novel light-curing nano-ionomer restorative to enamel and dentin. *Lasers Med Sci.* 2010;25:861–6.
104. El-Askary FS, Nassif MS. The effect of the pre-conditioning step on the shear bond strength of nano-filled resin-modified glass-ionomer to dentin. *Eur J*

Dent. 2011;5:150–6.

105. Ogledzki M, Perry RD, Kugel G. Translucency of resin modified glass ionomer restoratives. AADR annual meeting, Tampa; 21–24 Mar 2012.
106. Moshaverinia A, Ansari S, Moshaverinia M, Roohpour N, Darr JA, Rehman I. Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatite nanobioceramics into conventional glass ionomer cements (GIC). Acta Biomater. 2008;4:432–40.