



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**USO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE IONÓMERO DE
VIDRIO**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A :

CATALINA DEL ROCIO CADENA BUCIO

**DIRECTORA: C.D. MARÍA ALICIA VALENTI GONZÁLEZ
ASESOR: C.D. GASTÓN ROMERO GRANDE**

MÉXICO D. F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A Dios: Agradezco por haberme dado la fuerza, la capacidad, la fe y la esperanza para poder lograr esta meta.

A mis padres:

Catalina Bucio Reyes y Héctor René Cadena Araiza: Agradezco su amor, el apoyo y consejos que me han brindado durante toda mi vida ya que esto ha hecho posible realizar mis metas. Porque este logro recompense en algo sus grandes esfuerzos.

A mi hermana:

Jessica Renata Cadena Bucio: Esta meta alcanzada también es de ella, ya que siempre estuvo apoyándome cuando más la necesitaba.

A mi novio:

Ruperto Solis Chávez: Por su paciencia, amor y dedicación, para poder lograr esta meta.

A la doctora Ma. Alicia Valenti González y al doctor Gastón Romero Grande: Por el apoyo e interés mostrado durante la elaboración de este trabajo.

A mi madrina:

Elvira Bucio Reyes: Por estar conmigo siempre, ayudándome y orando para que esta meta pudiera ser realizada.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
Planteamiento del problema	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
Antecedentes	11
CAPÍTULO 1. IONÓMERO DE VIDRIO	
1.1. Generalidades	13
1.2. Presentación y composición	16
1.3. Clasificaciones del ionómero de vidrio	19
1.4. Tipos de ionómero de vidrio	20
1.5. Usos del ionómero de vidrio	25
CAPÍTULO 2. PROPIEDADES DEL IONÓMERO DE VIDRIO	
2.1. Reacción de fraguado y vulnerabilidad al agua	28
2.2. Mecanismo de adhesión	32
2.3. Propiedades físicas, químicas y mecánicas	35
2.4. Biocompatibilidad	37
2.5. Liberación de fluoruro	38

CAPÍTULO 3. MANIPULACIÓN DEL IONÓMERO DE VIDRIO

- 3.1. Preparación manual **39**
- 3.2. Ionómeros encapsulados **41**

CAPÍTULO 4. COMBINACIÓN DEL IONÓMERO DE VIDRIO CON OTROS MATERIALES

- 4.1. Combinación de ionómero de vidrio con metal (cermets) **42**
- 4.2. Combinación de ionómero con resina **44**

CAPÍTULO 5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- 5.1. Ventajas **51**
- 5.2. Desventajas **51**

CONCLUSIONES **53**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **54**

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Presentación en polvo y líquido	17
Fig. 2 Presentación en cápsulas	18
Fig. 3 Presentación en forma de dos pastas con sistema de automezclado	18
Fig. 4 Ionómero de vidrio para cementado	20
Fig. 5 Ionómero de vidrio para restauración	22
Fig. 6 Ionómero de vidrio para base y forros	23
Fig. 7 Técnica sándwich con ionómero y composite	24
Fig. 8 Base de ionómero de vidrio	25
Fig. 9 Abrasión cervical	26
Fig.10 Restauración con ionómero de vidrio	26
Fig.11 Ionómero de vidrio para cementar	27
Fig.12 Espacio para el poste tras rellenar los conductos con ionómero	27
Fig.13 Cristalización y gelificación de la reacción química de un cemento de polialquenoato de vidrio	29
Fig.14 Migración de iones de la fase acuosa y el inicio de la reacción de gelificación	30
Fig.15 Iones insolubles e insolubles durante la reacción (izquierda) y material gelificado con todos los iones insolubles	31
Fig. 16 Espatulado	40

Fig.17 Consistencia fluida para base	40
Fig.18 Inserción del ionómero de vidrio con émbolos de gomas	41
Fig.19 Ionómero de vidrio reforzado en plata	43
Fig.20 Ionómero de vidrio fotopolimerizable 3M ESPE	
para base	44
Fig. 21 Ionómero de vidrio Vitremer 3M ESPE	
para reconstruir	50



INTRODUCCIÓN

Para entender este grupo de cementos es necesario conocer, aunque sea someramente, su desarrollo y los materiales que en él han participado.

Existe un grupo de materiales de restauración estética que se usaban en dientes anteriores^{1,15} y que reciben el nombre de *cementos de silicato*, los cuales están formados a base de un polvo de vidrio de flúor alúmino-silicato^{1,2,5} y un líquido a base de ácido fosfórico, cuyas ventajas son, por la presencia de flúor, acción anticariogénica y, por el vidrio, coeficiente de expansión térmica muy cercano a los valores de los tejidos del diente; sin embargo, por ser muy irritantes, debido a la presencia del ácido fosfórico, y no tener adhesión al diente, han dejado de usarse¹⁵.

El ionómero de vidrio es el nombre genérico de un grupo de materiales que usan el polvo de vidrio del silicato y una solución acuosa de ácido poliacrílico. Este material adquiere su nombre de la fórmula de su polvo de vidrio y un ácido ionomérico que contiene grupos carboxilo.

Originalmente, el cemento fue diseñado para restauraciones estéticas de los dientes anteriores y se recomienda para uso en restauración de dientes con las preparaciones de cavidad clase III y V. El cemento de ionómero de vidrio produce una verdadera adhesión al diente, es particularmente útil para las restauraciones conservadoras de las áreas desgastadas. Se elimina o reduce la necesidad de retención mecánica a través de la preparación de la cavidad.¹

El uso de los cementos de ionómero de vidrio se ha ampliado para utilizarlos como agentes de cementación, forros, materiales de restauración para clases I y II conservadoras y centros de reconstrucción, y sellador de depresiones y fisuras. Los cementos de ionómero de vidrio no se recomiendan para restauraciones clases II o IV por sus fórmulas comunes que carecen de rigidez y parecen ser más susceptibles al desgaste cuando se comparan con los composites.¹



Hay tres tipos de ionómero de vidrio que dependen de sus formulaciones y sus usos potenciales^{1,7,14,19}, recurriendo a distintas fórmulas de cristales pueden fabricarse ionómeros de vidrio para distintas aplicaciones, así las características de manipulación y las propiedades físicas de los diferentes tipos de ionómero de vidrio varían, aunque compartiendo siempre la reacción química básica y los procesos de formación del cemento de ionómero de vidrio para restauración. De acuerdo con la norma 96 de la ADA¹⁹ se designan como sigue:

- Tipo I: Cementos
- Tipo II: Materiales de restauración
- Tipo III: Bases y forros

También se dispone de ionómeros de vidrio en versiones fotocurables. Debido a la necesidad de incorporar la resina fotocurable en la formulación, este tipo de producto también se llama *cemento de ionómero de vidrio modificado con resina*.

Por la presencia de agua en su composición, entra en la categoría de los cementos fijados o a base de agua.

La norma que le corresponde, como a todos los cementos a base de agua es la norma 96 de la ADA¹⁹, esto nos asegura, además de su buena calidad, que el fabricante nos proveerá de la siguiente información: ^{1,15,19}

1. El uso que se debe dar al cemento que se está adquiriendo.
2. El tipo de loseta y espátula, en cuanto al material de que deben estar hechos y a sus dimensiones según la mezcla.
3. La cantidad de polvo en gramos y líquido en mililitros que se debe emplear para una mezcla.
4. La temperatura y humedad del ambiente recomendada para hacer la mezcla, las cuales normalmente son de 21 +/- 2°C y 55 +/- 5% de humedad relativa.
5. La manera de incorporar el polvo al líquido así como el tiempo para hacer la mezcla.



Uso de los diferentes Tipos de Ionómero de Vidrio



6. El tiempo que se tiene, en minutos, desde el inicio de la mezcla hasta llevarlo a la zona que se va a cubrir en la boca.
7. El tiempo total de fraguado.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aún con la evolución de los materiales dentales, el ionómero de vidrio no es bien visto por todos los cirujanos dentistas, debido a que no se ha difundido adecuadamente información actual acerca de los ionómeros de vidrio; es por eso que nos vemos en la necesidad de difundir por este medio lo último acerca de sus usos, su clasificación, ventajas y desventajas; además de su comportamiento con respecto a los tejidos dentinarios.

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer los diferentes tipos de ionómero de vidrio así como el uso adecuado, manipulación, propiedades, ventajas y desventajas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir los diferentes tipos de ionómero de vidrio.
2. Mencionar los usos del ionómero de vidrio.
3. Describir las propiedades y la biocompatibilidad que tiene el ionómero de vidrio con los tejidos dentinarios.
4. Describir la manipulación.
5. Mencionar sus ventajas y desventajas.



ANTECEDENTES

El cemento de ionómero de vidrio se creó en Inglaterra, por obra de los ingleses Alan D. Wilson y Briand E. Kent, en 1969^{2,4,5,18}, que viene siendo una combinación del líquido del cemento de carboxilato de zinc con el polvo de vidrio de flúor alúmino-silicato del cemento de silicato, con lo cual se aprovechan las propiedades de adhesión química del carboxilato, así como la liberación del flúor y la estabilidad dimensional del flúor alúmino-silicato.

De acuerdo con Sueo Saito, citado por Carrillo (2000), la palabra ionómero (del griego ion "átomo o partícula con carga y meros "miembro de una clase específica") designa un polímero que forma enlaces covalentes dentro de las cadenas largas y enlaces iónicos entre ellas. Son esas características las que le confieren a este material su gran capacidad de adhesión^{2,5}.

Posteriormente fueron desarrollados para su uso clínico por Mc Lean y Wilson en 1974^{3,4,6}. Al producto original se le dio el nombre de ASPA (Aluminio-Silicato-Poliacrilato)^{4,5,18}, en el cual ciertamente se combinaron todas las propiedades mencionadas anteriormente. Kent y cols., en 1973, reportaron los resultados de un estudio "in vitro" de un ASPA, corroborando todo lo antes mencionado. El primer ionómero de vidrio restaurador estéticamente aceptado fue el Fuji II®, el cual presentó mejores propiedades físicas que los materiales anteriores. Desde entonces la composición básica de estos materiales ha cambiado, por ejemplo: se ha añadido polvo de aleación para amalgama al vidrio, para formar un material llamado "Mezcla Milagrosa"®. Otros han añadido partículas de plata mediante un proceso de sinterización, para formar un cemento tipo cermet. En estos productos se logró mejorar tanto la resistencia a la compresión como la resistencia al desgaste. Posteriormente los cementos de ionómero de vidrio experimentaron el mayor cambio en su evolución: se sumaron componentes que experimentaron su polimerización mediante la luz. De estos el primer producto en aparecer en el mercado fue el Vitrebond® de la casa dental 3M, en cuya formulación contiene cristales de estroncio, capaces de liberar flúor y un líquido, que es una solución



acuosa del ácido poliacrílico. Al líquido se le añade 2 metacrilato hidroxietil (HEMA). La aparición de los cementos de ionómero de vidrio fotocurables, fue una consecuencia de las desventajas de los sistemas precedentes, particularmente su tiempo de trabajo corto, aunado a un tiempo de fraguado largo. El proceso de fraguado de estos materiales ocurre mediante dos diferentes reacciones:

- La tradicional reacción ácido-básica de los cementos de ionómero de vidrio convencionales.
- La polimerización mediante la luz de los materiales basados en metacrilato.

Mitra, en 1991 describe la reacción de los cementos de curado por luz, en cuatro etapas^{3,4}: tres de ellas incluyen la reacción ácido-básica tradicional y el cuarto paso la reacción de curado por la luz, que involucra la polimerización de los grupos metacrilato que origina el que se desarrolle un material firmemente estructurado de aspecto coriáceo. La modificación más importante de los cementos de ionómero de vidrio, ha sido la incorporación de componentes resinosos, dando paso así a los nuevos ionómeros de vidrio modificados con resina, los cuales fueron introducidos en el mercado entre los años 1993 y 1994, pudiendo ser utilizados como materiales de restauración definitiva. Estas y otras modificaciones a través de los años han mejorado sus características de manipulación y sus propiedades físicas. Entre estos productos se mencionan el Variglass ®, el Fuji II L.C ®, de la G.C Corporation y el Vitremer ® de la casa dental 3M.



CAPÍTULO 1. IONÓMERO DE VIDRIO

1.1. Generalidades

Las ventajas comparadas con otros cementos, son la buena adherencia al esmalte y la dentina, buena estética y la liberación de fluoruro a largo plazo.

Sin embargo, estos materiales son limitados en sus usos debido a la baja resistencia, la fragilidad y baja fuerza. Por lo tanto su empleo generalmente es restringido a indicaciones específicas y restauraciones como la Clase III y la Clase V⁸.

Es un cemento cuya composición es un vidrio básico y un poliácido que fragua mediante una reacción ácido-base.

El líquido del ionómero de vidrio es una solución electrolítica de copolímeros con radicales *carboxilo* denominado químicamente como *ácido polialquenoico*.

La composición química del polvo es la de un vidrio especial de flúor alúmino-silicato de tipo opalescente gracias al fluoruro de Calcio (F.A.S. vidrio)^{1,2,5}.

Los ionómeros de vidrio mejor conocidos como polialquenoatos de vidrio se han difundido en los últimos tiempos como materiales de obturación y como forros, dadas sus características adhesivas y la liberación lenta de flúor, lo que lo convierte en un material anticariogénico^{5,6}.

Los cementos de ionómero de vidrio se forman mediante una reacción de fraguado, entre cristales de vidrio de flúor alúmino-silicato y un líquido, que es una solución acuosa de un ácido poliacrílico, mediante una reacción ácido-básica generalmente aceptada como reacción de fraguado.

En esta definición se pueden aclarar los siguientes términos⁴:



1. **Vidrio:** es aquel que se puede descomponer de grano a un polvo fino. Mediante el tratamiento con ácido acuoso libera los iones que forman el cemento. Estos iones son: calcio (Ca^{2+}), aluminio (Al^{3+}), y posiblemente estroncio (Sr^{2+}), lantano (La^{2+}) y zinc (Zn^{2+}) dependiendo de la composición.
2. **Polímero ácido:** usualmente es ácido poliacrílico, pero puede comprender polímeros o copolímeros del ácido itacónico, maleico, y vinil fosfórico.
3. **Reacción ácido-básica:** esta ocurre como parte de la formación del cemento. Se caracteriza por la formación de una pasta inicialmente viscosa y dura. Esta reacción ocurre en un tiempo clínico aceptable, es decir, pocos minutos. Por lo que se puede establecer que el término ilimitado "cemento de ionómero de vidrio" debe reservarse exclusivamente para el material consistente en un vidrio, que puede descomponerse a través del ácido y un ácido soluble en agua que endurece mediante una reacción de neutralización.

Los ionómeros de vidrio presentan las siguientes características⁴:

- La reacción conduce a la formación de una sustancia firme y dura.
- Baja reacción exotérmica
- No se experimenta contracción de polimerización
- No hay presencia de monómeros libres
- Estabilidad dimensional en medio acuoso
- Interacción entre la matriz y la carga
- Características adhesivas a esmalte y dentina
- Liberación de fluoruros
- Sensibilidad a la humedad en los primeros minutos⁵

El término ionómero de vidrio se aplica en general al ionómero convencional, en tanto que el nombre *ionómero de vidrio-resina* o *vidrio-ionómero resina*, o *VIR*, o *ionómero híbrido*, se aplica a los ionómeros modificados con resinas, sean éstas de



autopolimerización o fotopolimerización. Un ionómero modificado con resinas fragua mediante la reacción ácido-base y por la polimerización de las resinas, que le darán al ionómero algunas de sus principales propiedades, fundamentalmente propiedades mecánicas (rigidez y resistencia a la abrasión).

La verdadera denominación química de estos materiales de acuerdo a algunos trabajos de investigación y en las normas o especificaciones internacionales (ISO, ADA¹⁹, IRAM) es: cementos basados en ácidos polialquenoicos o polialquenoatos. Los ácidos carboxílicos que constituyen la base del líquido de estos cementos (ácido poliacrílico, ácido maleico, ácido tartárico, ácido itacónico), se denominan ácidos polialquenoicos y sus sales, polialquenoatos³.

Los ionómeros de vidrio fraguan por una reacción entre un polvo de vidrio de flúor alúmino-silicato cálcico que libera iones y una serie de polímeros y copolímeros de ácido acrílico o maleico. El polímero ácido puede disolverse en una solución de agua y ácido tartárico, que posteriormente se mezcla con el polvo vítreo. Se puede mezclar el polímero ácido liofilizado con el polvo vítreo, que se mezcla con una solución acuosa de ácido tartárico, o pueden mezclarse el polímero ácido liofilizado y el ácido tartárico con el polvo vítreo y posteriormente mezclarse el conjunto con agua. En cualquiera de estos casos, los protones hidratados del polímero ácido atacan la superficie de las partículas de vidrio, liberando iones Al^{+3} y Ca^{+2} .⁷

1.2. Presentación y composición

Los ionómeros de vidrio son formados por una reacción ácido-básica entre un cristal de alúmino-silicato degradable y una solución acuosa de ácido polialquenoico. El ácido ataca y degrada la estructura de cristal de alúmino-silicato, libera iones calcio y cationes de aluminio. Estos cationes son formados por los grupos carboxilato y el cruce de las cadenas de ácido polialquenoico.

El ajuste del ionómero de vidrio se da en dos etapas. La etapa inicial, ocurre dentro de los 10 primeros minutos después de la mezcla. La segunda etapa,



implicando la liberación del calcio y cationes de aluminio dentro de la matriz, es una reacción ácido-básica lenta y a largo plazo.

Durante la primera reacción, el material es muy sensible a la respuesta del medio acuoso, mientras que en el segundo paso el material es muy susceptible a la deshidratación.

La sensibilidad a corto plazo para el medio acuoso, causa el ablandamiento de superficie y como consecuencia una baja resistencia⁸.

Debido a que el ionómero de vidrio se basa en una reacción ácido-base y en la formación de una sal de estructura nucleada todo ionómero debe presentar dos componentes: un polvo (base) compuesto por un vidrio de flúor alúmino-silicato, el tamaño máximo de las partículas del polvo parece estar entre 13 y 19 μm , el polvo es un vidrio liberador de iones que puede ser atacado con un ácido cuando la proporción atómica sílice/aluminio (Si/Al) es menor que 2:1. Se pueden añadir vidrio de bario u óxido de zinc a algunos polvos para hacerlos radioopacos; y un líquido (ácido) constituido por una suspensión acuosa de ácidos policarboxílicos, suele ser una solución al 47.5% de copolímero de ácido poliacrílico e itáconico en proporción 2:1 en agua^{3,7}. Esta es la composición de los ionómeros de vidrio denominados convencionales o tradicionales. Éstos pueden tener los elementos ácidos incorporados al polvo, previa desecación, y se mezclan con agua destilada o con una suspensión acuosa preparada por el fabricante (ionómeros al agua o anhidros).

Los ionómeros de vidrio de alta densidad son materiales de muy alta viscosidad o consistencia, cuyos vidrios han sido mejorados (no contienen calcio, sino zirconio), reduciendo sus tiempos de trabajo y endurecimiento, y mejorando sus propiedades físico-químicas y mecánicas, al extremo de emplearlos rutinariamente en procedimientos preventivos y de inactivación de la caries, y en técnicas manuales no invasivas, como los tratamientos restauradores atraumáticos.



En la actualidad, los ionómeros de vidrio convencionales y los modificados con resinas pueden presentarse comercialmente en forma de polvo y líquido (*ver figura 1*). También pueden adquirirse en cápsulas predosificadas que contienen el líquido y el polvo (*ver figura 2*), separados por algún tipo de membrana que debe romperse antes de proceder al mezclado automático de la cápsula en algún tipo de vibrador o amalgamador mecánico³. Mitchel y Douglas encontraron que los cementos de ionómero de vidrio mezclados a mano eran más débiles que los encapsulados y esto se atribuyó a la incorporación de aire durante el proceso de mezcla¹².

Fuente Directa



Fig.1 Presentación en polvo y líquido

www.odontologia-online.com/.../MAS03/mas03.html



Fig. 2 Presentación en cápsulas

Sin modificar la composición básica, también se presentan comercialmente ionómeros en forma de dos pastas con un dispositivo de automezclado (*ver figura 3*). Ésta presentación es muy útil cuando el material se utiliza para el cementado o fijación de restauraciones rígidas.



www.gcamerica.com/.../OrthoB/ortho
B2.jpg



Fig. 3 Presentación en forma de dos pastas con dispositivo de automezclado

Para mejorar la adaptación y las posibilidades adhesivas de los ionómeros se han incorporado sustancias promotoras de la adhesión con las que se realiza un tratamiento del sustrato dentario antes de la aplicación del ionómero. En los ionómeros convencionales y en algunos modificados con resinas se emplean soluciones de ácido poliacrílico que varían entre el 10 y el 25%, según los fabricantes.

1.3. Clasificaciones del ionómero de vidrio

La norma 96 de la ADA clasifica al ionómero de vidrio en 3 tipos¹⁹:

- **Tipo I:** Cementos
- **Tipo II:** Materiales de restauración
- **Tipo III:** Bases y forros

Otra clasificación es la de Guzmán⁵ (2003), el cual la divide en:

Tipo I: Fórmulas para la cementación de restauraciones tales como coronas con sustratos metálicos, incrustaciones metálicas, núcleos. Posee un espesor de capa delgado.

Tipo II: La formulación para restauración estética en sector anterior: Clase III, Clase V y solución a erosión cervical, abfracciones y caries en tercio gingival.

Tipo III: Selladores de puntos, foseas y fisuras.



Tipo IV: Forro-Bases. Fórmula para base intermedia o capa delgada de forro en combinación o fundamento con restauraciones metálicas, cerámicas o poliméricas.

Tipo V: Fórmulas para la restauración de muñones dentarios coronales, como dentina sintética (dentinoplastia) para servir de fundamento al esmalte socavado. Material restaurador para odontopediatría, tanto en el sector anterior como para el posterior.

De acuerdo con las indicaciones de McLean y otros investigadores, los ionómeros pueden ser clasificados en forma sencilla en:

1. *Ionómeros convencionales o tradicionales.*
2. *Ionómeros modificados con resina*³.
 - Fotopolimerizables
 - Autopolimerizables

Y éstos a su vez se clasifican según su uso en:

- Recubrimientos o forros
- Bases cavitarias o rellenos
- Restauraciones
- Cementado
- Restauraciones intermedias
- Otros usos.

1.4. Tipos de ionómero de vidrio

Tipo I: Cementos

Los cementos de ionómero de vidrio (*ver figura 4*) muestran muchas propiedades deseables: baja solubilidad, alta resistencia compresiva, adhesión a la dentina y actividad anticariogénica^{1,3,5,15}. Tienen cristales con partículas finas (<20µm); en proporción Al/Si mayor que la de los materiales de restauración, lo que aumenta la resistencia, reduce el tiempo de fraguado y facilita su manipulación.



Fuente Directa



Fig.4 Ionómero de Vidrio para cementado

Los cementos de ionómero de vidrio se pueden clasificar en base a la forma en la cual se presenta el ácido¹⁴:

Hidratado. Contiene todo el ácido en el componente líquido del material. Los primeros cementos de ionómero de vidrio fueron de este tipo, empleaban un polvo con cristales de flúor alúmino-silicato cálcico estándar y un copolímero acuoso de los ácidos poliacrílico e itacónico. Este líquido, de elevada viscosidad, hacía difícil juzgar la consistencia durante el mezclado. La tendencia a desarrollar una proporción polvo/líquido inferior a la óptima daba como resultado un cemento más débil. Comportaban un grosor de película importante y una vida activa del componente líquido limitado.

Anhidro. Los ionómeros de vidrio anhidro, endurecidos al agua, se desarrollaron para solventar los problemas asociados con los materiales hidratados. El poliácido se liofiliza e incorpora en el polvo de vidrio, se añaden también cristales de bario para mejorar la radioopacidad. El componente líquido, solución acuosa que contiene ácido tartárico, reconstituye el ácido durante el mezclado. La baja viscosidad facilita la obtención de proporciones adecuadas polvo/líquido y mejora las propiedades físicas (resistencia máxima y solubilidad mínima).

La elevada acidez del ionómero de vidrio anhidro se ha asociado con mayor sensibilidad postoperatoria en comparación con la de otros cementos. El estricto cumplimiento de las normas para la manipulación apropiada minimiza estas



reacciones indeseables. La dentina debe estar bien hidratada y las áreas profundas deben cubrirse con hidróxido de calcio. Para reducir la solubilidad es necesario preparar una porción polvo/líquido adecuada. Durante el fraguado debe mantenerse un buen aislamiento para reducir al mínimo la solubilidad del cemento fraguado en los márgenes, previniendo la microfiltración inicial. En dientes tallados extremadamente sensibles a la exposición al aire, lo que indica túbulos abiertos de tamaño importante o en estrecha proximidad con la pulpa, debe considerarse un cemento más suave (ionómero de vidrio semihidratado o policarboxilato).

Semihidratado. Esta categoría representa un paso intermedio entre los cementos hidratados y los anhidros, en la que el poliácido está contenido tanto en el polvo (liofilizado) como en el líquido. Los grados de viscosidad, el grosor de la película y la acidez inicial correspondientes se sitúan entre los del ionómero hidratado y el anhidro. Las propiedades físicas, como en todos los cementos de ionómero de vidrio, son buenas.

Tipo II: Materiales de restauración

Los ionómeros de vidrio para restauración (*ver figura 5*) contienen cristales claros que confieren traslucidez al material fraguado. Estos cristales suelen presentar proporciones elevadas de Al/Si, lo que hace que la reacción de fraguado sea lenta. Y el tiempo de fraguado es de 6 a 8 min¹⁴.

El ionómero de vidrio para restauración es útil en cavidades clase III y clase V, en erosiones, abfracciones causadas por trauma oclusal o hábitos⁵.

www.odontocat.com/images/catra
ct24.jpg



Fig. 5 Ionómero de vidrio para restauración



Tipo III: Bases y forros

Los forros y bases de ionómero de vidrio (*ver figura 6*) son útiles para cavidades que requieren sellado de la dentina, acción anticariogénica y material de reemplazo de la dentina para mejorar la protección térmica o dar forma apropiada a la cavidad¹⁴. Son únicos entre los materiales para forros y bases en su capacidad de adherirse a la dentina. Las fórmulas están diseñadas para ofrecer resistencia, radioopacidad y rapidez de fraguado. En ocasiones se añade óxido de zinc para aumentar la radioopacidad, aunque a expensas de disminuir ligeramente la resistencia¹⁴.

solutions.3m.com/vitrebondplus/



Fig. 6 Ionómero de vidrio para base y forros

Los forros de ionómero de vidrio de baja viscosidad se han recomendado para la protección pulpar bajo restauraciones directas de composite. Su uso ha demostrado, además, reducir la microfiltración en los márgenes dentinarios de las restauraciones de composite. La técnica denominada *sándwich*^{3, 7,14} (*ver fig. 7*) recurre adicionalmente al grabado con ácido fosfórico del forro ya fraguado para conseguir la adhesión micromecánica entre el forro y el composite. El grabado elimina selectivamente áreas de matriz de cemento, consiguiendo una superficie rugosa análoga a la del esmalte grabado. Los fundamentos de esta técnica son:

- a) El forro sella la dentina, crea una barrera química frente a la resina y libera flúor.



- b) Se produce adhesión en las dos interfases (dentina/forro y forro/resina), aumentando la retención y la resistencia a la microfiltración.

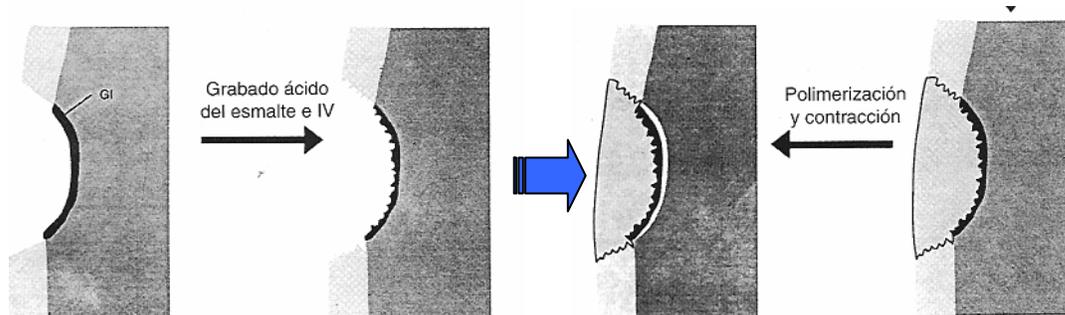


Fig.7 Técnica *sándwich* con ionómero de vidrio y composite¹⁴

Los estudios realizados *in vitro* han indicado que aunque se produce adhesión entre el forro grabado y la resina, la potente contracción de polimerización de la resina tracciona el forro desprendiéndolo de la dentina. El espacio resultante entre el forro y la dentina se ha implicado en la sensibilidad postoperatoria que presentan los dientes restaurados con composite, sobre todo la relacionada con la masticación. El grabado excesivo del forro elimina porciones de cemento que llegan a la superficie dentinaria, perdiéndose el sellado que se pretende conseguir. Estos problemas, combinado con el desarrollo continuo de materiales mejores, han convertido a la técnica *sándwich* en obsoleta. Las últimas generaciones de agentes adhesivos sellan la superficie dentinaria y ofrecen un sustrato más compatible desde el punto de vista químico y con adhesión más fuerte que el que aportan los forros. Las áreas profundas (cercanas a la exposición pulpar) aún deben protegerse, aunque para este propósito se emplean cada vez más productos que combinan las resinas fotopolimerizables con los ionómeros de vidrio, al igual que en todas las situaciones en que es deseable la liberación de flúor.

Las bases de ionómero de vidrio presentan de forma característica, alta resistencia compresiva y son aplicables a todas las situaciones en las que se emplean tradicionalmente bases de cemento. Su calidad adhesiva las hace también idóneas para el bloqueo de zonas retentivas en preparaciones para



restauración indirecta. La liberación de flúor representa una ventaja adicional sobre otros cementos.

1.5. Usos del ionómero de vidrio

Recubrimientos (*forros cavitarios*), en espesores menores de 0.5mm, indicados en cavidades del sector anterior que se van a restaurar con resinas reforzadas. El procedimiento más popular es la denominada técnica laminar o “sándwich” ya mencionada, que utiliza ionómeros modificados con resinas fotopolimerizables que permiten proteger el complejo dentinopulpar en 20 segundos que es el tiempo en que el cemento va a ser fotopolimerizado antes de la restauración con resinas reforzadas con las técnicas adhesivas de grabado ácido del esmalte. En este procedimiento los ionómeros de vidrio convencionales casi no se utilizan debido a que debemos esperar por lo menos 5 minutos antes de proseguir con los pasos de la técnica de restauración³.

Bases cavitarias, en espesores mayores a 0.5mm, indicados en cavidades del sector posterior que serán restauradas con amalgamas, resinas o restauraciones rígidas (*ver figura 8*). En estos casos, los ionómeros de vidrio convencionales siguen teniendo aplicación porque aseguran un total endurecimiento de la masa insertada, aunque deban esperarse algunos minutos antes de seguir con los pasos restauradores³.

Fuente directa



Fig. 8 Base de ionómero de vidrio



Restauraciones en cavidades de clase V: por caries, erosiones y abrasiones gingivales (*ver figura 9*), en cavidades de clase III y en cavidades en dientes primarios: clases I, II, III y V (*ver figura 10*). Para estas aplicaciones, los ionómeros modificados con resinas de fotopolimerización son los más indicados, aunque no deben descartarse, por su simplicidad y bajo costo, los ionómeros convencionales, especialmente en pacientes geriátricos y en niños³.



Fig. 9 Abrasión cervical²⁰



Fig. 10 Restauración con Ionómero de Vidrio²⁰

Cementado de restauraciones rígidas: incrustaciones, coronas y puentes (*ver figura 11*), bandas de ortodoncia y mantenedores de espacio. Durante muchos años, para estas aplicaciones se utilizaron los ionómeros convencionales preparados especialmente para tal fin. Últimamente la incorporación de ionómeros de vidrio modificados con resinas de autopolimerización ha permitido obtener cementos de mejores propiedades, básicamente de menor solubilidad y mayor resistencia a la fricción, lo que permite un creciente desplazamiento de los ionómeros convencionales. Sin embargo, estos últimos siguen indicándose para el cementado de restauraciones de metales no nobles y de bandas y de mantenedores de acero inoxidable. En cuanto al cementado de restauraciones de metales nobles (aleaciones que contienen oro), las mismas pueden estañarse internamente mediante un baño galvanoplástico de estaño, lo que facilitará la adhesión de los grupos carboxílicos de los ionómeros a la superficie depositada de metal no noble³.



Fuente directa

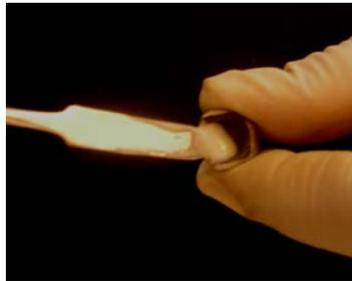


Fig. 11 ionómero de vidrio para cementar

Restauraciones intermedias en pacientes con múltiples caries como procedimiento para la inactivación de esas caries. Para estas aplicaciones se indican los ionómeros de vidrio convencionales, de bajo costo y con la posibilidad de ser utilizados en programas preventivos de atención masiva. Algunos cementos modificados con resinas de autopolimerización también cumplen estos cometidos³.

Otros usos Los ionómeros de vidrio tienen aplicaciones en *prótesis*, para reconstrucción parcial de muñones para coronas; en *endodoncia* (ver figura 12), como material para la obturación de los conductos radiculares; en *cirugía*, como material para la obturación retrógrada en apicectomías; en *periodoncia*, para obturar perforaciones, defectos o reabsorciones radiculares y como *sellador de fosas y fisuras* en algunos programas preventivos y en molares incompletamente erupcionados y con alto riesgo de caries³.

www.infomed.es



Fig. 12 Espacio para el poste tras rellenar los conductos con ionómero

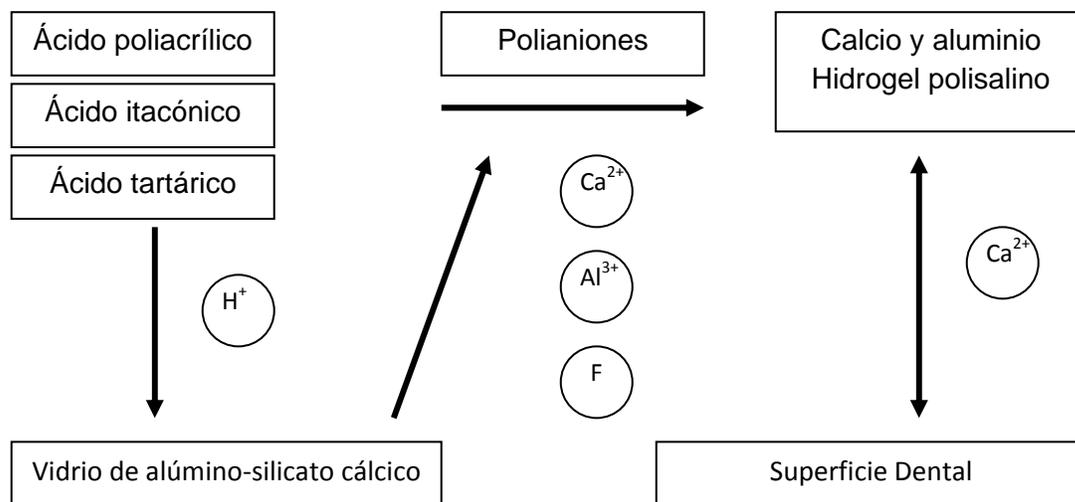


CAPÍTULO 2. PROPIEDADES DEL IONÓMERO DE VIDRIO

2.1. Reacción de fraguado y vulnerabilidad al agua

Los ionómeros de vidrio fraguan siempre mediante una reacción de ácido-base entre el polielectrolito ácido y el vidrio de aluminio-silicato.

Esquema 1



El poliácido ataca al vidrio liberando iones y cationes fluoruro (*ver esquema 1*). Estos iones forman complejos de fluoruro metálico, reaccionan con los polianiones formando una matriz de gel salina. Los iones Al^{3+} (aluminio) parecen quedar fijados en el sitio, confiriendo a la matriz resistencia al flujo. Durante la reacción inicial de fraguado (en las primeras 3 horas), los iones de calcio reaccionan con las cadenas de policarboxilato. Posteriormente, los iones trivalentes de aluminio reaccionan durante 48 horas, como mínimo. Los iones de fluoruro y de fosfato forman sales y complejos insolubles. Los iones de sodio forman un gel de sílice. El cemento completamente fraguado tiene una estructura compuesta de partículas de vidrio rodeadas por gel de sílice en el seno de una matriz de polianiones entrelazados por puentes iónicos.



El cemento de ionómero de vidrio se fija químicamente al esmalte y a la dentina durante el proceso de fraguado. El mecanismo de unión consiste en una interacción iónica con los iones de calcio y/o de fosfato de la superficie del esmalte y de la dentina. La unión es más eficaz cuando la superficie está limpia, siempre que la limpieza no elimine una cantidad excesiva de iones de calcio⁷.

En los ionómeros convencionales, la reacción se produce cuando el ácido ataca el vidrio; de éste salen iones de calcio u otros: Sr^{2+} , Zn^{2+} , F^{-} y Al^{3+} , y queda como núcleo la estructura silícea del vidrio (*ver figura. 13*). Los iones bivalentes (Ca^{2+} , Sr^{2+}) primero, y los de aluminio después, constituirán la matriz de la estructura nucleada del ionómero como policarboxilatos de calcio y de aluminio, y el flúor, que queda en libertad, puede salir del ionómero como fluoruro de sodio (fenómeno de liberación del flúor).

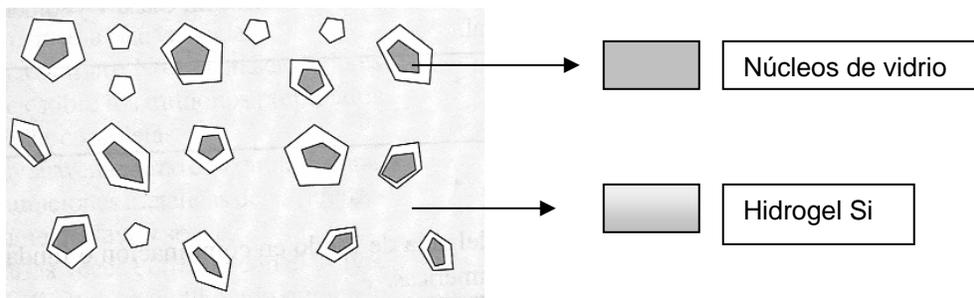


Fig. 13 Cristalización y gelificación de la reacción química de un cemento de polialquenoato de vidrio⁵

En los ionómeros convencionales, este proceso lleva un tiempo prolongado, particularmente cuando el ionómero contiene más aluminio para que sea menos soluble, tal como ocurre en los ionómeros convencionales para restauraciones estéticas y para cementados. Esta reacción es más rápida en los ionómeros convencionales para base o rellenos cavitarios o para forros, en los que la formulación del ionómero ha sido modificada y contiene menos aluminio y otros óxidos (como óxido de zinc).

El ácido itacónico reduce la viscosidad del líquido e inhibe la gelación que producen los puentes de hidrógeno intermoleculares; el ácido D(+) tartárico (5%,



el isómero óptimamente activo) presente en el líquido actúa como acelerador, facilitando la extracción de iones del polvo vítreo.

La reacción de fraguado lleva entre 6 Y 8 minutos desde el comienzo de la mezcla, con la consiguiente espera clínica para completar los procedimientos restauradores^{3,7}.

La reacción de fraguado es de tipo ácido-base y requiere un medio acuoso para que los iones filtrados de los cristales reaccionen con el poliácido formando el cemento. El agua tiene gran importancia, ya que hidrata el material fraguado y se incorpora de forma permanente a él. La reacción puede definirse en tres fases definidas^{5,14,15}.

- Fase de filtración de iones: El ácido extrae iones del polvo de vidrio.
- Fase de gelación: Se unen iones a las cadenas poliácidas de la matriz de gel (*ver figura. 14*).
- Fase de maduración: Se unen a la matriz los iones restantes (*ver figura 15*).

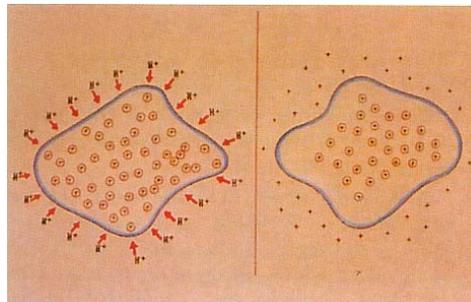


Fig. 14 Migración de iones de la fase acuosa y el Inicio de la reacción de gelificación²⁰.

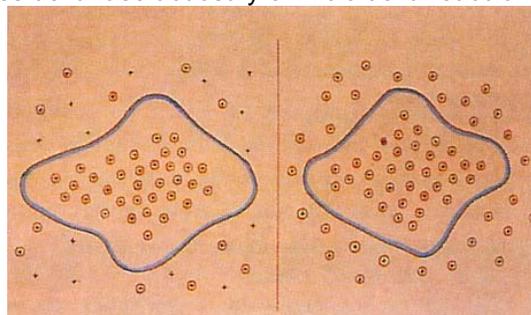


Fig. 15 Iones solubles e insolubles durante la reacción (izquierda) y material gelificado con todos los iones insolubles (derecha)²⁰.



En la primera fase la mezcla del líquido (ácido) y el polvo (base) inicia la liberación de iones metálicos solubles Al^{3+} y Ca^{2+} a partir de las partículas de cristal y la migración de estos iones a la solución acuosa adyacente. Este proceso de filtración agota los iones metálicos de la capa externa de cada partícula de cristal, degradando la capa a un estado de gel de sílice.

La acumulación de suficientes iones metálicos en el líquido inicia la segunda fase que es la de gelación, durante la cual estos iones se unen a las cadenas poliácidas, desarrollando puentes de sales metálicas entre estas cadenas. Cuando los iones se incorporan a la matriz, se tornan insolubles, formando el material final fraguado. Sin embargo, en los materiales destinados a restauración este proceso es gradual, ya que los cristales transparentes empleados tienen un contenido relativamente bajo en alúmina. Los iones que no han formado enlaces continúan siendo solubles y altamente vulnerables a su filtración por el agua. La exposición al agua va filtrando de la matriz constantemente estos iones en vías de unión, debilitando el material fraguado y provocando el reblandecimiento y la opacidad de la superficie. Durante esta fase, el material está adversamente afectado por la deshidratación, ya que la pérdida de agua hace más lenta y detiene prematuramente las reacciones de formación de matriz. El resultado final es un material debilitado, lo que se manifiesta con resquebrajamiento, pérdida de translucidez o pérdida parcial de la restauración. El aislamiento con dique de goma, la aplicación de matriz durante el fraguado inicial y la protección de la superficie de la restauración con barniz o resina bis-GMA sin relleno fotopolimerizada se han demostrado acciones efectivas en la prevención de estos efectos adversos.

La fase final de endurecimiento y maduración continúa unas 24 horas. Durante este periodo, los iones restantes se unen a la matriz de hidrogel endureciéndola y haciéndola invulnerable a la humedad. Durante este periodo aumenta además la translucidez, la resistencia y la rigidez¹⁵.



2.2. Mecanismo de adhesión.

La adhesión a la estructura dentaria se considera la propiedad más importante del ionómero de vidrio, ya que reduce la necesidad de incorporar retenciones mecánicas en las áreas con bajo soporte de carga¹³.

La primera explicación argumentaba que durante la fase de gelación de fraguado se producía una quelación con los iones de calcio del esmalte y la dentina filtrados por el poliácido. El proceso involucra un intercambio iónico más complejo, con movilización de calcio y fosfato de la hidroxiapatita. También se ha propuesto, aunque no comprobado, la posibilidad de que se produzcan enlaces de hidrógeno con el colágeno¹.

El enlace al esmalte es siempre mayor que a la dentina, por el mayor contenido inorgánico del esmalte y su mayor homogeneidad desde un punto de vista morfológico¹.

La naturaleza acuosa de la reacción de fraguado del ionómero de vidrio requiere una superficie dentinaria ligeramente húmeda para conseguir una humectación y adhesión óptimas. Por tanto, está contraindicado secar la superficie dentinaria inmediatamente antes de colocar el ionómero de vidrio. La superficie debe presentar una humedad adecuada, mostrando brillo, pero no acumulación en los ángulos de la línea¹⁴.

La posibilidad de adherirse específicamente a las estructuras dentarias ha hecho del ionómero de vidrio un material de elección en numerosas aplicaciones restauradoras.

Cuando se dice que el ionómero se adhiere específicamente al diente, debe entenderse que se trata de una unión química de naturaleza iónica entre los grupos carboxílicos (--COOH--) y el calcio de la hidroxiapatita del esmalte y de la dentina³.



El mecanismo adhesivo de los ionómeros se caracteriza por la existencia de un intercambio iónico entre el material y la estructura dentaria. Los trabajos de Yoshida, Van Meerbeck y col. (2000) y Ngo, Mount y col. (2001, 2002)³ han permitido no solo determinar el proceso de intercambio iónico entre los grupos carboxílicos de los ácidos polialquenoicos y el calcio de la hidroxiapatita, así como la interacción con los iones fosfato y oxhidrilo, sino también determinar un verdadero “mapa” de la acción remineralizadora del ionómero cuantificando la distancia que los iones han “viajado” del material del diente, así como del diente al material. A pesar de tratarse de una unión primaria, esta unión puede estar sujeta a la acción de la hidrólisis y de las cargas o fuerzas aplicadas al ionómero. Sin embargo, la resistencia de la unión adhesiva del ionómero al diente es bastante aceptable desde el punto de vista clínico, aunque estos valores hallados en la pruebas de laboratorio son contradictorios porque no son muy elevados (en general no superan los 10 MPa, cuando los adhesivos dentinarios y la técnica de grabado ácido del esmalte superan ampliamente los 15 MPa)³.

Los cementos de ionómero de vidrio se unen a la dentina con una resistencia a la tracción que oscila entre 1 y 3 MPa. Se ha mejorado esta fuerza de adhesión tratando la dentina con un ácido limpiador y aplicando una solución acuosa diluida de Cl_3Fe (cloruro férrico)⁷.

En las restauraciones efectuadas con ionómeros convencionales se encontró que al cabo de 15 años la resistencia adhesiva de estos materiales era mayor que la resistencia cohesiva, es decir que se halló que el cemento estaba totalmente fracturado pero aún así estaba contenido en la cavidad que restauraba (p. ej. erosiones cervicales). La adhesividad depende de varios factores de manipulación y de inserción del ionómero; en tal sentido, el tiempo de espatulado o mezcla del material y el momento de su inserción resultan cruciales. Si el componente adhesivo del ionómero es el líquido, que contienen grupos carboxílicos, será necesario disponer de la mayor cantidad posible de éstos, para lo cual el ionómero deberá prepararse en no más de 20 o 30 segundos y aplicarse en la preparación dentaria inmediatamente. De no ser así, el mayor tiempo de mezcla o



la demora en llevarlo a la pieza dentaria hará que el líquido empiece a reaccionar con el polvo, con la consiguiente menor disponibilidad de grupos carboxílicos adhesivos.

La adhesividad de los ionómeros puede incrementarse notablemente si antes de su inserción sobre el tejido dentario éste se trata con sustancias que mejoren la adaptación y, por consiguiente, la adhesión. Se ha recomendado “acondicionar” la superficie tallada de la dentina con un ácido suave para eliminar el barro dentinario y mejorar la adhesión del ionómero de vidrio a la dentina¹⁴. Para los ionómeros convencionales, el uso de soluciones de ácido poliacrílico entre el 10 y el 25% constituye un procedimiento recomendable; estas soluciones se aplican con un aplicador o con un pincel durante 30 segundos y luego se lava y se seca la preparación. La acción del ácido poliacrílico permitirá eliminar el barro dentinario, limpiar la preparación e impregnar los tejidos dentarios, lo que luego facilitará la adaptación de la humectación del cemento^{3,14}.

2.3. Propiedades físicas, químicas y mecánicas

Es un cemento de reacción ácido-base polielectrolítico. El calcio y el aluminio que contiene el polvo forman electrolitos al mezclarse con el poliácido carboxílico en agua.

Por su acción quelante, el poliácido carboxílico se une primero a los iones calcio y posteriormente con los iones aluminio, después de esto es cuando el material alcanza valores físicos altos, sobre todo la insolubilidad, quedando como un gel con matriz de cemento.

Tiene características de compuesto iónico y plástico, por lo que es aislante térmico y eléctrico¹⁵.

Los cementos de ionómero de vidrio muestran, por lo general, baja solubilidad, alta resistencia compresiva y retención¹⁶, pero resistencia de flexión y dureza comparativamente bajas^{14,15}, coeficiente de expansión térmica similar al diente¹⁶ y alcanza la más baja solubilidad de todos los cementos después de 24 horas de



colocado; además por la partícula fina del polvo y peso molecular bajo del poliácido carboxílico (22,000 a 40,000 unidades) se logran espesores de película fina menores a 25 micras¹⁵. La resistencia compresiva aumenta con el envejecimiento del cemento al menos durante un año, debido a la continua incorporación de iones a la matriz y a la formación de enlaces cruzados en ésta¹⁴.

La introducción de cementos sumamente viscosos fue requerida para ampliar su indicación en restauraciones oclusales, ya que sugiere un rápido ajuste del cemento de ionómero de vidrio y aumenta la resistencia a fuerzas de masticación y se coloca de una manera más fácil y rápida en la cavidad¹¹.

Como forro y base tiene muy buena resistencia para soportar cargas de condensación, como la amalgama dental, y se puede colocar cualquier otro material sin afectar su endurecimiento.

Como material de restauración, su resistencia a la compresión permite usarlo en áreas de los dientes que reciban poca o ninguna carga de oclusión.

En cualquiera de los usos antes mencionados se aprovecha el comportamiento quelante del poliácido carboxílico que le confiere adhesión específica a los dientes (por la presencia de calcio en ellos), y a algunos metales de uso odontológico, excepto el oro.

La mezcla no adquiere propiedades físicas y químicas suficientemente buenas cuando la reacción inicial de quelación se está dando con el calcio, sino hasta que se da con el aluminio; el tiempo de espera para que se de toda la reacción es de 24 horas. En las primeras horas la solubilidad es muy alta, por lo que durante este lapso hay que protegerla de la humedad y no exponerla a cargas fuertes de masticación¹⁵.

Los ionómeros de vidrio presentan los mayores grados de resistencia a la disolución y a la erosión de todos los cementos dentales, aunque menores que los de los composites. La pérdida o ganancia de agua compensa la contracción de fraguado inherentemente baja, y es la responsable de su estabilidad dimensional.



En condiciones de humedad relativamente elevada (> 85%) o en presencia de agua, el cemento absorbe agua y tiende a expandirse. Cuando se deja secar se produce la contracción, lo que ocurre en ambientes de humedad relativa menor al 80%. El resultado neto final es una leve expansión, siempre y cuando se hayan empleado técnicas apropiadas para mantener el equilibrio acuoso. La bajísima absorción de agua consigue restauraciones de color muy estable y muy resistente a la tinción.

Los ionómeros de vidrio para restauración, aunque no son muy apropiados para áreas de soporte de carga, se comportan bien en áreas cervicales (especialmente por caries radiculares) debido a su estabilidad dimensional (buena integridad marginal), adhesión a la estructura dentaria (microfiltración baja) y liberación de flúor (profilaxis de caries secundaria)¹⁴.

2.4. Biocompatibilidad

Estos cementos pueden ser bacteriostáticos o bactericidas, ya que liberan fluoruro¹⁶. Es esencial usar aislamiento absoluto cuando utilizamos ionómeros de vidrio. Es necesario utilizar la proporción correcta de polvo-líquido y aplicar una base de hidróxido de calcio en zonas muy próximas a la pulpa^{1, 7, 15}.

La acidez débil de los cementos de ionómero de vidrio reacciona y el peso molecular de éste no permite que penetre en los túbulos dentinarios, y por tanto su irritabilidad es menor^{1, 15}.

Estudios histológicos indican que los ionómeros de vidrio tipo II son relativamente biocompatibles. Producen mayor reacción en la pulpa que el ZOE pero por lo general menor que la del fosfato de zinc. La proporción polvo-líquido influye en el grado de acidez y la duración de un ambiente con pH bajo¹.

Numerosas investigaciones han demostrado la inocuidad del ionómero para el tejido pulpar cuando se coloca en el complejo dentinopulpar como forro, base o restauración. 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.



Se puede presentar una sensibilidad posoperatoria tras la aplicación de un ionómero pero esa sensibilidad puede ser causada por una incorrecta proporción polvo-líquido, o a una incorrecta manipulación del material¹.

2.5. Liberación de fluoruro

Es una propiedad que tienen todos los ionómeros de vidrio. Ya se ha explicado que el ionómero al fraguar, el ion flúor queda liberado en la estructura nucleada del cemento y permite su salida como fluoruro de sodio (catión presente en el vidrio), lo que le da al ionómero de vidrio una propiedad anticariogénica y desensibilizante. Tanto los ionómeros convencionales como los modificados con resinas presentan liberación de fluoruros en mayor o menor grado y tienen la posibilidad de actuar como reservorio del flúor si el paciente recibe aportes de fluoruros adicionales. Así el ionómero presente en una restauración puede incorporar iones fluoruro por un mecanismo de difusión hacia su masa y luego liberarlos en función del tiempo. Una investigación demostró que después de la liberación de flúor, todo ionómero es capaz de aumentar su capacidad de liberar el fluoruro de ser sumergido en una solución enriquecida con fluoruro¹³. Los ionómeros modificados con resinas liberan tanto fluoruro como los convencionales o más. Es conveniente destacar que la mayor parte del flúor se libera en las primeras horas y días y que los valores decrecen a medida que transcurre el tiempo, pero que la propiedad mencionada de actuar como reservorio compensa las pérdidas producidas. A diferencia de algunos cementos que liberan flúor (como los cementos de silicato y silicofosfato), los ionómeros no experimentan degradación, desintegración, ni pérdida de masa por ésta propiedad^{3,15}.



CAPÍTULO 3. MANIPULACIÓN DEL IONÓMERO.

3.1. Preparación manual

Los ionómeros de vidrio son muy sensibles a la manipulación debido a sus características y propiedades ya mencionadas; esto representa uno de los principales factores determinantes del éxito o el fracaso de una restauración. Más que espatularse, el ionómero debe mezclarse de una forma rápida hasta obtener la consistencia deseada o indicada según el uso: esta consistencia será fluida cuando se realice un recubrimiento o un cementado (*fig. 17*); y más espesa, como masilla, cuando se efectúe una base, un relleno o una restauración³.

Los cementos que se mezclan con los líquidos que contienen ácido carboxílico, de mayor viscosidad, tienen una proporción polvo-líquido de 1.3:1, mientras que los que se mezclan con agua tienen una proporción polvo-líquido de 3.3:1 para prepararlos para un cementado.

El tiempo de mezcla es de 30-60 segundos⁷, en este momento, la mezcla debe tener una superficie satinada¹. La superficie brillante indica la presencia del poliácido que no ha participado en la reacción de fraguado. Éste ácido residual garantiza la adhesión al diente. Si el proceso de mezclado es prolongado, se desarrolla una superficie opaca y no se realizará la adhesión⁷.

Se puede usar una loseta fría y seca para retardar la reacción y ampliar el tiempo de trabajo^{1,7}.

El polvo se debe incorporar en forma rápida dentro del líquido usando una espátula rígida (*fig. 16*), no se deben poner en la loseta hasta que se vaya a iniciar la mezcla, ya que la exposición prolongada en el medio ambiente altera la proporción ácido-agua del líquido.



Fuente Directa



Fig. 16 Espatulado

Fuente Directa



Fig.17 Consistencia fluida para base

Pasos para la manipulación de los ionómeros de vidrio³:

1. Agitar el frasco del polvo para homogeneizarlo y dispensar éste en primer lugar, utilizando el proporcionador.
2. Verter el líquido después de haber efectuado un movimiento del frasco en sentido horizontal y luego vertical, para que el aire contenido en el líquido, de por si bastante viscoso, no quede incorporado en la gota a dispensar. Colocar el frasco gotero en sentido perpendicular a la loseta y dispensar la cantidad de gotas que corresponda a cada medida de polvo empleada.
3. Mezclar el material en un lapso que no supere los 30 segundos, sin extender la mezcla sobre la superficie de la loseta. Si la consistencia es fluida, emplear un aplicador con extremo redondeado o un explorador de punta fina, para conformar una gota del material; si la consistencia es espesa, emplear la misma espátula que permita su fácil inserción.
4. Insertar el material en la preparación, con cuidado para no incorporar aire. Si se trata de un ionómero convencional o de uno modificado con resinas de autocurado, todo el material preparado debe insertarse de una sola intención; si se trata de un ionómero modificado con resina de fotopolimerización, aplicar el material en capas no mayores de 1.5 mm para permitir su correcta polimerización.
5. Una alternativa para consistencias espesas consiste en utilizar tubitos de plástico con émbolos de goma e inyectar el ionómero mediante una jeringa de



aplicación universal (*ver figura 18*). La posibilidad de inyectar el ionómero se basa en la propiedad que tienen los materiales de aumentar su fluidez cuando se le aplican cargas. Esta propiedad, denominada, tixotropía, permitirá el acceso del ionómero a zonas poco accesibles³.

Fuente Directa



Fig.18 Inserción del ionómero de vidrio con émbolos de gomas

3.2. Ionómeros encapsulados

Para disminuir los inconvenientes de la manipulación manual existen algunos productos encapsulados que permiten la preparación automática del material en un triturador o amalgamador automático durante 10 segundos y su posterior inyección en la preparación dentaria, mediante una jeringa especial diseñada, según los distintos tipos de cápsulas^{3, 7}. Hay varios modelos de cápsulas en las que el líquido y el polvo ya están dosificados por el fabricante, con la ventaja de que permiten manipular el ionómero con mucha precisión y pocas complicaciones, aunque todas tienen la desventaja del mayor costo operativo y el mayor gasto del material.

La correcta manipulación de los ionómeros encapsulados requiere de un amalgamador o un triturador mecánico de alta velocidad (3,500 RPM) y un tiempo de trituración que no debe exceder los 10 segundos. Éstos son requisitos esenciales para no alterar las propiedades de los ionómeros³.



CAPÍTULO 4. COMBINACIÓN DEL IONÓMERO DE VIDRIO CON OTROS MATERIALES

4.1. Combinación de ionómero de vidrio con metal (cermets)

La capa de los cementos de ionómero de vidrio es rígida y por esto no resiste las concentraciones de alta tensión. No son tan resistentes al desgaste como otros materiales estéticos; dadas estas condiciones los cementos de ionómero de vidrio se han modificado por inclusión de partículas de relleno de metal en un intento de mejorar la resistencia, el fraguado y la resistencia al desgaste. La incorporación del metal se hace por medio de un proceso de unión del polvo con el metal a altas temperaturas (sinterización). Se emplean 2 métodos modificados¹.

El primero es de la mezcla del polvo de la aleación de amalgama de plata esférica con el polvo de ionómero de vidrio tipo II. Este cemento se refiere como adición de aleación de plata.

El segundo implica la fusión del polvo de vidrio a las partículas de plata a través de la incrustación a temperaturas altas de la mezcla de los dos polvos. Este cemento se conoce como *cermet*.

Los rellenos metálicos tienen poca o ninguna influencia en las propiedades mecánicas de los cementos de ionómero de vidrio tipo II. El cermet es mucho más resistente al desgaste por deslizamiento que el cemento de ionómero de vidrio tipo II. El mejoramiento de la resistencia al desgaste se atribuye al relleno de metal.

Este tipo de ionómeros se utiliza para la reconstrucción de muñones ya que se coloca rápidamente, se adhiere bien a la dentina, se adapta bien a los pins y a los postes, liberan fluoruro y se pueden reducir después de 5-10 minutos para preparar la colocación de una restauración^{1,7} (ver figura 19).



Fig. 19 Ionómero de vidrio reforzado en plata²⁰

Los cermets suelen emplearse cuando se trata de sustituir dentina en cavidades para incrustaciones, y compiten en popularidad con los nuevos ionómeros modificados con resinas de autopolimerización, que también aseguran por su mecanismo de endurecimiento el fraguado de la totalidad del volumen insertado en la cavidad.

El fluoruro se libera de los dos sistemas modificados de metal en cantidades apreciables, sin embargo, es menos en el cemento cermet que en el ionómero de vidrio tipo II, ya que una porción de la partícula de vidrio original que contiene fluoruro está revestida de metal¹.

4.2. Combinación de ionómero de vidrio con resina

A estos cementos también se les denomina ionómeros híbridos autopolimerizables y fotopolimerizables⁷ (ver figura 20). El desarrollo de los ionómeros de vidrio modificados con resina es una opción para vencer el dilema a corto plazo de la sensibilidad al agua. Estos ionómeros son similares a los ionómeros convencionales, pero la ventaja de los ionómeros modificados con resina es la fotopolimerización que permite la aplicación de una fuente luminosa externa⁸.



Fuente Directa



Fig. 20 Ionómero de vidrio fotopolimerizable 3M ESPE para base

Estos materiales se parecen mucho a los ionómeros convencionales en lo que concierne a la buena adherencia al esmalte y la dentina. Sin embargo, tienen algunas desventajas que son inherentes del empleo de resinas. El encogimiento de polimerización, que se hincha en medios de comunicación acuosos, el problema toxicológico relacionado con la liberación de monómero, y propiedades más pobres a largo plazo mecánicas comparadas con los ionómeros de vidrio convencionales⁸.

La introducción de los ionómeros modificados con resinas tuvo como objetivo permitir la utilización de estos materiales como medios cementantes o de fijación de restauración rígidas. Los ionómeros convencionales empleados como medios cementantes tienen algunos inconvenientes prácticos, como un prolongado tiempo de endurecimiento, solubilidad, desintegración y sensibilidad a la técnica de manipulación³.

Los ionómeros de vidrio modificados con resina son ionómeros de vidrio híbridos, que no sólo sufren una reacción ácido-básica, también participan en la polimerización de radical libre porque ellos contienen grupos metacrilatos polimerizables sobre una base poliácida. Estos cementos han ganado la popularidad en la odontología restauradora debido a que tienen propiedades más atractivas comparadas con los ionómeros de vidrio convencionales. Los ionómeros modificados con resina reducen los problemas de la sensibilidad de humedad y la



baja fuerza mecánica asociada con los ionómeros convencionales. Son más fáciles para manejar clínicamente, el tiempo de trabajo es mayor y tienen una mejora significativa de algunas fuerzas mecánicas, como flexural y límites de resistencia a la tracción diametrales^{4,9}.

Hay tres tipos principales de ionómeros modificados con resina. Uno es hecho de un polvo de cristal de flúor alúmino-silicato y una solución acuosa de un copolímero de ácido acrílico, maleico, HEMA, agua e iniciadores.

El segundo esta compuesto de aluminio de calcio, de lantano de sodio, cristal de fluorosilicato combinado con un copolímero de ácido acrílico y maleico en la forma seca y una solución de monómeros y oligómeros polimerizables, HEMA, agua e iniciadores.

El tercero es compuesto de un polvo de cristal de calcio y flúor alúmino-silicato y una solución acuosa de un ácido copolímero acrílico e itáconico con grupos metacrilatos, HEMA, agua e iniciadores⁹.

La molécula HEMA ha sido usada como uno de los componentes principales en los ionómeros modificados con resina porque esto actúa tanto como cosolvente como comonómero. Los oligómeros o polímeros que tienen los grupos metacrilatos por lo general exponen la solubilidad limitada de agua. Para aumentar su solubilidad y hacer una solución realizable, un monómero polimerizable como HEMA es incorporado⁹.

Composición.

El polvo de un cemento autopolimerizable contiene un vidrio de flúor alúmino-silicato radioopaco y un sistema catalizador microencapsulado de persulfato potásico y ácido ascórbico. El líquido consiste en una solución acuosa de ácido policarboxílico modificado con grupos metacrilato sobresalientes⁷. A las moléculas poliacrílicas del líquido del ionómero de vidrio se le insertaron moléculas metacrílicas higroscópicas sin relleno, sobre todo la molécula HEMA y activadores fotosensibles. De esta manera se obtuvo un material con mayor resistencia que el



ionómero de vidrio convencional, que sigue teniendo adhesión específica al diente y liberación de flúor¹⁵.

Un cemento fotopolimerizable contiene en el polvo vidrio de flúor alúmino-silicato y en el líquido un copolímero de ácidos acrílico y maleico, HEMA, agua, canforoquinona y un activador⁷.

Este producto tiene dos maneras de endurecer: por la acción ácido-base del ionómero y por la fotopolimerización de los activadores de la resina.

Por ser un híbrido, se maneja y se mezcla como un ionómero de vidrio, y para acortar el tiempo de endurecimiento se fotopolimeriza.

Presenta todos los principios fisicoquímicos de los ionómeros de vidrio y como tal es sensible a la humedad en las primeras 24 horas, por lo que después del terminado se debe proteger con una capa de resina líquida, a base de BIS-GMA auto o fotopolimerizable.

Para los ionómeros modificados con resinas, suelen incorporar algún sistema de “primer” o impregnador para aplicar antes del cemento. Su composición suele estar constituida por ácido poliacrílico y una resina hidrófila. En el caso de ionómeros modificados con resinas autopolimerizables, se debe lograr una capa adhesiva, habitualmente denominada capa híbrida, sobre la que se adherirá el ionómero-resina. Este tipo de “primers” o promotores de la adhesión contendrán en su composición algún ácido, una resina hidrofílica y/o una sal capaz de producir algún precipitado adhesivo en la dentina (cloruro férrico)³.

Reacción química del fraguado.

Al mezclar el polvo con el líquido, se pone en marcha la reacción ácido básica habitual del ionómero de vidrio y también la polimerización del HEMA si existen iniciadores químicos^{1,4}. Si el material sólo utiliza un sistema de fotopolimerización, el HEMA polimeriza al quedar expuesto a la luz azul (470 nm). En cualquiera de los casos, el fraguado inicial es el resultado de la polimerización del HEMA, que



forma una matriz reforzada por la acción ácido básica más lenta. La reacción de fraguado inicial del material es por polimerización de los grupos metacrilatos. La reacción lenta ácido básica es la responsable final del único proceso de maduración y resistencia final¹. El ionómero de vidrio reforzado con resina fotopolimerizable fragua en 20 segundos⁷. Los ionómeros reforzados con resina autopolimerizables tienen una reacción de fraguado de aproximadamente 4 minutos³.

Manipulación.

Es necesario agitar el polvo antes de extraerlo de su recipiente. Para extraer el líquido se mantiene en una posición vertical sobre la loseta de vidrio. La proporción de polvo-líquido es de 1.6 g de polvo por 1.0 g de líquido; el polvo se añade al líquido a lo largo de 30 segundos para alcanzar una consistencia de crema batida. El tiempo de trabajo es de 2.5 minutos. El cemento se debe aplicar sobre un diente limpio y seco, pero no desecado. Con algunos productos se recomienda emplear un acondicionador o un adhesivo para reforzar la unión a la dentina. No se necesita ningún recubrimiento⁷.

Propiedades.

Los cementos de ionómero de vidrio híbrido poseen unas resistencias a la compresión y a la tracción similares a las de los cementos de ionómero de vidrio convencionales. La fuerza de adhesión a dentina húmeda oscila entre 10 y 14 MPa sin agente adhesivo, pudiendo llegar a 20 MPa con un adhesivo. Son muy poco solubles en las pruebas de erosión con ácido láctico. Liberan fluoruro rápidamente durante la primera semana, y el ritmo de liberación va decreciendo gradualmente hasta cumplir los 6 meses. El pH inicial es aproximadamente de 3.5 y aumenta gradualmente⁷. Debido a que poseen algún sistema de primer que sella los túbulos dentinarios, se ha observado una reducción de hipersensibilidad posoperatoria y la total insolubilidad del material³.



En los ionómeros modificados con resinas fotopolimerizables también se producirá la reacción propia del ionómero, pero como contienen una resina con grupos metacrílicos capaces de polimerizar por acción de la luz visible, el endurecimiento se producirá en pocos segundos (entre 20 y 30 segundos según el tipo de ionómero), con el consiguiente beneficio del tiempo clínico. Aunque la resina que contiene el cemento fotopolimerizable polimeriza con rapidez, la reacción ácido-base sigue hasta completarse totalmente, aun cuando el ionómero esté completamente fraguado, lo que le confiere al cemento las propiedades esenciales que lo caracterizan: adhesión específica, liberación de flúor y compatibilidad biológica³.

Aplicaciones.

Los cementos autopolimerizables se pueden emplear para la cementación definitiva de coronas de porcelana sobre metal, puentes, inlays, onlays, coronas de metal, postes, aparatos ortodóncicos y restauraciones de resina. También se pueden usar como forro adhesivo para amalgama, como base y para restauraciones provisionales. Están indicados para restauraciones de clase III y V, lesiones de erosión o abrasión cervicales, lesiones cariosas radiculares y reparación provisional de dientes fracturados⁷.

Esta variedad del ionómero de vidrio se usa para restaurar cavidades en dientes anteriores que no estén expuestos a cargas oclusales, obteniendo además de resistencia, mayor estética que con los ionómeros convencionales para restauración¹⁵.

La aplicación de un ionómero de vidrio modificado con resina en la preparación de cavidades profundas reduce el volumen necesario de composite, lo que limita las tensiones que se generan. Además en la zona gingival de las preparaciones clase III y V ayuda a reducir las microfiltraciones, especialmente en la zona apical a la unión cemento-esmalte¹⁷.



Cemento de Ionómero de Vidrio de Triple Curado: Vitremer®¹:

El cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer® (*ver figura 21*) de la casa dental 3M, mediante su alta tecnología combina por primera vez tres mecanismos de polimerización distintas en un avanzado material de ionómero de vidrio. Estas reacciones son:

- La típica reacción ácido - básica lenta y duradera de todos los ionómeros de vidrio, la cual le otorga a los ionómeros sus características principales tales como una liberación sostenida de flúor en el tiempo y la adhesión características de ellos.
- La polimerización por luz de los grupos activos poliméricos; este mecanismo como ya se dijo anteriormente empleado en el Vitrebond®, otorga al Vitremer®, un tiempo de trabajo amplio y propiedades físicas óptimas en segundos.
- La polimerización de grupos poliméricos activos por un sistema de autopolimerización. Este mecanismo relativamente rápido, comienza cuando el ionómero de vidrio es mezclado, sin afectar adversamente el tiempo de trabajo (3 minutos). La acción mecánica del mezclado y el agua del líquido activa el sistema catalizador, dando al material las propiedades físicas de fotopolimerización incluso en áreas donde no llega la luz. Esta nueva tecnología ha creado un verdadero material de ionómero de vidrio con una resistencia a la fractura mayor que la de todos los ionómeros de vidrio. Por lo tanto se puede decir que el Vitremer®, constituye un excelente material restaurador, estético con características mejoradas incluso cuando se polimeriza en masa⁴.



Uso de los diferentes Tipos de Ionómero de Vidrio



Fuente Directa



Fig. 21 Ionómero de Vidrio Vitremer de 3M ESPE para reconstruir



CAPITULO 5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

5.1. Ventajas

- Sus propiedades físicas son buenas, excepto ante cargas masticatorias¹⁵.
- Tienen adhesión específica o química al diente y aleaciones de uso dental^{1,5,10,15,18}.
- Muestran estabilidad dimensional¹⁵.
- Liberan flúor ^{1,3,5,10,15}.
- Son más estéticos que los otros grupos de cementos¹⁵.
- Buena biocompatibilidad^{2,10}.
- Mínima contracción al polimerizar².
- Propiedades aislantes, térmicas y eléctricas².
- Buen sellado marginal^{2, 5}.
- Anticariogénico por liberación de flúor y por su actividad antimicrobiana^{2,3,5,10,15,18}.

5.2. Desventajas

- Son más costosos que los otros cementos ^{1,5,7,15}.
- No se adhieren químicamente a la porcelana ni aleaciones a base de oro ^{1,2,5,15}.
- Son muy solubles en las primeras 24 horas¹⁵.
- No permiten variables en su manipulación¹⁵.
- Difícil pulimento^{2,5,7}.



- Limitaciones estéticas^{2,7,15}.
- Falta de fuerza y resistencia^{2,5,10}.
- Absorbe agua alrededor de su medio ambiente¹⁰.
- A la exposición con agua se ablanda, se hincha, por el contrario si pierde agua, se encoge y se fractura¹⁰.



CONCLUSIONES

Los cementos de ionómero de vidrio son excelentes materiales dentales ya que tienen buenas propiedades físicas, químicas y biológicas, además de que son biocompatibles con los tejidos dentinarios y tienen adhesión específica al diente. Cuando utilizamos correctamente el ionómero de vidrio y sabemos cuales son sus usos vamos a tener resultados óptimos en nuestros tratamientos dentales, ya que hay diferentes tipos de acuerdo a cada necesidad ya sean los convencionales, los modificados con resina o los modificados con metal. Todos los cementos de ionómero de vidrio tienen excelentes propiedades anticariogénicas y liberan fluoruro para lograr este fin, además de que tienen buena estabilidad dimensional y sellado marginal.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anusavice K. J., Ciencia de los Materiales Dentales de Philips, 10ª. ed, Cd. México D.F.: Editorial Mc.Graw-Hill Interamericana, 1998, Pp. 555-568.
2. Tascón J. Restauración atraumática para el control de la caries dental: historia, características y aportes a la técnica. Rev Panam Salud Pública. 2005; 17 (2): 110-115, http://journal.paho.org/index.php?a_ID=236
3. Barrancos M., Operatoria Dental, 4ª. ed, Buenos Aires: Medica Panamericana, 2006, Pp. 755-763, 767-769.
4. Guzmán A. R., Evaluación Clínica de un ionómero de vidrio modificado en odontopediatría.
http://www.actaodontologica.com/39_3_2001/evaluacion_ionomero_vidrio_modificado.asp
5. Guzmán H. J., Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico, 3ª. ed, Bogotá: Editorial Ecoe, 2003, Pp. 62-75.
6. Ochoa C. A., Rueda K., Pulido E., Utilización del Ionómero de Vidrio como material de obturación coronal temporal.
http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/i_a_revisión07.html
7. Craig R. G., Materiales de Odontología Restauradora, 10ª. ed, Cd. Madrid: Editorial Harcourt Brace, 1998, Pp. 192-194, 271-274
8. Kleverlaan C.J., Duinen R.N.B., Feilzer A.J., Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. Dental Materials (2004) 20, 45-50, accepted 19 March 2003, www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema
9. Xie D., Chung I-D., Wu W., May J., Synthesis and evaluationm of HEMA-free glass-ionomer cements for dental applications. Dental Materials (2004) 20, 470-478, accepted 1 July 2003, www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema
10. Urpo H.Y., Lassila L.V.J., Nañhi T., Vallittu P.K., Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of



- bioactive glass. *Dental Materilas* (2005) 21, 201-209, accepted 25 March 2004, www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema
11. Duinen R.N.B., Kleverlaan C.J., Gee A.J., Werner A., Feilzer A., Early and long-term wear of 'Fast-set' conventional glass-ionomer cements. *Dental Materials* (2005) 21, 716-720, accepted 14 September 2004, www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema
12. Prentice L.H., Tyas M. J., Burrow M.F., The effect of mixing time on the handling and compressive strength of an encapsulated glass-ionomer cement. *Dental Materials* (2005) 21, 704-708, accepted 16 September 2004, www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema
13. Gandolfi M.G., Chersoni S., Acquaviva G.L., Piana G., Patri C., Mongiorgi R., Fluoride release and absorption at different pH from glass-ionomer cements. *Dental Materials* (2006) 22, 441-449, accepted 7 April 2005, www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema
14. Bruce J. *Bases Prácticas de la Odontología Estética*. 1ª ed., Cd. Barcelona: Editorial Masson, 1998, Pp. 62-70.
15. Barceló F. H., Palma J. M., *Materiales Dentales*, 2ª. ed., Cd. México: Editorial Trillas, 2004, Pp. 97-99, 102, 121-122.
16. Berrios E. J., Porto S. T. Respuesta pulpar frente a diferentes agentes cementantes. *Rev Estomatol Herediana* 2004; 14 (1-2): 84-88 <http://www.upch.edu.pe/FAEST/publica/2004/vol14-n1-2-art17.pdf>
17. Aschheim K. W., Dale B. G. *Odontologia Estética*, 2ª. ed, Cd. Madrid: Editorial Harcourt Brace, 2002, Pp. 71, 75
18. 3M ESPE, 3M TM ESPE TM Ketac TM Cem. Cemento de Ionómero de Vidrio. Perfil Técnico Del Producto. http://www.3m.com/intl/br/espe/catalogos/tpp_easymix.pdf



-
19. American National Standard/American Dental Association Specification No. 96. Approved August 23, 1994.
 20. Busato A., González P., Prates R., Odontología Restauradora y Estética. 1ª. Ed, Cd. Brasil: Editorial Amolca, 2005, Pp. 176-181, 187, 188