

Mecanismos Antibacterianos y Biocompatibilidad de los Cementos de Ionómero de Vidrio -Posibles Aplicaciones Terapéuticas

Luz Mariela Escobar R, Od.*

Palabras claves:

Ionómero de vidrio, Cementos, Flúor, Inhibición bacteriana, STREPTOCOCCUS mutans, Biocompatibilidad, Materiales dentales.

RESUMEN

El STREPTOCOCCUS mutans es la especie bacteriana asociada por excelencia a la caries de fosas y fisuras en humanos. Dicho microorganismo interviene en el desarrollo del dextrán, contribuyendo a que la placa bacteriana se agregue y se organice, produciendo ácidos al desdoblar carbohidratos de la ingesta, los cuales se involucran en el proceso de demineralización de la superficie dental.

Los materiales restauradores pueden influenciar la cantidad de STREPTOCOCCUS mutans en la placa y pueden afectar su adhesión al sustrato dental. Ejemplo de esto son los cementos de ionómero de vidrio (CIV), que se caracterizan por su continua liberación de flúor. Los CIV proveen una alta protección contra el ataque de la caries. Así será el material de elección en los pacientes con caries activa y elevadas tasas de recurrencia cariosa. Las propiedades antimicrobianas son reconocidas para el material; sin embargo, los mecanismos de acción nunca han sido totalmente aclarados.

Este artículo resume las principales teorías que se conocen sobre la biocompatibilidad y los mecanismos antibacterianos propuestos para el CIV.

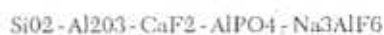
* Profesora Auxiliar, Depto. de Estomatología, Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali - Colombia.

INTRODUCCION

Los CIV fueron desarrollados por Wilson y Kent en 1971. Este material ha sido utilizado en diversas aplicaciones clínicas, que incluyen restauración de lesiones cervicales, bases cavitarias, cementación de coronas.¹

Los CIV están compuestos de polímeros y copolímeros de ácido acrílico, con un vidrio aluminio silicato preparado a alta temperatura junto con fluoruros.²

La composición original del polvo de los cementos de silicato usados en la fabricación de los CIV se basó en la siguiente fórmula:



A su vez los CIV contienen un alto porcentaje de aluminio en forma de sales.³

Una propiedad primordial de los ionómeros de vidrio es su habilidad para liberar flúor; los CIV también poseen características antimicrobianas,⁴ y son considerados anticariogénicos.

Los investigadores piensan que la formación de placa bacteriana adyacente a estos materiales, puede ser disminuida a causa de la absorción de flúor por el esmalte y de la dentina.⁵

La naturaleza antimicrobiana de los ionómeros de vidrio también puede estar

relacionada con su bajo pH durante su manipulación y gelación.⁴ Maldonado, Swartzand Phillips, 1978⁶ encontraron que los cementos de ionómero de vidrio liberan una gran cantidad de flúor los primeros días después de colocados, y Forsten en 1977⁷ reportó que esta liberación de flúor supera a las descritas anteriormente para los cementos de silicato.

Muchos de los estudios realizados han mostrado que los ionómeros de vidrio (IV) pueden por sí mismos reducir la incidencia y severidad de la caries recurrente, debido a que la solubilidad del esmalte disminuye y el flúor liberado es tomado por la estructura dental adyacente.^{8,9,10}

Por otra parte, la caries dental es tan antigua como la especie humana,¹¹ y es una enfermedad producto de la destrucción del tejido duro de los dientes por acción de los microorganismos que colonizan la cavidad oral como lo propuso Miller hace 100 años.¹²

Los materiales dentales que por su composición interfieren con el metabolismo o adhesividad de la placa bacteriana podrían ser una alternativa eficaz para el control de esta patología como lo preconizó Black en 1908.¹³

Los ionómeros de vidrio son materiales en los cuales se intenta combinar su biocompatibilidad¹⁴ con sus mecanismos anticariogénicos.¹⁵

El propósito de este artículo es entonces revisar las propiedades antibacterianas de los cementos de ionómero de vidrio y ubicarlos dentro de un contexto determinado de biocompatibilidad.

La caries dental: ¿Enfermedad infecciosa?

Miller en 1890¹² presentó la teoría quimioparasitaria de la putrefacción dental, en donde afirmó que las bacterias orales que colonizan en los dientes eran responsables de la caries, desde ese entonces la caries dental ha sido vista como una enfermedad bacteriana.

Sin embargo, Miller erró en algunas observaciones importantes al desconocer que la cavidad oral alberga muchos ecosistemas diferentes. El no diferenció que las bacterias que viven en las fosas y fisuras eran ecológicamente diferentes de aquellas que están en las superficies bucales y linguales, o de aquellas que prosperan dentro del surco gingival, o en la bolsa periodontal; asumiendo que todas las bacterias orales eran odontopáticas.

El resultado de esta filosofía fue un modelo académico donde los odontólogos están relegados al papel de artesanos-técnicos, reparando el daño causado por el proceso de la enfermedad lo mejor que su habilidad lo permite, pero desvalidos para enfrentar esta patología desde un punto de vista científico.

Loesche en 1976¹⁵ promulgó la hipótesis específica de la placa, en donde se dice que un número limitado de microorganismos de la placa dental causa el proceso de la enfermedad.

Las consecuencias de esta suposición dan como resultado un giro completamente diferente, donde el diagnóstico resulta esencial y donde el odontólogo es consciente de hacer la restauración de las áreas afectadas con la eliminación de la infec-

ción que causa la lesión cariosa.

Dado que el diagnóstico de la infección es esencial en este modelo, necesitamos saber cuáles de los 200 o más microorganismos orales causan la enfermedad.

Los estudios reportan que dos de los microorganismos primarios involucrados en la caries son *STREPTOCOCCUS mutans* (*S. Mutans*) y *LACTOBACILO salivarius*.^{16-27,18,19} Clark, en 1924,²⁰ fue el primero en identificar el *S. mutans* en la caries de sus pacientes. Treinta y seis años más tarde, Fitzgerald y Keyes, en 1960,²¹ demostraron que este organismo era capaz de causar caries en Hamsters.

Los análisis de estos estudios y otras numerosas investigaciones han mostrado una conclusión aceptada universalmente por la cual en los humanos, la caries dental es una infección bacteriana mediada primariamente por el *S. mutans*.

Biocompatibilidad e inhibición bacteriana de los CIV

Los CIV poseen no solamente las mejores propiedades físicas y químicas de los elementos cementos dentales, también poseen buenas propiedades biológicas.^{22,23} Se ha sugerido que la irritación pulpar producida por los CIV es poca comparada con los cementos de policarboxilato y óxido de zinc eugenol.

La citotoxicidad de los ionómeros desaparece en el proceso de endurecimiento después de la mezcla, y no tienen efecto irritante sobre la pulpa vital después de endurecidos.

Lo anterior revela que los CIV son más biocompatibles que los demás cementos dentales, como el c. de fosfato de zinc.²⁴

Es necesario considerar en particular las diferencias significativas entre los CIV

y los cementos de policarboxilato. Los líquidos de ambos cementos son una solución acuosa de ácido poliacrílico; lo cual sugiere que la diferencia en la citotoxicidad de ambos cementos puede ser causada por algunos elementos del polvo.

De acuerdo con el reporte de Kawahara, y Mizuno, 1968^{15,28}, los cementos dentales convencionales han demostrado efectos irritantes sobre la pulpa, por lo cual se recomienda usar protector pulpar en cavidades profundas. Un ionómero de vidrio puede tener muy poco efecto irritante sobre el tejido pulpar. Además las respuestas pulpares pueden ser inducidas por irritación mecánica causada por presión de la obturación, por microfiltración marginal y por contaminación durante la preparación operatoria.

Una inflamación pulpar puede desarrollarse posteriormente a la aplicación de irritantes en el complejo dentino-pulpar en la misma forma que esa inflamación puede desarrollarse en otros tejidos.

La pulpa es frecuentemente sometida a injuria mecánica durante la preparación cavitaria y a injuria química con algunos materiales restauradores comúnmente usados en odontología. Los materiales restauradores estéticos contienen reactivos químicos que pueden causar respuesta biológica.

Los hallazgos de las experiencias en primates de Pameijer et al,²⁷ están de acuerdo con las experiencias de Tobías et al,²⁹ y Kawahara et al,²⁸ quienes examinaron los CIV utilizando los mismos métodos de observación, reportando efectos tóxicos al poco tiempo de preparados, pero esa toxicidad disminuye con el tiempo.

Se han hecho muchos postulados sobre por qué un CIV no tiene los mismos efectos irritantes sobre la pulpa dental, como sí los tiene un cemento de silicato; las razones podrían ser las siguientes:

- El ácido poliacrílico usado es mucho más débil que el ácido fosfórico.
- El ácido poliacrílico es un polímero y tiene un peso molecular mucho más alto. Esto limita su difusión a través de los túbulos dentinales hacia la pulpa.
- Hay una fuerte atracción electrostática entre los iones de hidrógeno y la cadena negativamente cargada del polímero y su disociación se hace más lenta que con los aniones simples tales como los fosfatos.

Las experiencias en primates,²⁷ también demostraron que los CIV fueron bien tolerados por la pulpa cuando se examinaron tres meses después de colocados. Considerando la poca o no existencia de factor irritante del material, se puede anticipar que el ionómero de vidrio demuestra un alto y deseable rango de biocompatibilidad cuando es correctamente utilizado en humanos.

Por otra parte, la contaminación bacteriana como un factor importante en la capacidad de cicatrización de una pulpa injuriada, ha sido claramente demostrada en las investigaciones con diferentes tipos de gérmenes.^{30,31}

Bränstrom en 1984³² informó que el daño pulpar es causado por las bacterias que quedan bajo la restauración, y no por el material restaurador. Las bacterias pueden multiplicarse también a partir de la capa de barro dentinario (smear layer) presente sobre las paredes de la cavidad preparada,³³ o entrar a través de la microfiltración marginal provenientes de la cavidad oral.

Según Mjör,³⁴ no hay evidencia de crecimiento bacteriano alrededor de los materiales de base que contienen óxido de zinc e hidróxido de calcio. Sugiere que debe hacerse una evaluación sistemática de las propiedades antibacterianas de los forros cavitarios y materiales de base, como

parte de la evaluación de sus propiedades biológicas.

Los estudios *in vitro*,⁴ mostraron que las zonas de inhibición bacteriana y hemólisis en el agar sangre, varían dependiendo de los diferentes tipos de microorganismos, así como de los diferentes tipos de cementos (linings), con los cuales se hicieron dichas experiencias. El Dycal Prisma R¹ por ejemplo no produce inhibición bacteriana mientras que por el contrario el CIV tiene un efecto pronunciado al producir inhibición del crecimiento bacteriano.

In vivo, el control de las enfermedades bacterianas se logra inhibiendo la implantación, colonización o actividad metabólica microbiana y aumentando las defensas y la resistencia de los tejidos orales.

Los factores de inhibición pueden derivarse de tejidos y secreciones del huésped, de la microflora normal, de las prácticas de la higiene oral, o de algunos materiales dentales que contienen flúor.

El cemento G.C. lining R² utilizado en estos estudios, fue el único cemento que mostró zonas de inhibición total sobre el crecimiento bacteriano, frente a todos los materiales que se examinaron, los cuales fueron inoculados con *STREPTOCOCCUS mutans* después de 48 horas de endurecimiento. Los cambios en el agar fueron bastante marcados y se formó un halo de inhibición de aproximadamente 22 mm.

La actividad antibacteriana del G.C. lining cement R² puede ser extremadamente importante *in vivo*.

En estudios sobre las propiedades antimicrobianas de los CIV, Scherer, et al³⁵ en 1980 comparan dichas propiedades entre los CIV de base o liners y los CIV tipo II (restauradores) y otros materiales restauradores como las amalgamas.

El cemento Durelon R³ (carboxilato), y el polvo de óxido de zinc, muestran las más grandes zonas de inhibición con el *S. mutans*, comparados con otros materiales. Todos los CIV producen zonas de inhibición bacteriana y se destaca el Shofu liner R⁴ y el Shofu tipo II, R⁴ produciendo las zonas de inhibición más extensas.

Todos los materiales restauradores utilizados en el estudio produjeron zonas de inhibición con el *ACTINOMYCES viscosus*, excepto el Visio Fil R⁵ (0.0). Las zonas de inhibición producidas por los materiales en contacto con *STREPTOCOCCUS salivarius* fueron así:

- Los CIV de base variaron de 0.0 hasta 5 mm (G.C. y Shofu lining) R⁴

Con el *LACTOBACILLUS salivarius*, los resultados fueron variables:

- Los CIV produjeron zonas de inhibición bacteriana en rangos de 0.0 hasta 2.5 mm.

En resumen, todos los CIV produjeron zonas de inhibición bacteriana en este estudio, y por consiguiente mostraron propiedades antimicrobianas; de donde se dice que la inhibición bacteriana producida por los CIV de base o liners, puede ser atribuida al óxido de zinc que se encuentra en sus componentes, o a su habilidad para liberar flúor. También debe anotarse que los cationes, tales como el zinc, el calcio o el magnesio, tienen un potencial específico en la efectividad de la inhibición bacteriana.³⁶

La actividad antimicrobiana del ionómero puede entonces estar relacionada tanto con el pH bajo el material antes de su endurecimiento, como con su alto contenido de flúor.

A pesar de las características biológicas del compuesto, resulta adecuado aclarar que en la actualidad los IV presentan resistencia a ser usados por los odontólogos a

en 1939;⁵⁷ Bibby y Van Kesteren en 1940,⁵⁸ reportaron esta inhibición en cultivos puros de *STREPTOCOCCUS* y *LACTOBACILUS* orales. Hay numerosas evidencias a nivel experimental sobre la influencia del flúor en el metabolismo glicídico de la placa bacteriana. En resumen, el efecto directo del fluoruro sobre la enolasa disminuye el flujo glicolítico, reduciendo los niveles de ATP, indispensables en el metabolismo energético de las bacterias.

2. Transporte de azúcares: Varios investigadores^{59,60} demostraron en *STREPTOCOCCUS salivarius* que la formación de glucosa 6P es inhibida por el fluoruro, y como la fosfotransferasa no es inhibida,⁶¹ se cree que el sistema se afecta por la reducción en la disponibilidad de fosfoenolpirúvico para el transportador; ya que la glucosa es transportada hacia la célula

lula bacteriana.⁶² También se ha demostrado la inhibición directa del fluoruro sobre la H⁺/ATPasa, bomba protón motiva.^{63,64}

4. Formación y degradación de polisacáridos: Se sabe que las bacterias orales sintetizan polisacáridos intra y extracelulares cuando existen niveles altos de glucosa y los degradan cuando hay necesidades energéticas apremiantes. Kanapka en 1971⁵⁹ demostró en estudios con *STREPTOCOCCUS salivarius* que la enzima glicógeno sintetasa no es directamente inhibida por el fluoruro, concluyendo que la inhibición observada en estudios anteriores se debía a bajos niveles de ATP y glucosa 6P.

5. Otros procesos: Se ha demostrado que el fluoruro reduce el contenido celular del peptidoglican al aumentar su recambio

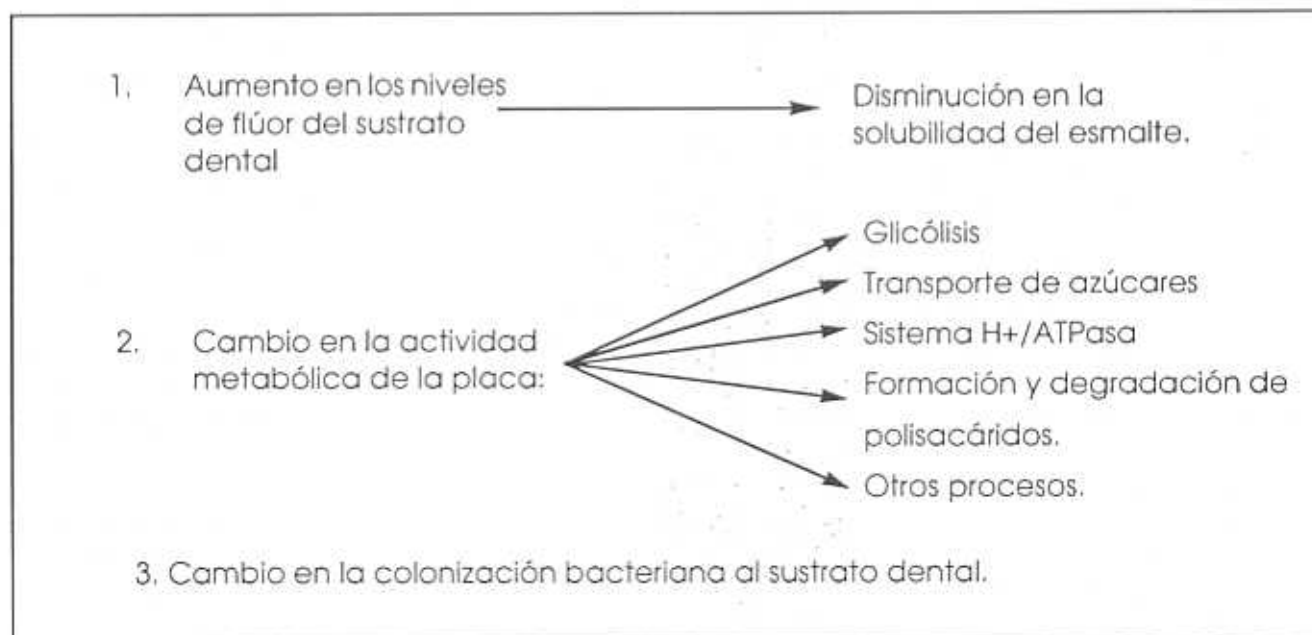
do con el efecto del fluoruro sobre el flujo de fosfato de la célula, se cree que contribuye a la remineralización del esmalte.

Una cuantificación del flúor liberado de una obturación de tamaño medio realizada con IV, basada en estudios in vitro, mostró que aproximadamente 0.075 mg. son liberados durante los primeros 7 días. Después de un año, este valor se reduce a 0.005 mg. por semana.⁶⁶

También se ha mostrado que hay una alta captación de flúor por parte del esmalte y la dentina alrededor de las obturaciones con IV, lo cual previene la desmineralización del esmalte adyacente y cambia el tipo y cantidad de bacterias que habitan en la superficie de la obturación con IV.^{67,68,69}

Hay también observaciones que indi-

CUADRO N°. 1 Mecanismos Anticariogénicos Propuestos para los Ionómeros de vidrio.



bacteriana por el sistema fosfoenolpirúvico fosfo-transferasa,

3. El sistema H⁺/ATPasa: En las bacterias acidogénicas y acidúricas, la ATPasa es esencial en el mantenimiento de la homeostasis del pH dentro de la cé-

lula bacteriana y en algunos casos puede inducir la autólisis bacteriana de la flora oral.⁶⁵ También se conoce el efecto inhibitor del fluoruro sobre las fosfatasa, pirofosfatasa y fosforilasa. Se ha demostrado que el fluoruro es un potente inhibidor de la fosfatasa ácida en *S. mutans* lo que agrega-

can que los IV pueden absorber flúor del medio circundante, como por ejemplo el fluoruro contenido en las cremas dentales.⁶⁹

Posibles aplicaciones terapéuticas de los IV.

Diversas aplicaciones clínicas se han sugerido para los ionómeros de vidrio, incluyendo restauraciones de zonas erosionadas en la región cervical; cavidades pequeñas de III clase; sellado de fosas y fisuras; cementación de aparatos protésicos y ortodónticos y como materiales de base.

Teóricamente los CIV deben poseer ciertas características semejantes a las de los cementos de silicato y a las de los cementos de policarboxilato. Por ejemplo, el cemento debe poseer la capacidad de adherirse a la estructura dental, como lo hace el cemento de policarboxilato. Si el CIV se adhiere a la estructura dental, y si esta unión es mantenida indefinidamente, se aumenta el potencial de inhibir la microfiltración marginal.

Como los cementos de ionómero de vidrio contienen fluoruro, se habla también de su potencial anticariogénico, debido a la subsecuente reducción en la solubilidad del esmalte. Esta posibilidad ofrece un buen argumento para incorporar fluoruros en los materiales dentales. Sin embargo, una buena técnica es importante, así como una adecuada manipulación en el uso de los IV, para reducir la desadaptación marginal que se traduce en microfiltración y para optimizar las propiedades físicas de estos materiales.

Infortunadamente el uso de los IV como materiales restauradores se ha limitado a causa de su baja resistencia comparado con otros materiales y por su facilidad de desgaste en zonas de contacto oclusal.

Hoy en día los IV son cuestionados como materiales restauradores por sus propiedades físicas relativamente pobres, pero deben tenerse en cuenta por su capacidad liberadora de flúor, que se traduce en la reducción de la severidad e incidencia de la caries.

Su aplicación clínica específica será para pacientes con caries radiculares o cavidades de V clase, pacientes con pobre higiene o alto índice de caries.

Para evitar las deficiencias en las propiedades físicas de los IV, específicamente las relacionadas con su baja resistencia, se han fabricado los ionómeros tipo V "Silver cernets", los cuales se indican en la reconstrucción de muñones protésicos y en odontopediatría, porque a pesar de liberar flúor en menor cantidad, poseen mayor resistencia. Por otra parte, la liberación prolongada de flúor de los CIV utilizados para cementación de bandas o mantenedores de espacio es especialmente recomendada en los niños con una higiene oral deficiente y a quienes deben colocarse aparatos ortodónticos.

Una ventaja exclusiva de los IV es su capacidad para ser grabados con ácido, lo cual es especialmente benéfico cuando se usa la técnica de sandwich bajo las resinas compuestas.^{59, 70, 71, 72}

Dado que los CIV son menos estéticos que las resinas compuestas, esta técnica se utiliza mucho actualmente, especialmente en cavidades de V clase en dientes anteriores, ya que en esta técnica se combinan la fuerte adhesión a la dentina y la liberación de flúor de los CIV; con la estética y capacidad de pulido de la resina compuesta. Numerosos estudios recientes han reportado una fuerte capacidad de adhesión y una baja microfiltración como resultado de adaptación de la resina compuesta a la superficie grabada microrretentiva del IV.^{73, 74, 75, 76, 5}

La microfiltración marginal asociada a los IV puede ser reducida, evitando así la sensibilidad postoperatoria, si la restauración es cubierta con una capa de resina líquida y polimerizada rápidamente.⁷⁷

Se cree que las fallas en las obturaciones con IV se deben a manipulación inadecuada, o a la falta de capacidad para darle una

adecuada textura superficial.

En los estudios realizados en humanos recientemente,^{78, 79} no se ha reportado ningún caso de sensibilidad postoperatoria en cavidades de III clase. En un estudio designado para evaluar los efectos del pulido inmediato de las restauraciones con IV, no se reportaron problemas de sensibilidad.⁸⁰

Powell en 1990⁸¹ hizo un seguimiento a 108 obturaciones de V clase y erosiones restauradas con IV. La sensibilidad fue estudiada en detalle y no se encontró ningún caso de sensibilidad al frío o al calor en dientes anteriores, los dientes posteriores reportaron algún tipo de sensibilidad al frío.

En resumen, los cementos de ionómero de vidrio tienen una serie de desventajas clínicas que limitan su aceptación, pero tienen otros beneficios que no poseen los demás materiales restauradores.⁸²

Las resinas compuestas son los materiales estéticos más utilizados en el momento, pero los IV pueden ser una alternativa para restauración de dientes anteriores en cavidades de III y V clase, o en odontopediatría para cavidades de I y II clase; utilizados con aleaciones metálicas (cernets).

Los IV continúan teniendo limitaciones para su uso en dientes permanentes posteriores, particularmente donde hay trabajo oclusal.

En el cuadro No. 2 se pueden observar las aplicaciones clínicas de los CIV.

CONCLUSIONES

1. Las observaciones presentes sugieren que la alta actividad cariogénica asociada con la presencia de un alto porcentaje de microorganismos cariogénicos, puede ser el factor común que determine la frecuencia con que deben colocarse restaura-

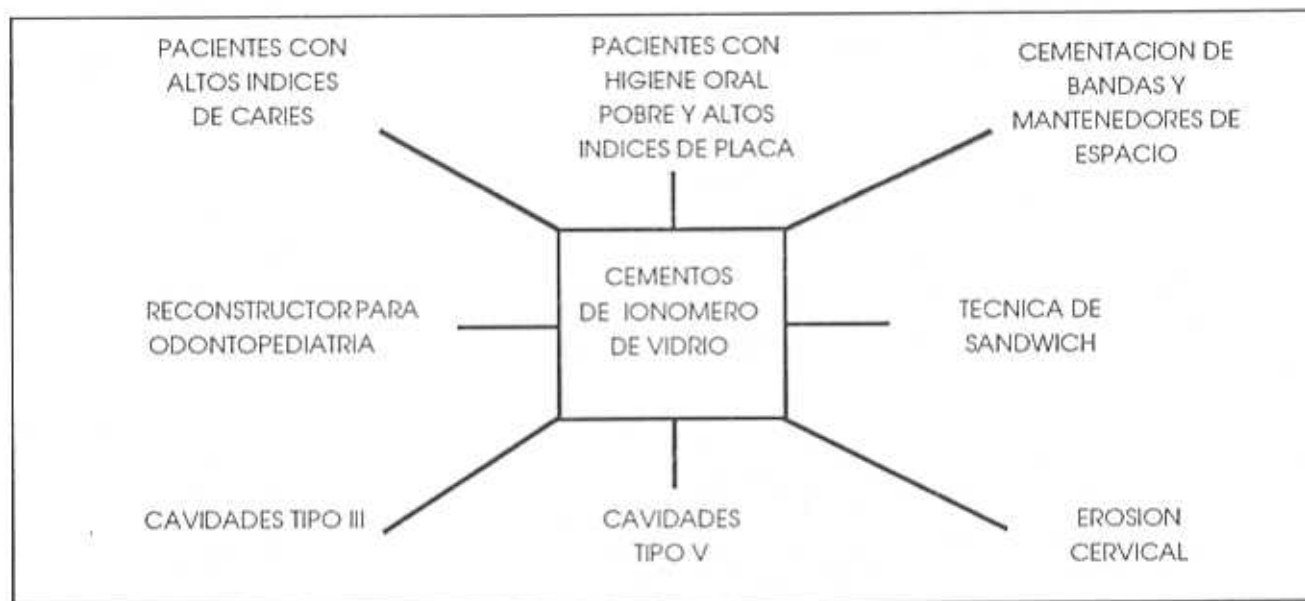
ciones en la cavidad oral, y a su vez la frecuencia con que estas fracasan. Actualmente poseemos la tecnología para diagnosticar y controlar la caries dental, para llegar a ser más que artesanos y técnicos como Black lo concibió.

colonización bacteriana al sustrato dental.

4. La biocompatibilidad del material lo indica para ser utilizado en cavidades de profundidad media como material de base

6. Se piensa que los reportes sobre sensibilidad postoperatoria tienen que ver con la manipulación, pero una buena técnica es extremadamente importante para minimizar cualquier efecto y optimizar su

Cuadro No. 2 Aplicaciones clínicas de los Ionómeros de Vidrio.



2. Los hallazgos recientes plantean que por períodos prolongados de tiempo, la placa bacteriana que induce caries es recurrente y puede ser encontrada en menor cantidad sobre las restauraciones con IV que sobre las restauraciones con amalgama o resinas compuestas. Las evidencias demuestran una disminución en la incidencia y recurrencia de la caries dental cuando estos materiales se utilizan clínicamente.

3. En los cementsos de ionómero de vidrio la biodegradación se presenta como el proceso de desintegración gradual de la capa superficial, mediado por una actividad biológica específica, a través de la cual se liberan cantidades de elementos de la masa. De los elementos liberados, el flúor es el más interesante, y se sabe que previene la caries por varios mecanismos propuestos: 1. Aumento en los niveles de flúor del sustrato dental. 2. Cambio en la actividad metabólica de la placa. 3. Cambio en la

pulpar. En cavidades profundas es necesario el uso de materiales protectores pulpares antes de colocar un CIV.

5. En oposición a la baja resistencia abrasiva y pobre estética de los CIV, éstos han sido favorecidos con su habilidad para adherirse al esmalte y a la dentina, además de su capacidad para liberar flúor sobre la superficie dentaria. Además los CIV tipo II y tipo IV han demostrado su efecto antibacteriano con todos los microorganismos examinados en las investigaciones; y se sabe que los IV curados por luz, muestran mejor liberación de flúor.

El grado de actividad antimicrobiana de los CIV puede entonces ser relacionado tanto con su pH bajo antes del endurecimiento, como con su alto contenido de flúor. La alta sensibilidad mostrada por el *S. mutans* con estos cementsos puede reflejar su grado de actividad antimicrobiana.

uso clínico.

7. Hoy en día hay un marcado interés por los materiales que poseen la capacidad de liberar flúor, entre ellos los CIV. Este material tiene muchas limitaciones para su uso clínico, debidas a sus propiedades físicas pobres; sin embargo, pueden ser usados con éxito en situaciones clínicas específicas, donde pueden ejercer un efecto inhibitorio en la frecuencia y severidad de la caries dental y en prevención de su recurrencia.

SUMMARY

STREPTOCOCCUS mutans is the bacterial species best associated to fossa and fissure caries in humans. This organism is part of the dextran development, which helps the bacterial plaque to gather and organize.

It also produce acids when the ingesta carbohydrates unfold during the desmineralization process of the dental surface.

The restoring materials may influence the amount of *S. mutans* in the plaque and may also effect its adhesion to the dental substrate. This may be evidences by the glass ionomer cements, characterized by their constant fluor release. The glass ionomer cements provide great protection against caries attack. They could, therefore, be the ideal material for patients with active caries and high rates of carious recurrence.

The antimicrobiological properties are known for the material. However, the acting mechanism have never been completely clarified.

This article summarizes the main theories know regarding biocompatibility and the antibacterial mechanisms proposed for glass ionomer cements.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. MOUNT, G. J. The use of glass ionomer cements in clinical practice. *Dental Outlook*, 8:37-44, March 1982.
2. WILSON, A.D. and KENT, B.E. A New Translucent Cement for Dentistry. *Br. Dent. J.*, 132:133-135, 1972
3. CRISP, et al: Glass ionomer cements: chemistry of erosion. *J. Dent. Res.* 55:1032-1041, 1976
4. McCOMB, D & ERICSON, D: Antimicrobial action of new, proprietary lining cements. *J. Dent. Res.* 66:1025-1028, 1987
5. MOUNT, G.J. Glass ionomer cements: clinical considerations *Clinical Dentistry*, 4:4-5, 1984.

6. MALDONADO, A.; SWARTZ, M.L. & PHILLIPS, R.W. An *in vitro* study of certain properties of a glass ionomer cement, *J.A.D.A.* 96:785-791, 1978
7. FORSTEN, L. Fluoride release from a glass ionomer cement *Scandinavian J. Dent. Res.* 85: 503-504, 1977.
8. PAFFENBARGER, G.C.; NELSEN, R. J. & SWEENEY, W.T. Direct and indirect filling resins: a review of some physical and chemical properties. *J.A.D.A.*, 47: 516-524, 1953.
9. NORMAN, R.D.; PHILLIPS, R.W. & SWARTZ, M.L. Fluoride uptake by enamel from certain dental materials. *J.Dent. Res.* 39: 11-16, 1960.
10. HALS, E & NORDENVAL, I.T. Histopathology of experimental *in vivo* caries around silicate fillings. *Acta Odontologica Scandinavica*, 31: 357-367, 1963.
11. KEENE, H. J. History of dental caries in human populations: the first million years. *Proceedings of Symposium of animal models in cariology. Microbiology Abstracts*, pp 23-40, 1981.
12. MILLER, W.D. The micro-organisms of the human mouth Philadelphia: SS White, 1890.
13. BLACK, G.V. A work on Operative Dentistry, Vol. 1, The Pathology of the Hard Tissues of the Teeth. Chicago, Médico Dental Publishing, 1908.
14. McCOMB, D. Retention of castings with a glass ionomer cement, *J. Prosthet. Dent.*, 48: 285-8, 1982.
15. LOESCHE, W.J. Chemotherapy of Dental Plaque Infections, *Oral Sciences Reviews*, 9:63-107, 1976.
16. DE STOPPELAAR, J.D.; VAN

HOUTE, J. & BACKER DIRKS, O. Relationship between extracellular polysaccharide producing *Streptococci* and smooth surface caries in 13 year old children, *Caries Research*, 3: 190-199, 1969.

17. LOESCHE, W. J. & STRAFFON, L.H. Longitudinal investigation of the role of *STREPTOCOCCUS mutans* in human fissure decay, *Infection and Immunity*, 26: 498-507, 1979.
18. CARLSSON, J. GRAHNEN, H. & Johnsson, G. Lactobacilli and *Streptococci* in the mouth of children, *Caries Research*, 9:333-339, 1975.
19. KEENE, H.J. & SHKLAIR, I.L. Relationship of *STREPTOCOCCUS mutans* carrier status to the development of carious lesions in initially caries free recruits, *J. Dent. Res.*, 53: 1295, 1974.
20. CLARK, J.K. On the bacterial factor in the aetiology of dental caries, *British J. of Experimental Pathology*, 5: 141, 1924.
21. FITZGERALD, R.J. & Keyes, P.H. Demonstration of the etiologic role of *STREPTOCOCCI* in experimental caries in the hamster, *J.A.D.A.*, 61: 9-19, 1960.
22. KAWAHARA, H.; IMANISHI, Y.; OSHIMA, H & TOMIOKA, K. Fuji Glass Ionomer for Dental Use, Program and abstracts of papers, 24th annual meeting of the Japanese Division of IADR, 1976.
23. KENT, B.E. LEWIS, B.C. & WILSON, A.D. The properties of a glass ionomer cements, *Brit. Dent. J.*, 135: 322-326, 1973. *J. Dent.*
24. KAWAHARA, H. Biological test of dental materials and therapeutics (*in vitro*), *Jap. J. Oral. Biol.*, 14

supplement: 153-154, 1973.

25. KAWAHARA, H.; YAMAGAMI, A. & NAKAMURA, M. Biological testing of dental materials by means of tissue culture, *Int. Dent. J.*, 18: 443-467, 1968.
26. MIZUNO, Y. Analytical study on the cytotoxicity of dental cements by means of tissue culture, *J. Osaka Odontol. Soc.* 32: 48-57, 1969.
27. PAMEIJER C.H.; SECGAL E. RICHARDSON, J. Pulpal response to a glass ionomer cement in primates, *J. Prosthet. Dent.* 46:36-40, 1981.
28. TOBIAS R.S.; BROWN R.M.; PLANT, C.G. et al. Pulpal response to a glass ionomer cement, *Br. Dent. J.*, 144: 345-50, 1978.
29. KAWAHARA H.; IMANISHI, Y & OSHIMAH. Biological evaluation on glass ionomer cement, *J. Dent. Res.*, 58(3): 1080-1086, 1979.
30. KAKEHASHI, S.; STANLEY, H. R. & FITZGERALD R. J. The effects of surgical exposures of dental pulp in germ free and conventional laboratory rats, *Oral Surg.* 20: 340-49, 1965.
31. PATTERSON, R. C. Bacterial contamination and the exposed pulp, *Br. Dent. J.*, 140: 231-236, 1976.
32. BRANSTROM, M. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. A morphologic study on dog and man, *Operative Dentistry*, 9: 57-68, 1984.
33. BRANSTROM, M. & NYBORG, H. Cavity treatment with a microbial fluoride solution: Growth of bacteria and effect on the pulp, *J. Prosthetic Dent.*, 30: 303-310, 1973.
34. MJÖR, I. A.; HENSTEN-PETTERSEN, A.; SKOGEDAL, O. Biologic evaluation of filling materials. A comparison of results using cell culture techniques, implantation tests and pulp studies, *Int. Dent. J.*, 27: 124-129, 1977.
35. SCHERER, W.; LIPPMAN, N. KAIM J. Antimicrobial properties of glass ionomer cements and other restorative materials, *Operative Dentistry*, 14: 77-81, 1989.
36. WINSLOW, C. E. & HAYWOOD, E.T. The specific potency of certain cations with reference to their effect on bacterial viability, *Journal of Bacteriology*, 22: 49-69, 1931.
37. GRAVER, H. T.; ALPERSTEIN, K. & TROWBRIDGE H. Microleakage of castings cemented with glass ionomer cements, *J. Dent. Res.*, 65 Abstracts of papers, p. 253, abstract 751, 1986.
38. PHILLIPS, R.W.; SWARTZ, M.L. LUND M.S.; MOORE B.K. & VICKERY, J. In vivo desintegration of luting cements, *J.A.D.A.*, 114: 489-492, 1987.
39. PATTERSON, R.C. & WATTS, A. Caries bacteria, the pulp and plastic restorations, *Br. Dent. J.*, 151: 54-58, 1981.
40. EMILSON, C. G. & KRASSE B. Support for and implications of the specific plaque hypothesis, *Scand. J. Dent. Res.*, 93: 96-104, 1985.
41. MJÖR, I.A. Placement and replacement of restorations, *Operative Dentistry*, 6: 49-54, 1981.
42. QVIST V.; THYLSTRUP A. & MJÖR, I.A. Restorative treatment pattern and longevity of resin restorations in Denmark, *Acta Odontologica Scand.* 44: 351-356, 1986b.
43. WILSON, A. D. & McLEAN, J. W. Clinical uses in: Glass ionomer cement Chicago, Il: Quintessence Publishing Co. Inc., pp. 131-132, 1988.
44. SVANBERG, M. MJÖR, I.A.; ORSTAVIK, D. Mutans STREPTOCOCCI in plaque from margins of amalgam, composite and glass ionomer restorations, *J. Dent. Res.*, 69: 861-864, 1990.
45. SVANBERG, M.; JACOBSON, C. & HAGER, B. STREPTOCOCCUS mutans, LACTOBACILLI, and STREPTOCOCCUS sanguis in plaque from abutment teeth of cemented and loose retainers, *Caries Res.* 21: 474-480, 1987.
46. ELDERTON, R. J. The cause of failure of restorations: A literature review, *J. Dent.*, 4: 257-262, 1976.
47. WALSS A. W. G. Glass Polyalkenoate (Glass Ionomer) Cements: A review, *J. Dent.* 14: 231-246, 1986.
48. SWARTZ, M. L.; PHILLIPS, R. W. & CLARK H. E. Long-term fluoride release from glass ionomer cements, *J. Dent. Res.*, 63: 158-160, 1984.
49. RETIEF, F. H.; BRADLEY, E. L.; DENTON, J. C. & Switzer P. Enamel and cementum fluoride uptake from a glass ionomer cement, *Caries Research*, 18: 250-257, 1984.
50. KUHN, A. T.; WILSON, A. D. The dissolution mechanisms of silicate and glass ionomer dental cements, *Biomater*, 91: 378-382, 1985.
51. DERKSON, G.D.; POON, P. J. & RICHARDSON, A. S. Fluoride release from a silicophosphate cement with added fluoride, *J. Dent. Res.*, 61: 660-664, 1982.
52. KUHN, A. T. & JONES, M. P. A model

- for the dissolution and fluoride release from dental cements, *Biomaterials Medical Devices, Artificial Organs*, 10: 281-293, 1982.
53. SHANNON, I.L. Comparison of orthodontic cements containing sodium fluoride or stannous fluoride, *American J. of Orthodontics*, 78: 640-645, 1980.
54. SWARTZ, M. L.; PHILLIPS, R.W.; CLARK, H.E.; NORMAN, R.D. & POTTER, R. Fluoride distribution in teeth using a silicate model, *J. Dent. Res.*, 59: 1596-1603, 1980.
55. MIRTH, D. B.; ADDERLY, D.D.; MONELL TORRENS, E. et al: Comparison of the cariostatic effect of topically and systemically administered controlled-release fluoride in the rat, *Caries Research*, 19: 466-474, 1985.
56. DE ECHEVERRY, M. T. Efectos bioquímicos del flúor sobre bacterias orales, *Revista Estomatología*, 1 (2): 35, 1991.
57. LOHMAN, K.; MEYERHOF, O. *Biochem Z*, 273: 60-72, 1934.
58. BIBBY, B. G.; VAN KESTEREN, M. *J. DENT. Res.*, 19: 391-402, 1940.
59. KANAPKA, J. A. ; HAMILTON, I.R. *Arch. Biochem. Biophys.*, 146: 167-174, 1971.
60. HAMILTON, I.R. *Caries Research*, 11 (suppl 1): 262-291, 1977.
61. SCHACHTELE, C. F. ; MAYO, J. A. J., *Dent. Res.*, 52: 1209, 1973.
62. KOBAYASCHI, H. Sugar transport and metabolism by Gram-Positive Bacteria; J. Reizar & A Peterkofsky Eds. Chichester, England, Ellis Horwood, 1978.
63. MARQUIS, R. E. *J. Dent. Res.*, 56: 704, 1977.
64. SUTTON, S.V.W.; BENDER, G.R. & MAARQUIS R.E. *Infect. Immun.*, 55: 2597-2603, 1987.
65. LESHER, R. J.; BENDER, G.R. MARQUIS R.E. *Antimicrobial Agents Chemother*, 12: 339-349, 1977.
66. FORSTEN, L. Tandfyliningsmaterial, 7, Abo Universitet, Finland, 1990.
67. FORSS, H. ; SEPPA, L. Prevention of en Amel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials, *Scand J. Dent. Res.*, 98: 173-178, 1990.
68. FORSTEN, L. Fluoride release and uptake by glass ionomers, *Scand J. Dent. Res.*, 99: 241-245, 1991
69. McLEAN, J.W. & WILSON A.D. The clinical development of the glass ionomer cements II: Some clinical applications, *Aust. Dent. J.*, 22: 120-7, 1977.
70. GORDON, M.; PLASSCHAERTA, J.M.; SOELBERG K. B. & BOGDON M.S. Microleakage for composite resins over a glass ionomer cement base in Class V restorations, *Quintessence Int.* 16: 817-820, 1985
71. GARCIA-CODOY, F. The preventive glass ionomer restoration, *Quint. Int.*, 17: 617-19, 1986.
72. BITTER, N.C. Glass ionomer microfil technique for restoring cervical lesions, *J. Prosthet. Dent.*, 56: 661-662, 1986.
73. McLEAN, J.W.; CASSER, O. Glass cermets cements, *Quint. Int.* 5: 333-43, 1985.
74. SNEED, W. D. ; LUPER, S.W. Shear bod strength of a composite resin to an etched glass ionomer, *Dent. Mater.*, 1: 127-8, 1985.
75. WELSH, E. L. & HEMBREE, J. H. Micro leakage of the gingival wall with four Class V anterior restorative materials, *J. Prosthet. Dent.*, 54: 370-372, 1985.
76. HINOURA, K.; MOORE, B.K. & PHILLIPS R.W. Tensile bond strength between glass ionomer cements and composite resins, *J.A.D.A.* 114: 167-172, 1987.
77. GUELMANN, M.; FUKSA, B.; HOLAN, G.; GRAJOWER R. Marginal leakage of class II glass ionomer silver restorations, with and without posterior composite coverage: An in vitro study, *J. Dent. Child.*, 56: 277-282, 1989
78. OSBORNE, J.W.; BERRY, T.C. Clinical assessment of glass ionomer cements, *Dent. Mater.*, 2: 147-150, 1986.
79. OSBORNE, J.W.; BERRY, T.C. 3-year clinical evaluation of glass ionomer cements as Class III restorations, *Am. J. Dent.*, 3: 40-43, 1990.
80. MATIS, B.A.; COCHRAN, M.; CARLTON, T. et al.: Clinical evaluation and early finishing of glass ionomer restorative materials, *Operative Dentistry*, 13: 74-80, 1988.
81. POWELL, L. V.; GORDON, G.E.; JOHNSON, G.H. Sensitivity of restored Class V abrasion/erosion lesions, *J.A.D.A.*, 121: 694-696, 1990.
82. HUNT, P. R. Microconservative restorations for approximal caries lesions, *J.A.D.A.*, 120: 37-40, 1990.
83. MITRA, S.B. In Vitro Fluoride Release from a Light Cure Glass Ionomer, *J. Dent. Res.*, 70: 75-8, 1991.

R¹: L.D. Caulk
R²: G.C. Fuji
R³: Premier Dent. Prod.
R⁴: Shofu D.C.
R⁵: Espe