
Cemento de ionómero de vidrio, propiedades, clasificación y usos en la odontología restauradora: Revisión de la literatura

Alejandra Itzel López-Flores,¹ Rogelio José Scougall-Vilchis,¹ Elías Nahúm Salmerón-Valdés,¹ Carlo Eduardo Medina-Solís,^{1,2} Blanca Silvia González-López.¹

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ²Área Académica de Odontología del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México.

Correspondencia

Rogelio José Scougall-Vilchis: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. email: rogelio_scougall@hotmail.com

Resumen

Los cementos dentales constituyen un grupo de materiales que han sido utilizados a lo largo de los años en operatoria dental y, además, en otras ramas de la odontología como la prostodoncia, endodoncia, periodoncia y cirugía bucal. Un cemento dental es una sustancia que sirve para unir, pegar, y adherir dos cosas, es definido por ser una sal que ha resultado de una reacción ácido base y que a través de un proceso de fraguado ha endurecido. El objetivo de la formulación y el desarrollo de los cementos de ionómero de vidrio fue combinar las buenas propiedades del cemento de silicato y de policarboxilato de zinc. El ionómero de vidrio es un material de obturación basado en sílice, polvos de aluminio-silicato de calcio y soluciones homopolímeros y copolímeros del ácido acrílico. Se suministran en forma de polvo y líquido. El líquido suele ser una solución al 47% de copolímero de ácido poliacrílico e itacónico. El polvo del cemento es formado por la fusión de sus componentes principales, de sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3) y fluoruro de calcio (CaF_2). Existen varias clasificaciones de acuerdo a su composición. Los ionómeros se pueden clasificar en 5 tipos como son: los convencionales o vítreos, reforzados con metal, con partículas de resina (híbridos) copolímeros, nanoionómeros. El ionómero de vidrio es un material versátil con propiedades ideales como protector pulpar usado en cavidades profundas, para restaurar erosiones sin preparación cavitaria, como cemento, como sellador de fosas y fisuras, para la obturación de conductos radiculares, cementado de brackets y bandas de ortodoncia.

Palabras clave: Ionómero de vidrio, cementos dentales, híbridos, flúor, base, protector pulpar.

Glass ionomer, properties, classification and uses in the restoration dentistry. Review of the literature

Abstract

The dental cements constitute a group of materials that have been used throughout the years in dental surgery and, in addition, in other branches of dentistry such as prosthodontics, endodontics, periodontics and oral surgery. A dental cement is a substance that serves to bond, glue, and adhere two things, it is defined as a salt that has resulted from an acid base reaction and that has hardened through

a setting process. The objective of the formulation and development of glass ionomer cements was to combine the good properties of silicate cement and zinc polycarboxylate. The glass ionomer is a sealing material based on silica, aluminum-calcium silicate powders and homopolymer solutions and copolymers of acrylic acid. They are supplied in powder and liquid form. The liquid is usually a 47% solution of polyacrylic acid and itaconic copolymer. Cement dust is formed by the fusion of its main components, silica (SiO_2), alumina (Al_2O_3) and calcium fluoride (CaF_2). There are various classifications according to their composition. The ionomers can be classified into 5 types: conventional or vitreous, reinforced with metal, with resin particles (hybrids), copolymers, nanoionomers. The glass ionomer is a versatile material with ideal properties as a pulp protector used in deep cavities, to restore erosions without cavity preparation, such as cement, as a pit and fissure sealant, for root canal sealing, bracement cementation and orthodontic bands.

Keywords: Glass ionomer, dental cements, hybrids, fluoride, base, pulp protector.

Introducción

A través de los años han propuesto diferentes materiales para proteger el complejo dentino-pulpar. Dos grupos de materiales que pueden ser utilizados para proteger este sistema. Estos son:

- Cementos dentales
- Compuestos resinosos

Un cemento dental es una sal que ha resultado de una reacción ácido base y que a través de un proceso de fraguado ha endurecido, desde el punto de vista de su composición y estructura los cementos dentales son materiales que se preparan a partir de la combinación del polvo con el líquido.¹⁻³

Los ionómeros de vidrio son materiales de obturación cuyo nombre se debe a que pueden formar enlaces iónicos con vidrio. El objetivo de la formulación y el desarrollo de los cementos de ionómero de vidrio fueron ideados por Wilson y Kent en 1969. Desarrollados por McClean y Wilson durante los años 70. Son materiales de obturación basados en sílice, polvos de aluminio-silicato de calcio y soluciones homopolímeros y copolímeros del ácido acrílico. Se suministran en forma de polvo y líquido.⁴⁻⁸

El ionómero de vidrio es recomendado por sus propiedades ideales principalmente como protector pulpar usado en cavidades profundas, para restaurar erosiones sin preparación cavitaria, como cemento, como sellador de fosas y fisuras, para la obturación de conductos radiculares, cementado de brackets y bandas de ortodoncia.⁹⁻¹⁴

Ionómero de vidrio

Los ionómeros vítreos fueron desarrollados por Wilson y Kent en el Laboratorio de Química del Gobierno Inglés, como resultado de numerosos estudios e intentos por mejorar el cemento de silicato.¹³ El objetivo de la formulación y desarrollo de los cementos de ionómero de vidrio se basó en la unión del polvo del cemento de silicato con el cemento de policarboxilato de zinc. Los cementos de silicato tienen propiedades anticariogénicas debido a la liberación de flúor, mientras que el cemento de policarboxilato de zinc tiene la capacidad de adherirse a la estructura dental y causar poca irritación pulpar.¹⁵⁻¹⁷

Se caracterizan principalmente por ser materiales de obturación basados en sílice, polvos de aluminio-silicato de calcio y soluciones de homopolímeros y copolímeros de ácido acrílico. El primer ionómero vítreo fue comercializado en Europa en 1975 se conoció con el nombre de ASPA (De Trey): Aluminio-PoloAcrilate.^{4,15}

Composición

El polvo del cemento de ionómero de vidrio es formado por la fusión de sus componentes principales de sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3) y fluoruro de calcio (CaF_2). Los primeros dos componentes son responsables de la resistencia del material. El fluoruro de calcio participa en la reacción de endurecimiento. El líquido suele ser una solución al 47% de copolímero de ácido poliacrílico e itacónico, pero existen materiales en el mercado a base de otros ácidos (maleico, tartárico). El grupo carboxilo (-COOH) es el responsable de la unión química de naturaleza iónica con las partículas de vidrio y el calcio de la hidroxiapatita del esmalte y de la dentina parte de la estructura dental.^{1,6,9}

La composición del polvo del ionómero de vidrio se puede observar en el cuadro 1.

Presenta un tamaño de partícula aproximado de 20 a 50 μm cuando el material es utilizado para obturaciones y de menos de 25 μm cuando se usa como cemento.⁴

La composición del líquido del ionómero de vidrio se puede observar en el cuadro 2.

El agua es un componente esencial de la fórmula. Su misión es proporcionar el medio en que se realizan los intercambios iónicos. Su falta o exceso produce alteraciones estructurales con tendencia al resquebrajamiento al desecarse.¹⁸

Formas de presentación

- Polvo / líquido autocurado.
- Polvo / líquido fotocurado.
- Pasta / pasta fotocurado.
- Cápsulas.^{18,19}

Proporciones clínicas

- Restauración: 2 de polvo y 1 de líquido.
- Protección cavitaria: 1 polvo 1 de líquido.
- Cementación: 1 de polvo 2 de líquido.^{18,19}

Cuadro 1. Composición del polvo del ionómero de vidrio.¹

Compuesto	Composición (%)
SiO_2	29.0
Al_2O_3	16.6
Na_3AlF_6	2.6
AlF_3	3.7
PO_4Al	10.0
CaF_2	34.3

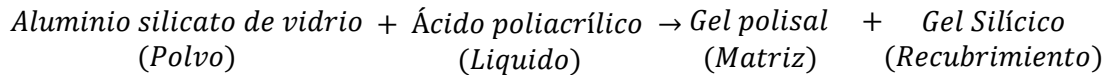
Cuadro 2. Composición del polvo del ionómero de vidrio.⁶

Líquido	Composición (%)
Ácido alquenoico (ácido poliacrílico es el más usado)	30
Ácido itacónico	15
Ácido tartárico	10
Agua	45

Reacción de endurecimiento

La reacción de endurecimiento de este material es de exotérmica e inicia a partir de la aglutinación (mezcla) del polvo con el líquido. Es una reacción entre un ácido y una base para la formación de una sal. Se encuentra dividida principalmente en 3 fases:

- Fase 1: Desplazamiento de iones y ionización de ácido poliacrílico; Esto promueve la disolución superficial de la partícula de vidrio y la liberación de iones.
- Fase 2: Formación de la matriz de polisales; Promueve la precipitación iónica, cambios en el pH debido a la transformación del ácido poliacrílico en polisales.
- Fase 3: Formación del gel de sílice y endurecimiento final; Promueve la precipitación de la matriz.⁶



Compatibilidad biológica

Numerosas investigaciones han demostrado la inocuidad del ionómero de vidrio para el tejido pulpar, cuando se coloca en el complejo dentino-pulpar como *liner*, base o como relleno. Si bien el pH inicial de la mezcla es ácido, en pocos minutos se alcanza un pH cercano a la neutralidad, lo que asegura una adecuada protección pulpar. Los cementos de ionómero de vidrio no experimentan degradación, desintegración ni pérdida de masa por la liberación de fluoruro. Sin embargo, debe notarse que en presencia de pH ácido en la cavidad bucal (pacientes con disfunciones digestivas, o que reciben determinadas medicaciones, entre otros múltiples factores y condiciones clínicas) los ionómeros pueden experimentar alteraciones superficiales por la erosión ácida e incrementar su solubilidad y desintegración.¹⁻⁶

Liberación de fluoruro

El flúor liberado por el ionómero de vidrio se incorpora a los tejidos mineralizados del diente, tornándolos más resistentes a los ciclos de desmineralización, además de actuar remineralizando lesiones incipientes del esmalte y dentina alrededor del material o en las proximidades de los dientes adyacentes, debido a que al entrar en contacto con el esmalte y la dentina, el fluoruro que se encuentra en el ionómero de vidrio lleva a cabo un intercambio iónico con la hidroxiapatita del diente, formando fluorapatita, la cual es más dura y menos soluble en los ácidos, fenómeno que es aprovechado también en su uso como sellador de fosas y fisuras, debido a que el flúor es uno de los elementos que queda débilmente unido a la estructura superficial del material y por lo tanto es fácilmente liberado. Un cemento de ionómero de vidrio de aluminio-silicato tiene aproximadamente 23% de iones de flúor, sin embargo, apenas de 12 al 18% son liberados en forma de NaF en la mayor parte y su donación parece ser medida principalmente por la cantidad de sodio sin perjudicar las propiedades mecánicas del material. La liberación de fluoruro es elevada en las primeras 24 a 48 horas y permanece constante durante largos periodos de tiempo.^{1,2,20,21}

Adhesividad, mecanismo de difusión e intercambio iónico

La adhesión puede ser definida como la fuerza que mantiene unidos dos sustancias o sustratos de diferentes composiciones. Las propiedades de adhesión deben ser vistas como una asociación entre el sellado marginal y la resistencia de unión. Desde que sus moléculas están en contacto íntimo (distancia máxima de 0.0007µm). La adhesión química se logra por una estructura cristalina llamada fosfato de calcio-polialquenoato actuando como interfaz entre el esmalte y la dentina y el cemento fraguado. Esto

es lo que se conoce como adhesión basada en un mecanismo de difusión iónica o de intercambio iónico. Los valores de resistencia de unión del cemento de ionómero de vidrio son bajos en comparación con los obtenidos con los sistemas adhesivos. La mezcla rápida y la inserción inmediata constituyen una premisa indispensable en la manipulación manual del ionómero en función de su capacidad adhesiva.

1,4,23,24

La adhesión de los ionómeros de vidrio a la dentina inicialmente no es muy fuerte, se encuentra alrededor de los 3.5 Mpa, pero al pasar de las horas y los días esta se hace cada vez más fuerte, estable y duradera. Pasado algún tiempo esta adhesión puede llegar a alcanzar valores adhesivos hasta de 10Mpa. Por esta razón es necesario tratar la dentina previamente antes de la colocación de dicho cemento.^{6,12}

Pretratamiento dentario

Para facilitar la unión del ionómero de vidrio a la superficie dentaria, la superficie debe estar limpia, y el ionómero se debe colocar en consistencia blanda sobre el diente. La adhesividad de los ionómeros puede incrementarse notablemente si antes de ser insertado sobre el tejido dentario se trata con sustancias que mejoren la adaptación y por consiguiente la adhesión. Para limpiar la superficie dentaria se ha utilizado solución a base de ácido cítrico a 50%, fosfórico al 37% o láctico cuando el ionómero se usa como sellante, y peróxido de hidrogeno cuando se emplea como obturación, también se utilizan soluciones a base de ácido poliacrílico entre el 10 y 25% y de ácido tetracético diamina etileno (EDTA) debido a que también sirve como un acondicionador pero más potente para remover la capa de desechos del barrido dentinario que tiene un grosor de 0.5 a 5.0 μm y para abrir los túbulos dentinarios. Estas soluciones se aplican con una torunda de algodón o con un pincel de 20 a 30 segundos aproximadamente, posteriormente se lava y se seca la preparación manteniendo la dentina ligeramente húmeda. La acción de estos permite eliminar parcialmente el barrido dentinario también llamado “*smear layer*”. Debido a que la presencia de esta capa impide que el cemento de ionómero de vidrio entre en íntimo contacto con los sustratos dentales.¹⁻¹⁰ Algunas de las funciones de los acondicionadores dentinarios se pueden observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Funciones de un acondicionador dentinario.¹

Funciones de un acondicionador dentinario
Eliminar parcialmente el barrido dentinario
Sellar los túbulos dentinarios
Aumentar la resistencia adhesiva
Mejorar la humectancia del cemento

Manipulación

El ionómero debe prepararse en no más de 20 o 30 segundos y aplicarse en la preparación dentaria inmediatamente, para evitar que el líquido comience a reaccionar con el polvo con la consiguiente menor disponibilidad de grupos carboxílicos adhesivos. Por eso la mezcla debe hacerse rápida y la inserción inmediata, a su vez, los cementos de ionómero de vidrio son susceptibles a la disolución o desecación mientras se lleva a cabo la reacción química de endurecimiento, y tienden a fracturarse si tienen contacto con la humedad en este periodo de tiempo, por eso se recomienda protegerlos con un barniz durante las primeras horas después del fraguado.^{25,26}

Las diferencias en el volumen del líquido dependen de la forma en la que se vierte líquido del recipiente cuando se sostiene para dispersar una gota, de modo que el volumen del líquido variará dependiendo de la inclusión de burbujas de aire; factores externos como la temperatura y humedad del medio

ambiente de mezcla, condiciones como el tiempo y técnica de manipulación también pueden introducir la variabilidad inducida por el operador en el cemento.^{27,28,29}

Recomendaciones sobre su manipulación

La Federación Dental Internacional propone una guía de uso de los ionómeros que puede resumirse de la siguiente manera:

1. Aislamiento del campo operatorio
2. Seleccione correctamente el material, no todos los ionómeros son iguales, cada uno tiene indicaciones precisas.
3. Establezca correctamente la relación polvo-liquido
4. Se puede colocar hidróxido de calcio solamente en los lugares más profundos de las preparaciones
5. Acondicionamiento de la dentina por medio de un pretratamiento con ácido poliacrílico, lavado y secado. Si se trata con ácido poliacrílico se deja actuar durante 30 segundos para que se pueda ejercer su acción impregnadora y secar suavemente con aire o bien fotopolimerizar de acuerdo a las indicaciones del fabricante.
6. Mezclar hasta conseguir una superficie homogénea, brillante de consistencia adecuada.
7. Colocar el material sobre superficies libres de contaminantes, como saliva y restos de materiales debido a que estos contaminantes dificultan la adhesión
8. Tras la polimerización del ionómero según los tiempos indicados por el fabricante se debe proteger la restauración para evitar cambios en las propiedades físicas del material tales como el endurecimiento de la deshidratación y de la humedad.^{1, 29,30}

Propiedades del ionómero de vidrio

Las propiedades mecánicas del cemento de ionómero de vidrio se describen de acuerdo a la American National Standards Institute-American Dental Association (ANSI-ADA) Specification No. 96 (ISO 9917). La evaluación de la compresión y la resistencia a la tracción es similar a los cementos de fosfato de zinc.⁷ Los ionómeros constituyen el material ideal para efectuar rellenos y bases cavitarias, debido a que reemplazan satisfactoriamente a la dentina perdida cuando se utilizan como base cavitaria este material posee la rigidez suficiente para soportar las fuerzas de masticación, como *liner* o recubrimiento el ionómero de vidrio deberá tener un espesor que no supere los 0.5 mm. Si se trata de ionómero modificado con resina se debe aplicar el material en capas no mayores de 1.5 mm para permitir su correcta polimerización.¹

Cuentan con alta resistencia a la compresión superior a la de los fosfatos, que aumenta con el envejecimiento de la restauración, debido a la incorporación de iones dentro de la matriz y de cadena cruzada. Sin embargo, la resistencia friccional es similar a la de los fosfatos. Su estabilidad química, estabilidad dimensional, los valores de solubilidad y desintegración son los más bajos de todos los cementos, además de una gran capacidad óptica y fácil manipulación.^{17,31,32}

Como se puede observar en el cuadro 4 se muestran los valores de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad del ionómero de vidrio a comparación con el policarboxilato de zinc.

El ionómero de vidrio se recomienda principalmente como protector pulpar en cavidades profundas, debido al fluoruro incorporado en el polvo, el cemento cuenta con un efecto anticariogénico, la retención de este es principalmente micromecánica, aunque algunos presentan unión química.⁷

Cuadro 4. Valores de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad del ionómero de vidrio.¹¹

Cemento	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (Gpa1)
Ionómero de vidrio	70-210	3.9-8.3	3.7-9.0
Ionómero de vidrio modificado con resina	150-200	20-40	8-20
Policarboxilato de zinc	80	16	5.0

Técnica sándwich

Esta técnica también es llamada “técnica mixta”, fue desarrollada originalmente por McLean en el año de 1985, surgió en busca de una solución para aquellos casos en que los márgenes de las restauraciones debían extenderse hacia regiones del diente con escaso o nulo soporte de esmalte, como es el caso de las lesiones cervicales, cavidades con cajas proximales clase II o cavidades profundas.³³

El procedimiento implica colocar una restauración estética de resina sobre una base de ionómero de vidrio que actúa como reemplazo de esmalte y dentina respectivamente. En la obturación final se asocian entonces la resistencia mecánica, pulido superficial, estética y estabilidad de color de la resina compuesta con la biocompatibilidad, liberación de flúor, compatibilidad térmica y adhesión química del vidrio ionómero sobre la dentina. Esta técnica permite realizar un efectivo sellado de la cavidad ya que previene el paso de bacterias y la difusión de sustancias tóxicas desde el exterior hasta el interior de la cavidad, donde se localiza el complejo dentino-pulpar, protegiendo a la pulpa de los estímulos superficiales y sensibilidad postoperatoria. Por otro lado, el uso de una base cavitaria de vidrio ionómero reduce el espesor en las restauraciones al disminuir los posibles efectos negativos derivados de la contracción de la polimerización.^{34,35,36}

Clasificación de la técnica sándwich

La Técnica Sándwich se clasifica según la extensión del ionómero de vidrio en:

- Técnica de Sándwich Cerrado: Donde el ionómero de vidrio está cubierto en su totalidad por resina compuesta. Esta técnica consiste en restaurar completamente la preparación cavitaria en cuestión, con el ionómero de vidrio y en otra cita prepararlo, dejando una base gruesa de este cemento, pero proporcionando el espacio suficiente para permitir el grosor adecuado de resina.
- Técnica de Sándwich Abierto: El ionómero de vidrio es colocado de modo que cubra la mayor parte de la dentina, extendiéndose al cabo superficial de la caja proximal, para formar el sellado gingival; la efectividad de estas técnicas radica en el comportamiento elástico inicial del cemento y su porosidad intrínseca del mismo.³⁷

Clasificación de los cementos de ionómero de vidrio

1. DE ACUERDO CON SU USO

Los ionómeros de vidrio se pueden clasificar en 5 tipos como se muestra en la cuadro 5.

2. DE ACUERDO CON SU NOMENCLATURA

Los ionómeros vitreos se van a clasificar en 2 tipos dividiéndose en convencionales o modificados o híbridos.³⁸

3. DE ACUERDO CON SU COMPOSICIÓN:

- **Cementos de ionómero de vidrio convencionales o vítreos:** Están constituidos por un polvo, que es un cristal, fluoroaluminosilicato; y por un líquido, que es el ácido, poliacrílico. Endurecen solo por una reacción ácido base, el fraguado es sólo químico, no se activan con luz y siempre se utilizan previa mezcla de sus componentes.^{1,39}
- **Cementos de ionómero de vidrio reforzado con metal:** Están reforzados mediante la incorporación física de una aleación de plata al polvo de vidrio. A esta fórmula se le conoce como “*cermet*”, en una proporción del 12 al 14% por volumen. Dentro de las propiedades mejoradas de estos ionómeros están la resistencia al desgaste y una mayor resistencia a la compresión. Están indicados principalmente como base de obturaciones oclusales pequeñas, reconstrucción de muñones, obturación de dientes temporales, pilares de sobredentaduras.^{4,9,40,41}
- **Cementos de ionómero de vidrio modificados con resinas o híbridos:** Aparecieron a finales de los años 80. Son materiales a los que en su matriz se agrega una resina de matriz hidrofílica. Existen 2 sistemas ionómero/resina estos son autopolimerizables y fotopolimerizables, dichos materiales al igual que los ionómeros puros pueden ser utilizados como agentes de cementación, bases o fondos cavitarios, reconstrucción de muñones, selladores de fosas y fisuras y como materiales de obturación radicular retrograda. El polvo del cemento autopolimerizable contiene fluoroaluminosilicato y un sistema catalizador microencapsulado de persulfato potásico y ácido ascórbico, pero el líquido está constituido por ácido policarboxílico modificado con grupos metacrilatos polimerizables unidos a él, se le ha incorporado 10% de éster vinílico de BisGMA, HEMA (metacrilato de hidroxietilo) y ácido tartárico. Los ionómeros fotopolimerizables contiene en el polvo de vidrio fluoroaluminosilicato y en el líquido un copolímero de ácido acrílico y maleico, HEMA, agua, canforoquinonas y un activador. La reacción de fraguado ácido base se complementa con la fotopolimerización, debido a que se garantiza un endurecimiento inicial más rápido. De esta forma al mezclar el cemento comienza una reacción ácido-base, aumentando sus propiedades físicas y disminuyendo la absorción del agua.^{9,10,42-47}

Fundamentalmente las ventajas de los ionómeros de vidrio modificados con resina son:

- a) Adhesión física y química al diente.
- b) Biocompatibilidad.
- c) Liberación de flúor.
- d) Excelentes propiedades mecánicas.
- e) Buenos protectores termoeléctricos.
- f) Endurecimiento inicial rápido.
- g) Radiopacidad.
- h) Mejor translucidez.^{11,12}

Por otro lado, es importante saber que estos materiales presentan algunas limitaciones:

- 1.- Aumentan de tamaño debido a que presentan una expansión higroscópica importante relacionada con la formación de una deficiente red polimérica.
- 2.- Cambian de color debido a una polimerización incompleta, absorción de agua o desecación.
- 3.- Vida media corta (Aproximadamente 2 o 3 años)
- 4.- Alto costo.^{11,12}

- **Coopómeros:** Es una resina fotoactivada que una vez polimerizada adquiere alguna de las propiedades de los ionómeros vítreos específicamente la capacidad de liberar fluoro y mantener la reacción ácido-base en presencia de saliva. Se componen por partículas de vidrio de silicato,

fluoruro sódico y monómero modificado con un poliácido sin nada de agua. Los copómeros se presentan en forma de pasta envasada en jeringas, cómpules o dispensadores unitarios.^{1,12}

- **Nanoionómeros:** Representan el último avance del cemento de ionómero de vidrio modificado con resina, estos materiales son comercializados desde el 2007. Este nanomaterial cuenta con nanorrellenos, los cuales contiene fluorosilicato, ácido policarboxílico y monómeros de metacrilato miscibles en agua. La adición de nanopartículas provee mejor pulido y mejores características ópticas.^{48,49,50}

Cuadro 5. Clasificación de los cementos de ionómero de vidrio.¹³

TIPO	USO
Tipo I	Para cementación
Tipo II	Restauración
Tipo III	Para Sellador de fosas y fisuras
Tipo IV	Para protector y bases cavitarias
Tipo V	Para reconstrucción de muñones y en Odontopediatría

Agradecimientos

La autora principal realizó el trabajo cuando gozaba de una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

Referencias

1. Joubert Hued R. Odontología Adhesiva y Estética. 1ª Edición. Madrid España: RIPANO, S.A; 2010. 175-198.
2. Macchi. Materiales dentales. Argentina, 4º Edición. Editorial medica panamericana;2007. 139-146
3. Guzmán Báez HJ. Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico. Primera edición. Bogotá Colombia: Cat Editores;1990. 77-85.
4. Cova JL. Biomateriales Dentales. Segunda Edición, Caracas Venezuela: Amolca;2009. 223-237.
5. Cabrera Villalobos Y. En busca del cemento adhesivo ideal: los ionómeros de vidrio. AMC 2010;14(1).
6. Reis A, Dourado Loguercio A. Materiales dentales directos de los fundamentos a la aplicación clínica. Primera edición. Sao Paulo, Brasil; Gen Editorial Nacional; Santos Editora;2012. 217-247.
7. Nandish BT. Complete Solutions for dental materials. Primera edición. Panama: JAYPEE; 2012. 84-94.
8. Souza Gabriel AE. Al. Morphologic assessment of dental surface/ glass ionomer cement interface: influence of Er: YAG laser pretreatment. RSBO. 2012;9(4):382-387.
9. Flores Sánchez LA. Ionómeros de vidrio restauradores: valoración de acuerdo con la Norma 96 de la ADA. Rev ADM. 2010; 65(2): 72 -77
10. Lafuente D. Influencia de acondicionador dentinario en la fuerza de adhesión de ionómeros de vidrio para restauraciones. UCR. 2011; 13:3-5.
11. Powers J. Foundations and Applications. 11º Edición. St. Louis Missouri; ELSEVIER; 2013. 182-191.
12. Kenneth J. Anusavice Phillips. Ciencia de los materiales dentales. 11º Edición Malaga, España: ELSEVIER; 2004. 445-486.
13. Dixon Hatrick C. Materiales dentales: Aplicaciones clínicas. 2º Edición. México: El manual moderno; 2012. 77-109
14. Cedillo Valencia JDJ. Ionómeros de vidrio remineralizantes. Una alternativa de tratamiento preventivo o terapéutico. Rev. Odont. Mex. 2011;68(5):258-265.
15. Cedillo Valencia JJ. Ionómero de Vidrio de alta densidad como base en la técnica restauradora de Sándwich. Rev. Odont. Mex. 2011;68(1):39-47
16. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. Dent Mater. 1989 Sep;5(5):355-8.

17. Barceló Santana FH, Calero JM. Materiales dentales conocimientos básicos aplicados. Primera Edición. México: Trillas; 2008. 105-120.
18. De la Paz Suárez T, García Alguacil CM, Ureña Espinosa M. Ionómero de vidrio: el cemento dental de este siglo. Revisión bibliográfica. Rev. Electron. Zoilo. 2016;44(7):1-9
19. Mount GJ. Atlas práctico de cementos de ionómero de vidrio. Guía clínica. Barcelona; Salvat, 1990.
20. Craig RG. Materiales de odontología restauradora. Décima edición. Madrid, España: Harcourt Brace; 1998. 87-89.
21. Delgado Muñoz. Liberación de fluoruro de dos cementos de ionómero de vidrio: estudio in vitro. Rev. Odont. Mex. 2014;18(2):84-88.
22. McCabe JF. Resin-modified glass-ionomers. Biomaterials. 1998;19(6):521-527.
23. Scougall Vilchis RJ. Adhesión contemporánea en Ortodoncia: Principios clínicos basado en evidencia científica. Primera edición. Ciudad de México; Notabilis Scientia; 2018. 32-120.
24. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. Using glass ionomers. J Am Dent Assoc. 1990;121(1):181-8.
25. Castro GW, Gray SE, Buikema DJ, Reagan SE. The effect of various surface coatings on fluoride release from glass-ionomer cement. Oper Dent. 1994 Sep-Oct;19(5):194-8.
26. Echeverri C. Ionómeros de vidrio, utilidad en odontopediatría. Revista Facultad de Odontología U. de A. 1994; 6(1):69-73.
27. Fleming, G. Influence of powder/liquid mixing ratio on the performance of a restorative glass-ionomer dental cement. Biomaterials 2003;24(23):4173-4179.
28. Fleming GJP, Marquis PM, Shortall ACC. The influence of clinically induced variability on the distribution of compressive fracture strengths of hand-mixed zinc phosphate dental cements. Dent Mater 1999; 15:87-97.
29. Sharanbir K, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. J. Funct. Biomater. 2016;7(16): 2-15.
30. Federation Dentarie Internationale. Guide to the use of glass ionomer filling materials. Int Dent. 1987; 37:183-4.
31. Pérez A. Caries Dental en Dientes Deciduos y Permanentes Jóvenes. 1º Edición. Perú: Diseño total S.R.L. 2004. 117-147
32. Hernández González R. Compressive strength of glass ionomer Ionofil Molar and Vitremer according to exposure time in artificial saliva. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral 2013;6(2):75-77.
33. McLean JW. The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. Br. Dent. J. 1985;158(11):410-4.
34. Suzuki M, Jordan RE. Glass ionomer-composite sandwich technique. J Am Dent Assoc. 1990;120(1):55-57.
35. Francisconi LF. Glass ionomer cements and their role in the restoration of non-cariou cervical lesions. J Appl Oral Sci. 2009;17(5):364-9.
36. Hilton TJ. Keys to clinical success with pulp capping: a review of the literature. Oper Dent 2009;34(5):615-625.
37. García Alguacil C., De la Paz Suárez TR, Aguirre MR. Optimización de la Técnica de Sándwich Cerrado mediante el acondicionamiento de ácido selectivo y simultáneo. Rev. electron. Zoilo. 2016; 41(10):1-28 Disponible en: <http://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/912>
38. Tostes AM, Guedes PAC, Chevitanese O. Effects of a glass ionomer cement on the remineralization of occlusal caries. An in situ study. Braz. Oral Res. 2006;20(2):91-96.
39. Barata T. Comparación de la longevidad de restauraciones con cemento de ionómero de vidrio en dos métodos mínimamente invasivos: resultados a corto plazo de un estudio piloto. J. Minim. Interv. Dent. 2009;2(1):194-204.
40. Barceló SFH, Sato MY, Sánchez J, Serrano CP, Guerrero IJ. Estudio comparativo de ionómeros de vidrio y reforzados con metal. Revista ADM 1999;56(5):177-181.
41. Cosio H, Zuñiga G, Zvietcovich M. Comparación in vitro de las propiedades fisicoquímicas de un ionómero de vidrio convencional, un cermet y un ionómero de vidrio modificado con aleación para amalgama. Ciencia y Desarrollo 2015;18(2):13-18.
42. McCabe FJ. Anderson: materiales de aplicación dental. Edición Original. Barcelona, España. Salvat: 1988. 192-198.

43. Zandi Karimi A, Rezabeigi E, Drew RAL. Glass ionomer cements with enhanced mechanical and remineralizing properties containing 45S5 bioglass-ceramic particles. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019; 97:396-405.
44. Davidson C. Avances en cementos de ionómero de vidrio. *J. Minim. Interv. Den.* 2009;2(1):171-182.
45. Proaño de Casalino D, López Pinedo M. Los cementos ionómeros de vidrio y el mineral trióxido agregado como materiales biocompatibles usados en la proximidad del periodonto. *Rev. Estomatol. Herediana.* 2006;16(1):59-63.
46. De la Torre DEL, Lucena C, Gijón VR, Navajas JM. Efecto de los ionómeros de vidrio auto y fotopolimerizables sobre la filtración marginal. *Archivos de odontoestomatología* 1993;9(4):188-196.
47. Berzins DW. Resin-modified Glass-ionomer Setting Reaction Competition. *J Dent Res.* 2009;89(1):82–86.
48. Uysal T, Yagci A, Uysal B, Akdogan G. Are nano-composites and nano-ionomers suitable for orthodontic bracket bonding? *Eur J Orthod.* 2010;32(1):78-82.
49. Bishara SE, Ajlouni R, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Warren J. Evaluation of a new nano-filled restorative material for bonding orthodontic brackets. *World J Orthod.* 2007;8(1):8-12.
50. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *American J Orthod.* 1984;85:333-340.