



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**CARACTERÍSTICAS BIOACTIVAS DE LOS  
GIOMEROS.**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

CYNTHIA ITZEL HERNANDEZ MORALES.

TUTOR: Dr. MIGUEL ANGEL ARAIZA TÉLLEZ.

Ciudad Universitaria, CD.MX.

2021



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.

## Agradecimientos

Doy gracias a Dios por permitirme estar de inicio a fin en la excelsa Facultad de Odontología UNAM.

A mis profesores y amigos por el gran apoyo que me han brindado en este camino lleno de retos, sacrificios, de mucho esfuerzo y dedicación.

A cada uno de mis pacientes que ponían su salud bucal en mis manos.

A mis padres Leticia Morales Correa y Víctor Hernández Silva que son mis pilares para que lo que ayer era un sueño, hoy se pudiera hacer realidad.

Gracias por dar todo por sus hijos, por impulsarme hacia delante, por apostar todo por mí, por darme lo más valioso en mí vida que fue la educación.

A mis hermanos Giovanni Hernández y Andrea Hernández por la paciencia que me tuvieron y el apoyo infinito durante mi carrera, siempre estaré para ustedes.

Agradezco a mí abue, mis tías, mis tíos y mis primos la familia más hermosa que puedo tener, que cada uno me brindó su apoyo con oportunidad de poner su sonrisa en mis manos, dándome su mano con algún consejo, o apoyándome económicamente todos ustedes son mí fuente de inspiración.

Agradezco al estimado Dr. Miguel Araiza por acompañarme en este último escalón, llevándome de la mano gracias a su gran experiencia para poder realizar este trabajo.

Y a la compañía Shofu por la cual mi vida ha cambiado, por confiar en mí y apoyarme cuando decidí inspirarme en Giomeros para realizar este trabajo.

¡Lo logramos! Mí logro se los dedico, que sin ustedes no sería posible.

“Mi Jesús, tú eres bueno hasta permitir una misericordiosa mirada que caiga sobre mí. Busco tú misericordia con todo mí corazón, yo espero en tu bondad y no dejaré de estar en tú presencia hasta que sepa que esa mirada ha venido sobre mí” -Gracias Mamá Ela

# Índice

<b><i>Agradecimientos</i></b> .....	<b><i>i</i></b>
<b><i>Introducción</i></b> .....	<b><i>3</i></b>
<b><i>1. Conceptos generales</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
1.1 Placa dentobacteriana .....	4
1.2 Saliva .....	4
1.3 Caries .....	5
1.4 Proceso de desmineralización .....	7
1.5 Materiales bioactivos.....	8
1.6 Fluoruros .....	10
1.7 Ionómero de Vidrio.....	10
<b><i>2. Giomeros</i></b> .....	<b><i>11</i></b>
2.1 Liberación de iones .....	14
2.2 Actividad antibacteriana .....	20
2.3 Neutralización de ácidos .....	25
2.4 Remineralización .....	29
2.5 Efecto protector ante la desmineralización .....	30
2.6 Capacidad de recarga de fluoruro .....	35
<b><i>3. Conclusiones</i></b> .....	<b><i>37</i></b>
<b><i>4. Referencias</i></b> .....	<b><i>38</i></b>

## Introducción

Los materiales dentales juegan un papel primordial para cumplir el objetivo basado en el restablecimiento de la función, la estética y la morfología dental. Existe una gran variedad de productos en el mercado con propiedades y aplicaciones distintas en el uso clínico, así como también son diferentes en la manera de utilizarlos. Comúnmente los materiales de restauración que utilizamos se limitan únicamente a restaurar el área deseada, suelen no tener ningún efecto biológico en beneficio a la salud. Inclusive, se ha reportado que las resinas tienen un punto en contra cuando se trata de la adherencia de placa dentobacteriana.

La mayor responsabilidad de prevención recae en el paciente, al tener que acudir periódicamente a revisiones odontológicas y realizar sus métodos de higiene de manera adecuada

Actualmente gracias al gran avance tecnológico y la alta competencia en el mercado odontológico, se llegó a la fabricación de ciertos materiales con propiedades bioactivas que pueden no sólo ayudar cumplir con restablecer la función, estética y morfología, sino que tienen una función biológica extra de prevenir y/o erradicar ciertas enfermedades orales actuando en tejidos duros y blandos, las bacterias y la saliva.

Por mencionar uno de esos avances tecnológicos en materiales dentales presentamos en el siguiente trabajo las características bioactivas de los Giomeros, tecnología patentada por la compañía Shofu™, que llama la atención internacionalmente por su capacidad de aportar propiedades terapéuticas a los materiales de recubrimiento y restauración.

Por lo tanto, con la implementación de estos materiales se espera que en la práctica clínica diaria se tenga un mejor éxito clínico.

## 1. Conceptos generales

### 1.1 Placa dentobacteriana

Según la Organización Mundial de la Salud, la biopelícula que cubre la superficie dental recibe el nombre de placa dentobacteriana, o biofilm dental. “Puede ser tanto saludable o como desarrolladora de enfermedades” (1) La biopelícula saludable esta conformada por más de 700 bacterias, donde menos del 1% son bacterias patógenas. La biopelícula ayuda a proteger contra infecciones por bacterias u otros patógenos. Por el contrario, para que la biopelícula favorezca a la colonización de microorganismos patógenos debe haber cambios en el medio intraoral para que esta biopelícula se adhiera a las superficies dentarias siendo la principal causa de acumulación de cálculo, enfermedades periodontales y caries.(2)

En la placa dentobacteriana se encuentran más de 300 especies bacterianas, el microorganismo más cariogénico es el *Streptococcus Mutans*, el cual es un coco *gram positivo*, que produce ácido láctico y tiene la capacidad de cambiar de pH 7 a pH 4.2. Fermenta glucosa, lactosa, rafinosa, manitol, inulina y salicina con la producción de ácido. Dentro de la placa dentobacteriana también podemos mencionar a la *Porphyromonas Gingivalis*, una bacteria gram negativa, responsable de la periodontitis, responsable de secretar proteasa y de la coagregación de otras bacterias como *Fusobacterium Nucleatum*. (3)

### 1.2 Saliva

Es una solución que contiene calcio y fosfato, flúor, proteínas, enzimas, agentes buffer, inmunoglobulinas y glicoproteínas.

La saliva participa en el efecto de ácido-base de la placa dentobacteriana y en su formación.

El pH salival varía según el bicarbonato presente, entre más concentración de bicarbonato, mayor es el pH.

Y cuando existe el fenómeno de bajo flujo salival el pH disminuye por debajo de 5-3. (4)

### 1.3 Caries

“La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido la caries dental como un proceso localizado de origen multifactorial que se inicia después de la erupción dentaria” (5) se caracteriza por destrucción localizada de los tejidos duros del diente resultado de un desequilibrio entre el diente y la placa que ocasiona una pérdida de minerales. Y es la enfermedad o proceso infeccioso crónico de mayor prevalencia en todo el mundo sin importar raza o género Fig.1



Fig. 1 Imagen de proceso de caries (6)

Para la formación de caries es necesario contar con una comunidad de múltiples microorganismos complejos presentes en la formación de la placa dentobacteriana, principalmente el *Streptococcus Mutans*,

*Lactobacillus spp* y *Actinomyces spp* ya que son los responsables de crear un ambiente oral ácido, mantener el pH bajo y tener la gran capacidad de adherencia a la superficie del diente.(4,7)

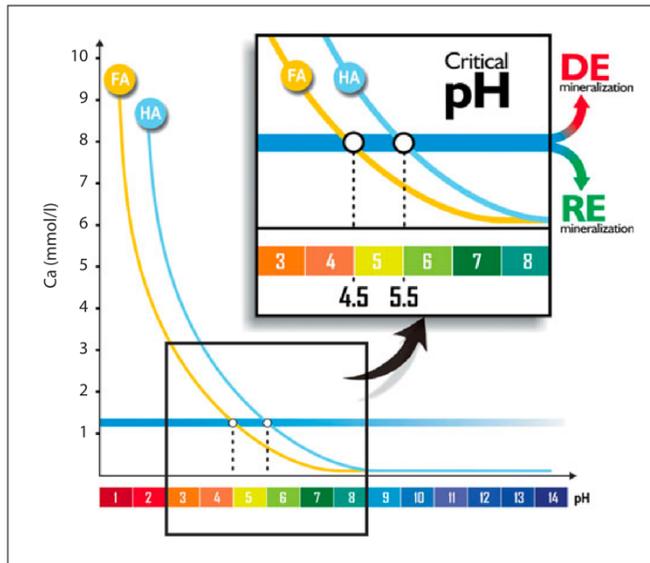


Fig. 2 Cambios de pH en el proceso de remineralización y desmineralización

La caries se observa en lesiones progresivas que si no se tratan aumentan de tamaño y profundidad hacia pulpa dental, terminando en dolor, necrosis y pérdida del diente. En proceso de caries se van dando periodos de desmineralización y remineralización, lo que es posible la reparación y prevención por lo tanto habría que enfocarnos en ese punto.(4,7)

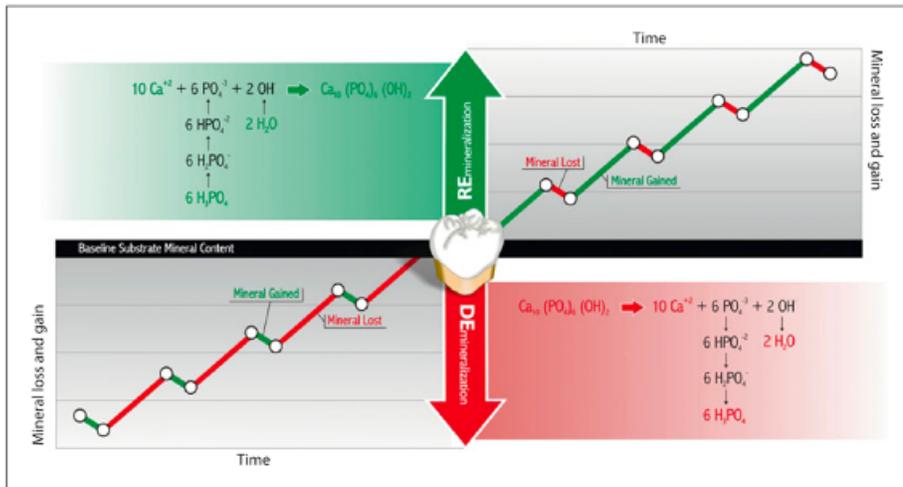


Fig. 3 Proceso de remineralización/Desmineralización (8)

#### 1.4 Proceso de desmineralización

Este proceso se da cuando hay un ambiente intraoral con pH de +/-5.5, la apatita carbonatada que forma los cristales del esmalte es disuelta en ácidos orgánicos producidos por las bacterias colonizadoras de la placa dentobacteriana. *Streptococcus Mutans* produce ácido láctico, ácido acético y ácido fórmico cuando metaboliza carbohidratos fermentables como la sacarosa, glucosa y fructuosa, estos ácidos están en contacto con el esmalte mediante la placa dentobacteriana “disociándose y liberando hidrogeniones, los cuales disuelven rápidamente el mineral del esmalte, generando calcio y fosfato, los cuales, a su vez, difunden fuera del esmalte” (2). En general es la pérdida de compuestos minerales y es considerada el primer proceso para formación de caries.

Para detener el proceso de desmineralización se requiere una saturación de iones rodeando el cristal de apatita y en este caso al estar sobresaturado de iones se comienza el proceso de remineralización y es definido como la ganancia de material en la estructura dental la cual ya estaba perdido.(9)

## 1.5 Materiales bioactivos

Son sustancias que al contacto con tejido vivo provocan un efecto positivo, se da una respuesta biológica entre la interfase del material y los tejidos al contacto con los fluidos, cuando inmediatamente se hace un intercambio de iones.

Se debe diferenciar el concepto entre biocompatibilidad y bioactivo. El bioactivo desarrolla una interacción biológica a favor de los tejidos y el biocompatible es aquel que no hace daño al sustrato.

Los primeros materiales considerados bioactivos comenzaron a tener aplicación clínica con los ionómeros de vidrio hace 40 años, seguido por el uso de los fluoruros tópicos.(9)

En el año 2000 el termino “Odontología mínimamente invasiva” vino a revolucionar la manera de abordar los tratamientos. El objetivo de esta odontología es enfocado a realizar un diagnostico oportuno de lesiones cariosas tempranas y la forma de abordarlas es totalmente conservadora mediante la promoción de la autocuración a través de la remineralización, y es en este momento cuando tienen entrada los materiales bioactivos los cuales parecen ser muy prometedores en sus acciones terapéuticas al “inhibir la caries, neutralizar los ácidos, repeler proteínas, suprimir las biopelículas y la producción de ácido, además de presentar baja toxicidad, proteger la pulpa y promover la formación de dentina terciaria sin sacrificar las propiedades mecánicas de los materiales y la integridad de su superficie” (10) para poder ofrecer un tratamiento no invasivo impidiendo la desmineralización del diente y previniendo el futuro daño severo al diente, lo que, a su vez tiene la capacidad de restaurar la estructura perdida.

### **Generaciones de los materiales bioactivos:**

- *Primera generación.* Biopasivos. Materiales inertes que no tienen efecto biológico alguno, solo se usaban para reemplazar el tejido con mínima toxicidad.
- *Segunda generación.* Bioreparadores. Son materiales bioactivos y biodegradables que crean un enlace fuerte entre el material y el huésped debido a que el material contiene elementos que al diente le faltan, ya sea el calcio, fosfato o fluoruro y los biodegradables una vez hecha su función son absorbidos.
- *Tercera generación.* Materiales que tienen constante interacción molecular con el huésped, además de reparar ayudan a la matriz celular a promover la proliferación, diferenciación, y organización celular (9,11)

### **Clasificación de los materiales bioactivos**

- Preventivos

Los barnices, cremas, resinas bioactivas y nuevos adhesivos universales que se encuentran en segunda y tercera generación son materiales que dirigen sus objetivos a evitar la aparición inicial y secundaria de una enfermedad promoviendo la prevención.
- Terapéuticos

Están enfocados al tratamiento del complejo dentinopulpar la importancia radica en el éxito clínico de poder actuar ante una situación de sensibilidad y dolor. Un ejemplo son los recubrimientos pulpaes directos e indirectos.
- Cementos

Son gomas de fijación entre el diente preparado y el material protésico.

El cemento ideal sería aquel que inhiba la formación de placa dentobacteriana y caries como efecto biológico

- Restaurativos

Son materiales de nueva creación que ayudan a la formación de apatita, a mantener la estructura dental en equilibrio al participar en la modificación del pH, con actividad antimicrobiana por liberación de iones fluoruro u otros a largo plazo.(9)

## 1.6 Fluoruros

Durante años se ha utilizado como medio de prevención de caries durante el periodo de formación de los dientes.

Los fluoruros son indicados ya que ayuda a inhibir la desmineralización del esmalte en presencia de ácidos, y promoviendo la remineralización. La función más importante es alterar la placa dentobacteriana, aún así en bajas concentraciones tiene ese efecto antibacteriano, ya que inhibe la glucosil transferasa, para que no se formen polisacáridos extracelulares a partir de la glucosa y se reduce la adhesión de microorganismos, en caso de algunos microorganismos puede tener efecto bactericida. (4)

## 1.7 Ionómero de Vidrio

Son un vidrio de aluminio y sílice y alto contenido de fluoruro que interactúa con un polímero soluble en agua: ácido polialquenoico.

La composición es la siguiente

Polvo: Silicato complejo de aluminio y calcio que contiene fluoruro de calcio

Líquido: polímero de ácido acrílico-ácido itaconico, agua y ácido tartárico.

Al mezclarse se obtiene un cemento formado internamente “por núcleos de vidrio, que en un 70% no han reaccionado más que en su superficie, englobados en una matriz de un gel de poliacrilato que los rodea” (12)

#### Ventajas

- Biocompatible
- Coeficiente de expansión térmico lineal semejante a la dentina
- Capacidad de liberar fluoruro
- Acción bacteriostática
- Capacidad de adherencia a esmalte y dentina
- Baja solubilidad a los fluidos

#### Desventajas

- Baja resistencia al desgaste
- Fragilidad
- Microfiltración
- Pigmentación
- Facilidad de absorber y perder agua- Degradación del ionómero

Clasificación según sus indicaciones clínicas:

- Tipo I: Cementado
- Tipo II: Restauración
- Tipo III: Base o linner
- Tipo IV: Miscelánea (13)

## 2. Giomeros

El termino “Giomero” fue propuesto por la compañía Shofu™ para englobar y clasificar a todos aquellos productos que contengan relleno S-

PRG, estos productos son considerados materiales bioactivos debido a su capacidad de liberación sostenida de múltiples iones y el efecto biológico extra que podemos obtener con dicha propiedad por un tiempo prolongado, ya que los materiales son capaces de prevenir la desmineralización, promover la remineralización por la formación de apatita, reforzar al esmalte contra los ácidos, neutralizar el pH y mostrar actividad antibacteriana para eliminar o prevenir la caries.

Tienen aplicación clínica en diversos campos de la odontología algunos productos que contienen S-PRG son: resinas compuestas, adhesivos, cementos, selladores de foseetas y fisuras, materiales de recubrimiento, pasta de profilaxis, pastas de pulido, etc.(14)

La tecnología fue presentada y patentada por Shofu™ a nivel mundial en la Asociación Internacional de Investigación Dental (IADR) en el año 2000, en Washington D.C.

Consta de un relleno de ionómero de vidrio pre-reaccionado en la superficie (S-PRG), creado a través de una reacción ácido-base entre el relleno de vidrio fluoroboroaluminosilicato y un ácido poliacrílico en presencia de agua. Fig 4 (14)

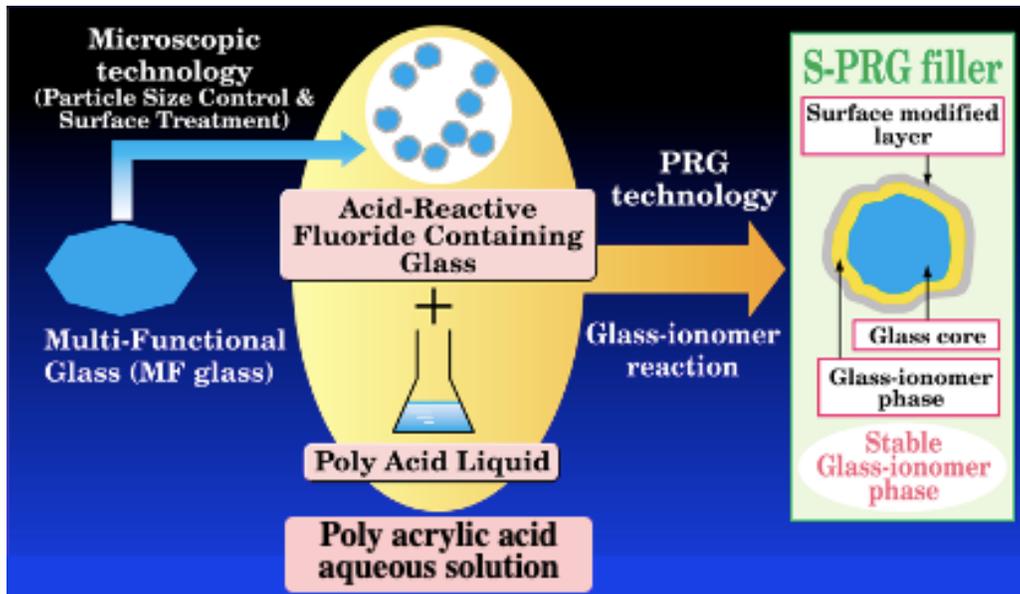


Fig. 4 Proceso de obtención de partículas S-PRG(14)

“La tecnología PRG se puede subdividir en tipo de reacción completa (F-PRG) y tipo de reacción de superficie (S-PRG)” (15) la diferencia entre estas dos reacciones es que en la reacción completa todo el vidrio se hace reaccionar y en la reacción de superficie, queda el núcleo de vidrio, lo que ayuda a que las propiedades mecánicas no se ven afectadas y la durabilidad de los materiales S-PRG es mejor que los materiales F-PRG. Estos dos tipos de rellenos fueron presentados en el lanzamiento, pero actualmente sólo se incorpora el tipo de relleno S-PRG en los materiales.

El proceso que pasan las partículas lleva al ionómero de vidrio a una fase adelantada que modifica la superficie S-PRG. Fig. 5

Se añade una última capa a las partículas haciéndolas estables, resistentes al agua y les aporta la propiedad a las partículas de liberar y recargar fluoruro, así como también liberar otros iones como son: Aluminio ( $Al^{3+}$ ), borato ( $BO_3^-$ ), sodio ( $Na^+$ ), silicato ( $SiO_3^{2-}$ ) y estroncio ( $Sr^{2+}$ ).

El relleno S-PRG tiene tres tamaños de partículas: nano, sub-micrón y micrón y se añaden a los materiales según las características del material al cual van a ser añadidas.(14)

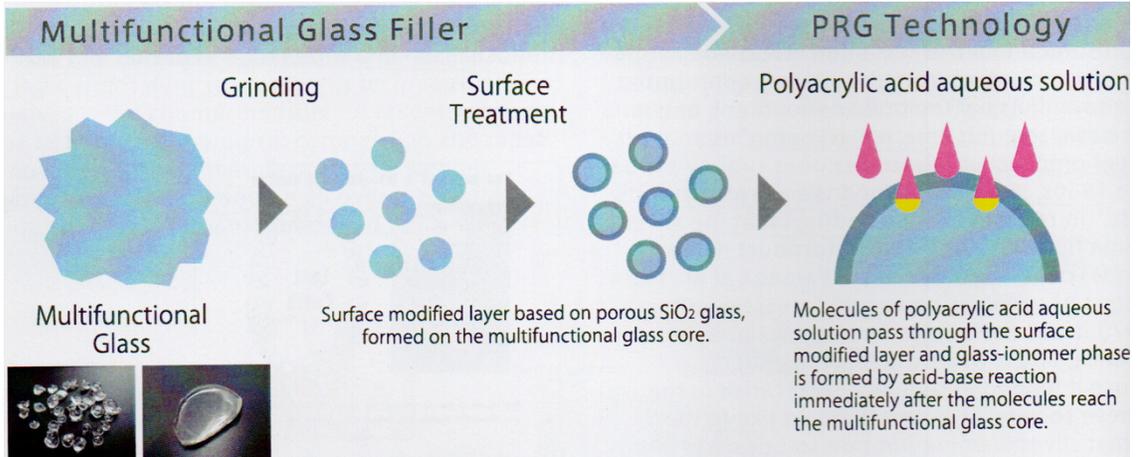


Fig. 5 Proceso de las partículas de ionómero de vidrio. (14)

Cabe señalar que “el material compuesto de resina con tecnología de relleno S-PRG es totalmente diferente a los compómeros, resinas o cementos de ionómero de vidrio modificados”(16)

## 2.1 Liberación de iones

La liberación de los iones se da en condiciones de pH neutro, ácido y básico en contacto con el medio acuoso.

“Los iones de aluminio son inhibidores, mientras que los iones de boro, flúor, silicio y estroncio son promotores de la mineralización a través de los osteoblastos” (3)

Yoneda M. et al (17) resume la función de los iones liberados de los Giomeros de la siguiente manera Fig 6:

Iones	Funciones
F	Producción de fluorapatita, efecto antibacterial, remineralización de lesiones desmineralizadas.
Sr	Mejora la formación de hueso y mineralización.
Al	Supresión de la hipersensibilidad.
Si	Remineralización del diente.
B	Efecto antibacterial, promoción de la formación de hueso.

Fig. 6 Tabla de función de los iones liberados por S-PRG

Suzuki et al. (18) evaluó la cantidad de iones liberados en el giomero en presentación de PRG Barrier Coat y registró los siguientes datos: Fig. 7.

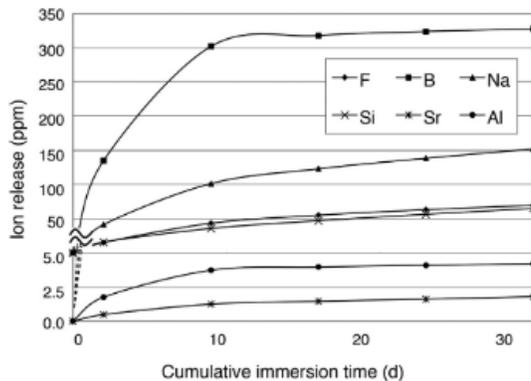


Fig. 7 Gráfica de liberación de los distintos iones encontrados en el relleno S-PRG del día 0 al 30 (18)

Nakamura et al. 2009 (15) Hace un estudio poniendo a prueba distintas resinas fluidas, incluida la Beautifil Flow F02 Plus (Shofu™ Inc., Kyoto, Japón) como giomero y los resultados arrojan que desde los primeros 7 días hasta los 84 días de prueba, el giomero fue el que arrojó un mayor nivel de liberación de iones fluoruro. Fig. 8

Lo que concluye el autor que los altos niveles de flúor en la liberación y recarga pueden explicar su efecto de inhibir la desmineralización y prevenir la caries, siendo estas resinas las más ventajosas a comparación de las convencionales.

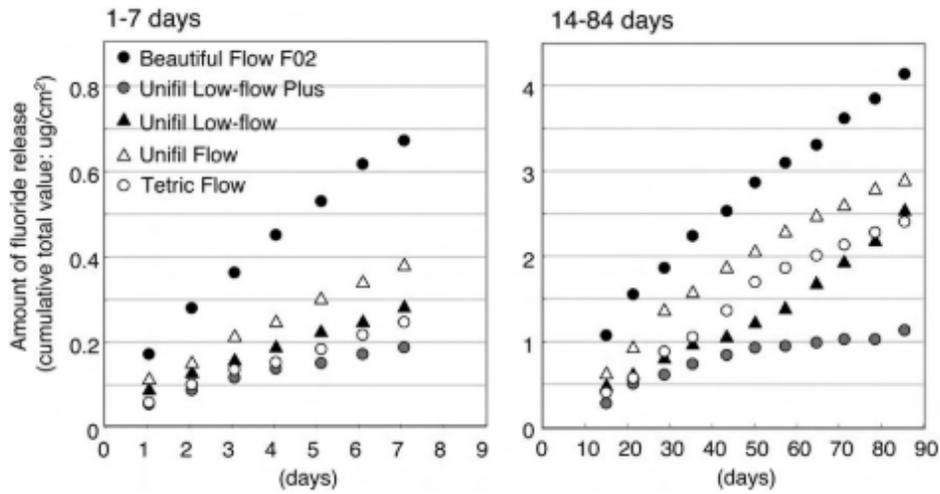


Fig. 8 Gráfica de liberación de iones fluoruro de resina Beautiful Flow F02(Shofu Inc™, Kyoto Japón), Unifil Low Flow Plus (GC Corporation ™, Tokyo Japón), Unifil Low Flow (GC Corporation ™, Tokyo Japón), Unifil Low (GC Corporation ™, Tokyo Japón), Tetric (Ivoclar Vivadent ™, USA) (15)

Hahnel et al. (19) En su investigación encontró que la liberación de fluoruro varía según el protocolo de pulido que se les dé a los compuestos a base de resina que contienen S-PRG, lo que concluye que realizar el pulido provoca un aumento de la liberación de fluoruro y que esta liberación disminuye notablemente después de 5 días.

Kamijo et al. (20) probó la liberación y recarga de fluoruro del relleno S-PRG en resinas para base de prótesis removibles en 3 fases.

La primera fase Fig.9 del día 1-15 en agua desionizada. Los resultados encontrados muestran una disminución gradual de la liberación de iones desde el segundo día, para lo cual al final de los 15 días ya estaba muy escasa la liberación de iones.

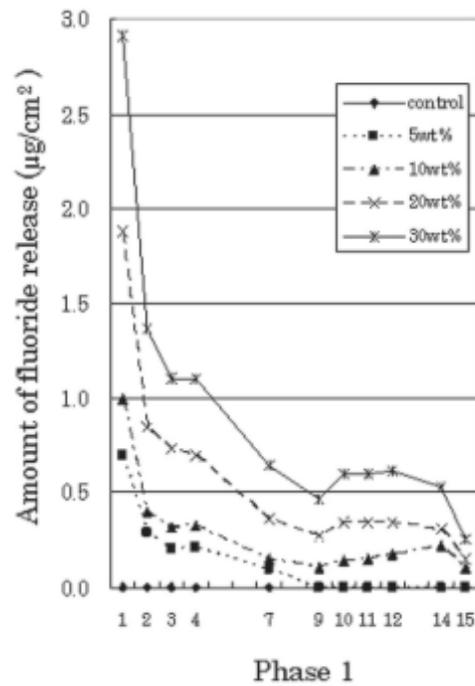


Fig.9 Fase 1. Grafica de la liberación de fluoruro del día 1-15 con diferentes concentraciones de relleno S-PRG.(20)

La segunda fase comienza en el día 15 donde todas las muestras registran nula detección de liberación de fluoruro Fig. 10. Esta fase va del día 16-49 en solución de fluoruro con 9,000 ppm de fluoruro. Se puede ver como después de la exposición a la solución fluorada la liberación aumentó de 18 a 24 veces más.

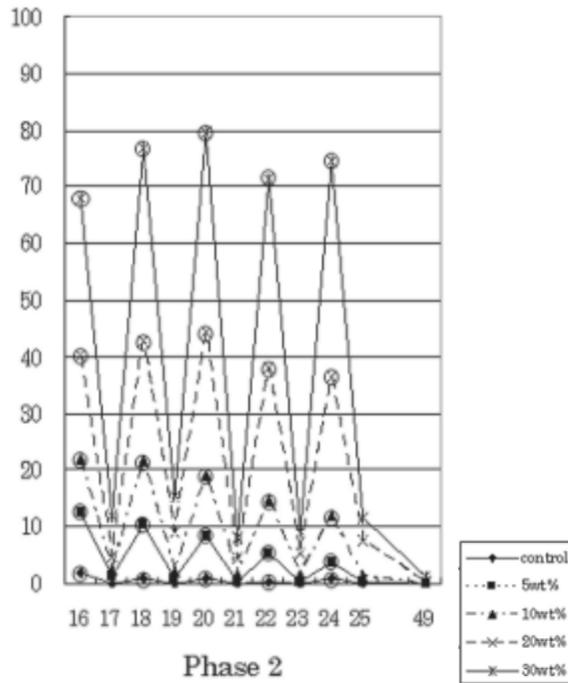


Fig. 10 Fase 2 Liberación de fluoruro del día 16-49 posterior a una exposición a solución fluorada de 9,000 ppm (20)

La tercera fase Fig. 11 va del día 50-60 en agua desionizada. Después de que en la fase 2 había disminuido la liberación de fluoruro a una descarga casi nula, se volvieron a recargar las muestras en solución fluorada. Y con los resultados de las mediciones se comprueba su efecto de recarga de iones, ya que su liberación posterior a esta exposición aumentó considerablemente.

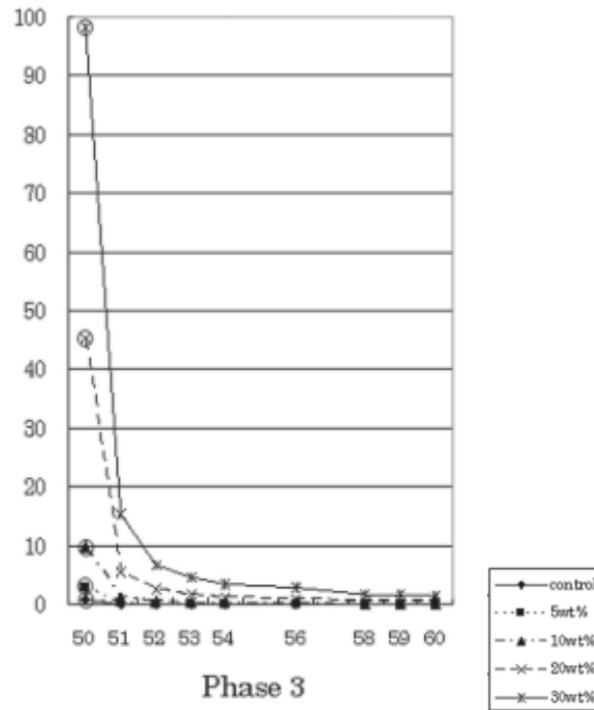


Fig. 11 Fase 3 Liberación de fluoruro del día 50-60 en agua desionizada. Posterior a una recarga de fluoruro (20)

Se sabe que una liberación excesiva de iones fluoruro puede ser tóxico, sin embargo, de acuerdo con los valores de iones de fluoruro liberados de las muestras en este estudio que fueron de “5,61, 9,86, 18,1 y 30,4 ppm/3ml día de 5%,10%,20% y 30%” (20) se tiene la seguridad que esta cantidad no es tóxica y es suficiente para prevenir lesiones cariosas, inclusive Kiatsirirote *et al* (21) hizo pruebas *in vivo* de dichas prótesis removibles en pacientes durante 1 año 5 meses y no encontraron reacciones adversas como consecuencias de la liberación de fluoruro.

## 2.2 Actividad antibacteriana

Por el momento “Se desconoce el mecanismo de acción por los cuales el... S-PRG inhibe la adhesión bacteriana y altera las biopelículas orales”(22) pero se ha demostrado en varios estudios que su actividad antibacteriana es el beneficio primordial de los Giomeros.

La caries secundaria es un problema frecuente en la práctica clínica. Yoneda *et al* (23) menciona que el relleno S-PRG tiene un efecto supresor sobre la adherencia de *S. Mutans* y la actividad proteolítica y coagregación de *P. gingivalis* y demostró que el relleno de los Giomeros S-PRG limita la reincidencia de caries al inhibir la gelatinasa, la cual está relacionada con la progresión de caries secundaria que se forma debajo de las restauraciones, la cual se da por un pH bajo por la presencia de ácido producto de las bacterias (24).

Se ha demostrado que S-PRG puede impedir la formación de comunidades bacterianas de múltiples cepas avanzadas en el entorno periodontal.

“Estudios previos indican que los eluidos del relleno de S-PRG contienen varios iones y en altas concentraciones tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de estreptococos orales” (25).

El fluoruro es conocido por sus propiedades antibacterianas “podría posponer la adherencia bacteriana inicial y la formación de placa adicional” (26), sin embargo, los iones que se liberan del relleno S-PRG específicamente “BO<sup>3-</sup> y F<sup>-</sup> demostraron el efecto inhibitor más fuerte sobre *S. Mutans*” (25).

“La actividad anticariógena de los iones F aumenta cuando estos últimos se combinan con iones Al, Na, Si o Sr” (11).

La cantidad de liberación de fluoruro del compuesto a base de resina con relleno S-PRG acompañado de un buen pulido en la superficie puede ayudar a inhibir la formación de la biopelícula de *S. Mutans* en su primera etapa de formación hasta 120 horas según los resultados obtenidos en la investigación de Hahnel *et al* (19)

Saku *et al* (27) realizó pruebas para medir la actividad antibacterial de la resina que contiene la tecnología de los Giomeros contra las resinas convencionales. Sus imágenes obtenidas mediante el microscopio electrónico de barrido muestran que en todas las resinas que puso a prueba se encontró acumulación de placa dentobacteriana, sin embargo, en la resina Beautifil II (Shofu Inc<sup>TM</sup>., Kyoto, Japón) se encuentra menos acumulación de placa dentobacteriana en comparación con Clearfil<sup>TM</sup> (Kuraray<sup>TM</sup>, Okayama, Japón) y Filtek Z250 (3M ESPE<sup>TM</sup>, EE.UU.) Fig.12 Concluyó que la capacidad de impedir la formación de la placa dentobacteriana podría deberse a su capacidad de liberación de fluoruro y que sería un buen material a emplear para prevenir la caries secundaria.

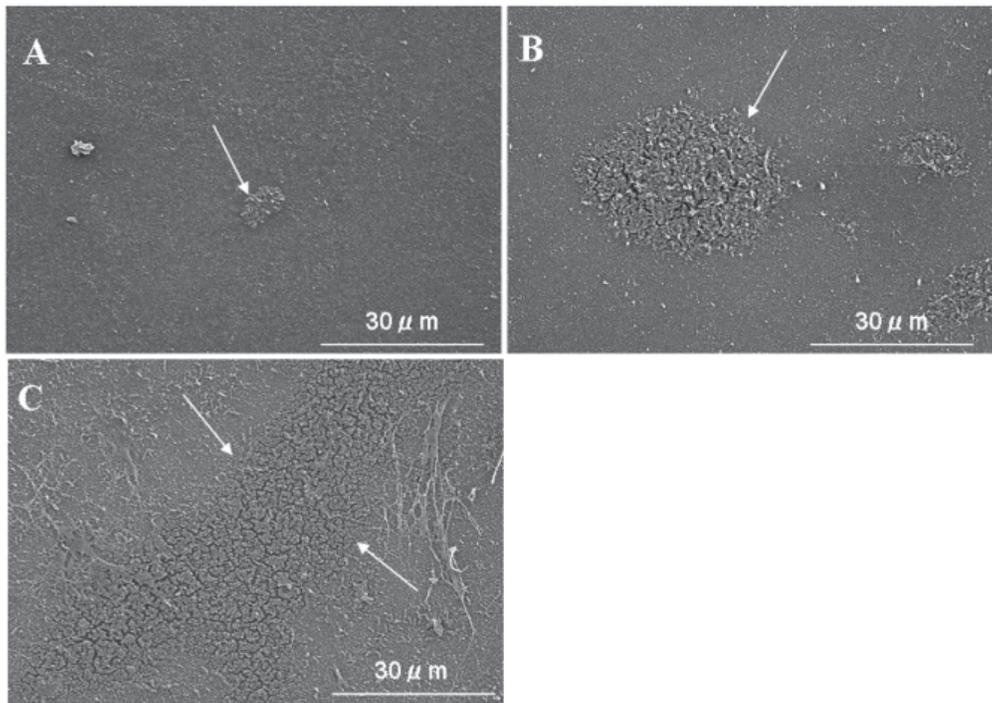


Fig. 12 Imagen obtenida a través de microscopio electrónico de barrido. De las resinas A) Beautiful II, B) Clearfil AP-X y C) Filtek Z250 (27).

El estudio de Kimyai *et al* (26) que pone a prueba los Giomeros con otras resinas compuestas muestra que la adherencia bacteriana es mucho menor, independientemente de la técnica de profilaxis y la rugosidad de la superficie.

Yassen *et al* (28) evaluó al agregado de trióxido mineral (MTA, Ángelus™), al material de restauración intermedia (IRM, Dentsply™) y a un cemento de reparación de raíces a base de relleno S-PRG sobre el efecto antibacterial contra *Porphyromonas gingivalis* y *Enterococcus Faecalis*, patógenos endodónticos predominantes y más comunes en las lesiones. El S-PRG mostró una mejor actividad antibacterial entre un 95 y 99% contra *P. gingivalis*. En comparación con

el IRM y MTA, debido a su gran liberación de boro, estroncio y fluoruro que los otros materiales no poseen.

Nagai *et al* (29) incorporó rellenos de S-PRG al acetato de vinilo etileno (EVA) para fabricar protectores bucales y evaluó el material mediante microscopia electrónica de barrido (MEB) Fig.13

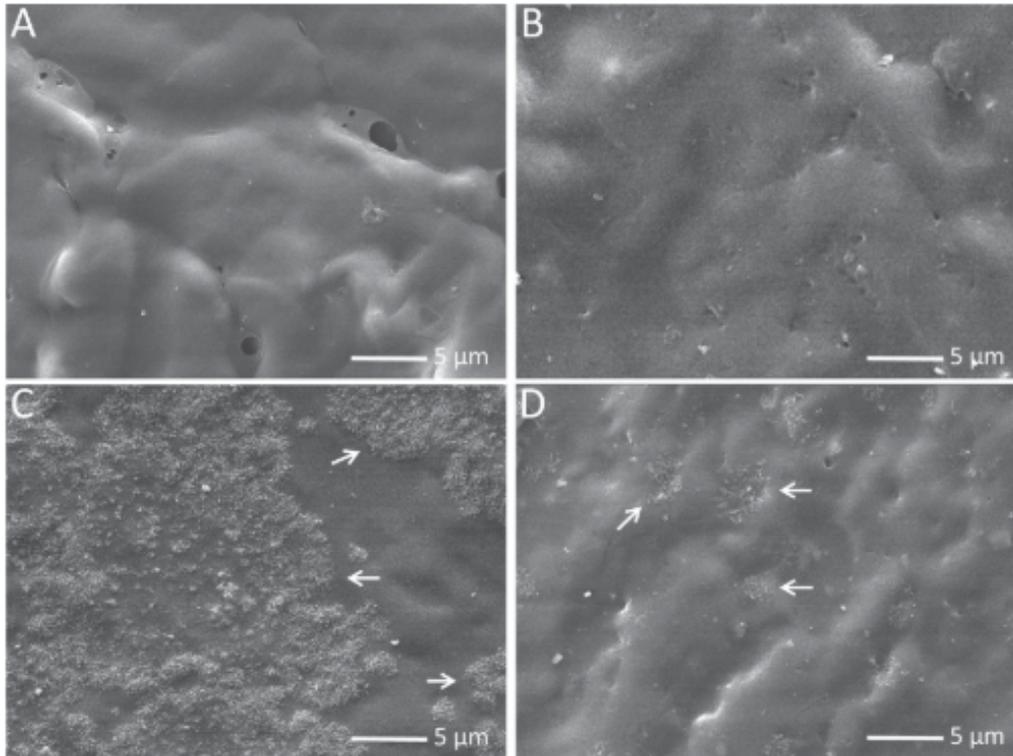


Fig. 13 **A)** EVA sin S-PRG antes del ensayo antimicrobiano, **B)** EVA con 20% en peso de S-PRG antes del ensayo antimicrobiano, **C)** EVA sin S-PRG después del ensayo antimicrobiano, **D)** EVA con 20% en peso de S-PRG después del ensayo antimicrobiano (29)

En sus resultados demostró el efecto antibacterial del relleno S-PRG sobre *S. Mutans* y *P. gingivalis* en la superficie del material a consecuencia de la acción bacteriostática durante al menos 96 horas que duró su evaluación.

Cabe mencionar que el EVA modificado con relleno S-PRG no mostró citotoxicidad hacia las líneas de células epiteliales gingivales, al menos hasta 12 horas de exposición (29)

Shimazu *et al* (30) evaluaron el efecto del eluato de S-PRG sobre el crecimiento bacteriano de *S. gordinii*, *S. Mutans*, *S. Oralis*, *Lactobacillus acidophilus* y *Candida Albicans* Fig. 14

Los resultados obtenidos en su investigación se muestran a continuación:

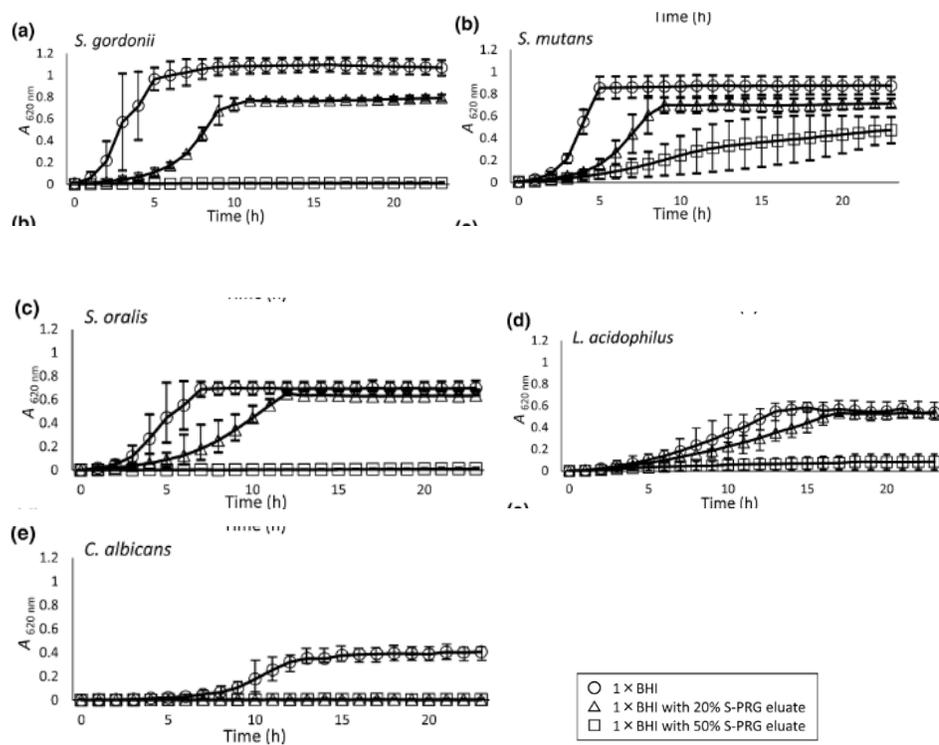


Fig. 14 Inhibición ante los diferentes microorganismos a) *S. gordinii*, b) *S. Mutans*, c) *S. Oralis*, d) *L. acidophilus* y e) *C. Albicans* En concentración de 20%, 50% y un grupo control. (30)

Se puede observar que S-PRG es capaz de inhibir *Candida Albicans* completamente y para los demás cultivos de bacterias depende del contenido de S-PRG para lograr cierto grado de inhibición, en general inhibe la agregación de bacterias para evitar que se forme placa

dentobacteriana desde las primeras bacterias colonizadoras que es el *s. gordinii*.

Suzuki *et al* (22) demostró que enjuagar la boca con eluido de S-PRG reduce el nivel de compuestos de azufre volátiles (causantes del mal olor bucal) y permanecen en un nivel bajo por lo menos 30 min después del enjuague al igual que cepillar la lengua con eluato de S-PRG reduce la cantidad de bacterias.

### 2.3 Neutralización de ácidos

La placa dentobacteriana contiene distintas bacterias acidogénas que al fermentar los carbohidratos producen ácidos orgánicos que modifican el pH intraoral y favorecen la formación de caries al disolver el esmalte.

Los Giomeros tienen la propiedad de actuar como neutralizador en medio ácido producido por las bacterias cariogénicas.

Kaga *et al* (31) en su estudio evaluó los cambios de pH durante 1-6 días de 3 productos: 1 grupo control, BeautiSealant (Shofu™ Inc, Kyoto Japón) y Teethmate (Kuraray™, Japón), las muestras fueron sumergidas en solución de ácido láctico ajustada a pH 4.0. Fig. 15

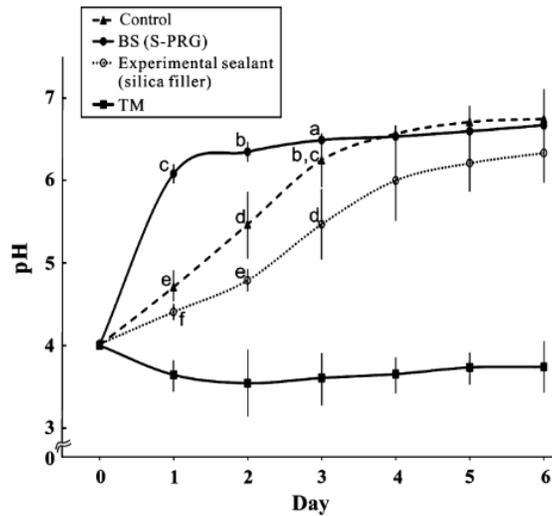


Fig 15. Grafica que muestra el cambio en el pH de los selladores BeautiSealant, Teethmate y el control.(31)

En los resultados el sellador BeautiSealant mostró un aumento de pH inmediato a comparación de los otros materiales. Esto demuestra su efecto amortiguador gracias al efecto bioactivo del relleno S-PRG.

Otro estudio que evalúa el efecto de neutralización del Giomero BeautiSealant es el de Hirayama *et al.* (32) y resume sus resultados en la siguiente gráfica Fig. 16:

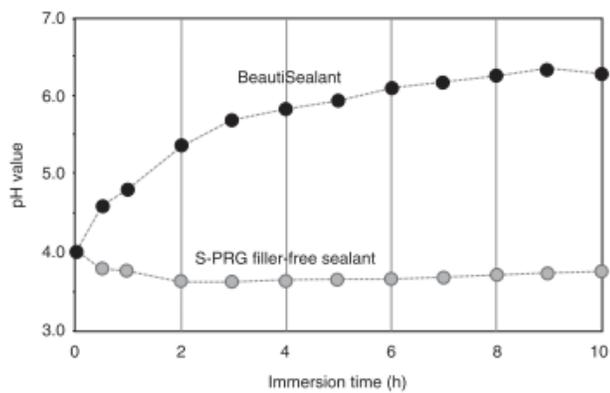


Fig. 16 Muestras de BeautiSealant sumergidas en solución ácida, donde muestra el cambio de pH que provoca el material(32)

Se pueden observar los cambios en el pH de la solución de ácido láctico la cual se había ajustado a pH 4, desde en momento de la inmersión de las muestras con S-PRG comienza a aumentar. El autor concluye que “Es un sellador novedoso...con capacidad de amortiguación de ácidos”(32)

Otra gomero puesto a prueba en el tema de la neutralización del pH fue el PRG Barrier Coat por Suzuki et al. (18) Fig. 17 sus muestras fueron llevadas a ácido láctico con pH inicial de 4, el cual, a partir del contacto el relleno S-PRG comenzó a actuar con su efecto de neutralización de pH y se muestra en la siguiente gráfica:

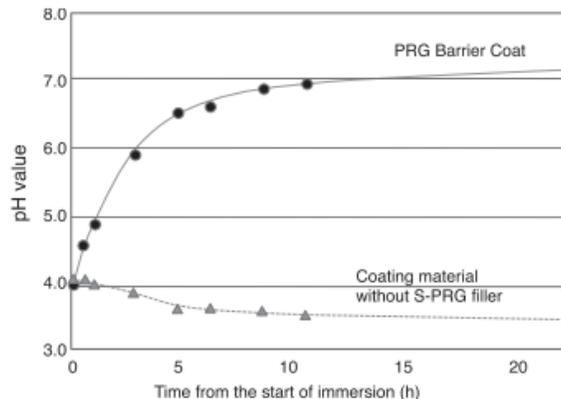


Fig. 17 Resultados del cambio de pH del PRG Barrier Coat sumergido en solución de ácido láctico pH de 4 (18)

Para el autor este efecto es primordial para inhibir la progresión de caries. Ya que es uno de los problemas más frecuentes en la población mundial. La caries radicular, es importante mencionarla, esta se da en las superficies radiculares expuestas, ya sea por una recesión fisiológica, enfermedad periodontal, o un cepillado traumático otros factores pueden

ser: el flujo salival disminuido o ausente, dieta cariogénica aumentada, higiene oral disminuida, altos recuentos de *S. Mutans* en saliva, placa y/o superficies radiculares, baja exposición a fluoruros tópicos y sistémicos, hábito de fumar, antecedente de caries, prótesis parcial removible o sobredentaduras la dificultad para limpiar, maloclusiones, bajo nivel socioeconómico. (33) Una vez que es detectada cualquier exposición de área radicular, se debe recomendar poner atención en las medidas preventivas para evitar desarrollo de lesiones, ya que “la progresión de la lesión en las raíces es más rápida que en el esmalte debido a su contenido mineral bajo”(34)

Ma S. *et al* (34) puso a prueba muestras de raíces recubiertas con giomero PRG Barrier Coat (Relleno S-PRG) y un grupo control en un plato de cultivo de *S. Mutans* a 37° a los 10 min se añadió 500 µL de glucosa al 1% para inducir el metabolismo y producción de ácido hizo registro hasta 90 minutos. Fig. 18

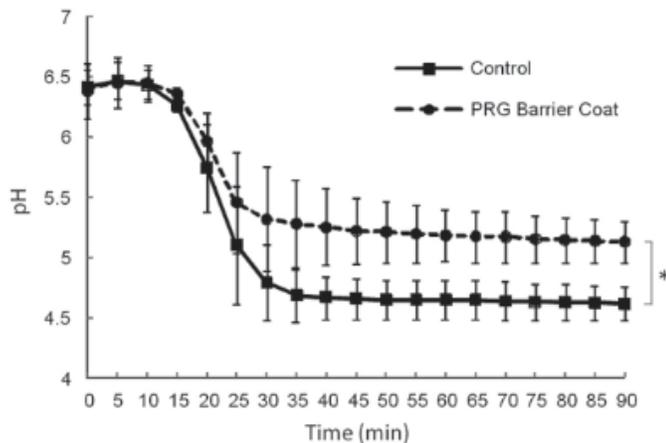


Fig. 18. Resultados del cambio de pH que tuvieron las muestras de PRG Barrier Coat y el grupo control ante la producción de ácido de *Mutans* (34)

Los resultados confirman que las muestras con giomero mantuvieron un pH más elevado a comparación con el grupo control ante la baja de pH, producto del metabolismo del ácido de *S. Mutans*, por lo que el autor discute que el relleno actúa de manera inteligente, ya que su liberación de fluoruro depende de la acidez, y su efecto protector es proporcional a la amenaza. Además, recomienda el uso de Giomeros para la prevención de caries radicular.

#### 2.4 Remineralización

“La remineralización se define como un proceso en el que se suministran iones de calcio y fosfato y se forman cristales de hidroxiapatita en la superficie del esmalte. Este mecanismo es promovido por la presencia de iones fluoruro”(31) Investigaciones demuestran que el estroncio tiene la capacidad de mejorar el proceso de remineralización del esmalte en conjunto con el fluoruro.

Las partículas del vidrio bioactivo liberan iones de silicato, estas son absorbidas en la superficie del sustrato, aportando sitios para la nucleación de apatita heterogénea. Una vez nucleado, crecerá para formar una capa de apatita similar a hueso.”(35)

Las células madre (CM) tienen la capacidad de dar origen a células como condrocitos, osteoblastos, adipocitos, mioblastos, células de tendón, osteoblastos y cementoblastos. (36)

En el año 2000 las CM fueron encontradas en pulpa dental y se demostró que pueden ser capaces de formar el complejo dentinopulpar. Se ha investigado también el efecto de las partículas de S-PRG sobre las células madre mesenquimales se encontró que “los rellenos de S-PRG

promovieron la formación de tejido duro por las células madre mesenquimales, lo que implica que las resinas que contienen S-PRG pueden actuar como un biomaterial útil para cubrir la exposición accidental de la pulpa dental” (3)

Iijima *et al.* (37) puso a prueba la capacidad de remineralización de una pasta dental que contiene S-PRG contra una pasta de NaF. Fig. 19

Concluye que el relleno tiene capacidad de remineralización debido a su liberación de iones con una eficacia por encima de la pasta de NaF de 950ppm. Menciona que la disminución de la dureza y el módulo de elasticidad no se recuperan por completo tras un ataque ácido, sin embargo con S-PRG mejoraban significativamente esas propiedades.

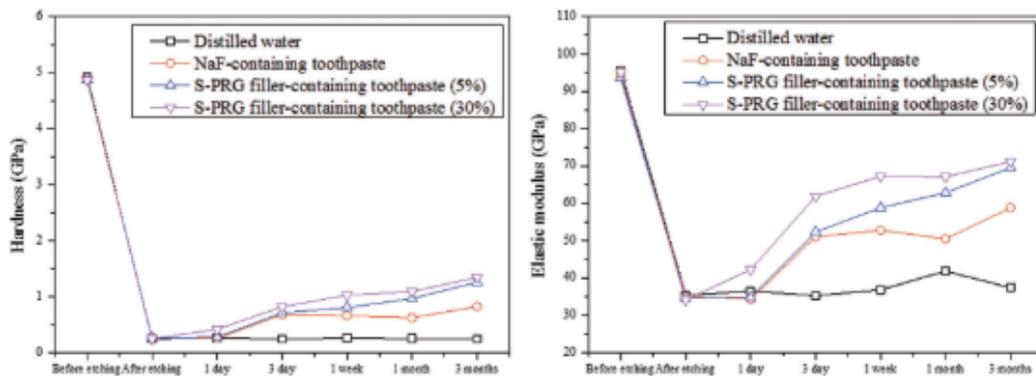


Fig. 19 Dureza y modulo de elasticidad posterior a un ataque ácido (37)

## 2.5 Efecto protector ante la desmineralización

“Para reducir la caries dental, es necesario prevenir la desmineralización de la superficie del diente intacto y promover la remineralización de la caries dental en etapa temprana” (17)

Hosoya *et al.* (38) puso a prueba el giomero PRG Barrier Coat colocado en dientes primarios extraídos en una superficie desmineralizada artificialmente, luego de ser colocados 1 semana en solución

desmineralizante, en su estudio demuestra a través de las mediciones de dureza y módulo de elasticidad que el esmalte una vez desmineralizado artificialmente no existe una desmineralización adicional, por lo tanto, el S-PRG puede frenar el proceso de desmineralización e inhibir la caries.

Kaga *et al* (31) en su estudio evaluó la cantidad de iones calcio (Ca) de los materiales después de 6 días de almacenamiento en solución ácida. Fig. 20 Los resultados arrojan que el BeautiSealant con relleno S-PRG tiene la más baja concentración de iones. Lo que significa que no hay gran cantidad de iones Ca por efecto de protección ante la desmineralización.

*Concentration of Ca ions*

Material	[Ca] ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )
Control (enamel disk)	6.4 (4.3) <sup>b</sup>
BS (S-PRG)	2.0 (2.5) <sup>a</sup>
Experimental sealant (silica filler)	5.5 (4.5) <sup>b</sup>
TM	27.1 (9.0) <sup>c</sup>

Values are given as mean (SD) concentration of Ca ions released from enamel disks after storage in lactic acid solution for 6 d. Groups with different superscript letters are statistically significant ( $P < 0.05$ ,  $n = 6$ ).  
BS, BeautiSealant (S-PRG filler); TM, Teethmate F-1.

Fig. 20. Concentración de iones Ca en los distintos selladores de foseetas y fisuras posterior a 6 días en solución ácida.(31)

En el mismo estudio, al examinar las muestras por microscopía electrónica de barrido Fig. 21 se encontró que A (Grupo control) muestra que la superficie del esmalte era lisa y plana, B (Giomero BeautiSealant) y C (Relleno de sílice) continúan mostrando una superficie del esmalte lisa sin prismas; y la imagen D (Teethmate) ya se encontró un patrón de grabado donde hay eliminación de la periferia de los prismas del esmalte.

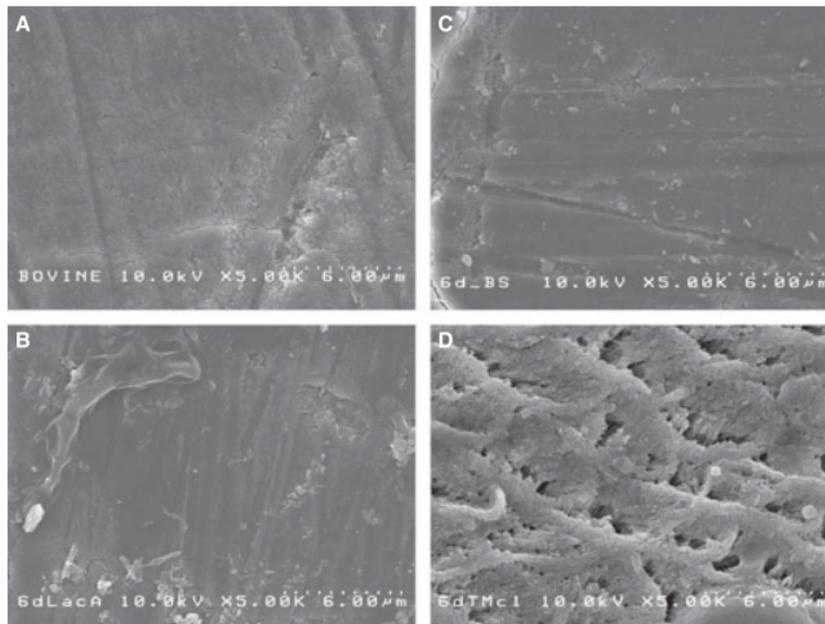


Fig. 21 Fotografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido de las muestras posterior a 6 días sumergidas en ácido. A (Grupo control), B (Giomero BeautiSealant), C (Relleno de sílice), D (Teethmate)

El resultado del estudio favorece a los Giomeros ya que una vez más se demuestra su propiedad de efecto protector ante el ambiente ácido, y fortalecedor a la estructura del diente.

Kaga *et al* (11) Incubó muestras de esmalte como objetivo de investigar los efectos protectores del ionómero de vidrio y el relleno de ionómero de vidrio pre reaccionado de superficie S-PRG.

Utilizó Glaslonomer FX ULTRA (FXU), Fuji IX (FIXE), CAREDYNE RESTORE (CDR) y PRG Barrier Coat como giomero con relleno S-PRG (BC) durante 6 días en pH 4, y muestra el siguiente resultado obtenido visto con microscopía electrónica de barrido Fig. 22

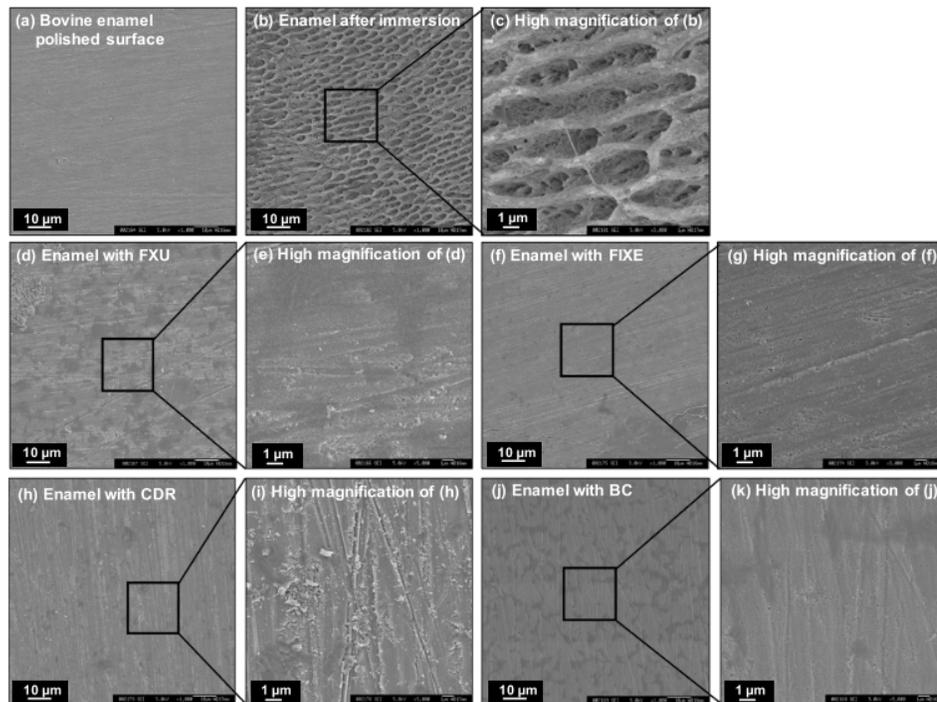


Fig. 22 Imágenes obtenidas por microscopía electrónica de barrido de las superficies del esmalte obtenidas después de seis días de incubación. (a) Superficie lisa y pulida del bloque de esmalte bovino. (b) Esmalte desmineralizado después de la incubación del sexto día en la solución de ácido láctico con pH = 4.0 (Grupo 1). (c) Imagen de gran aumento de la superficie de la muestra representada en el panel (b) ( $\times 5000$ ). Superficies no dañadas de los bloques de esmalte incubados con discos (d) FXU, (f) FIXE, (h) CDR y (j) BC (Grupo 2). (e, g, i, k) Imagen de gran aumento de la superficie de la muestra representada en los paneles d, f, h, j ( $\times 5000$ ) (11)

“Se encontró que los restauradores que contienen ionómero de vidrio y S-PRG podrían servir como amortiguadores para el ácido láctico”(11) acción que ayuda ante el ataque ácido para prevenir la desmineralización. Ya que en la imagen se muestra el esmalte con patrón de grabado a comparación de las muestras de ionómero de vidrio y PRG. “La liberación de incluso pequeñas concentraciones de iones puede producir un fuerte efecto inhibitor sobre el proceso de desmineralización” (11)

Nemoto *et al.* (3) Menciona que los materiales a base de resina que contienen más del 10% de relleno S-PRG tiene efectos anti desmineralización de la dentina adyacente.

A continuación, se muestra las imágenes digitales de QLF que Kawasaki *et. al* (39) obtuvieron al someter a prueba muestras de esmalte bovino recubierto con material con relleno S-PRG 96h a una solución desmineralizante ajustada a un pH 5.0. Fig. 23

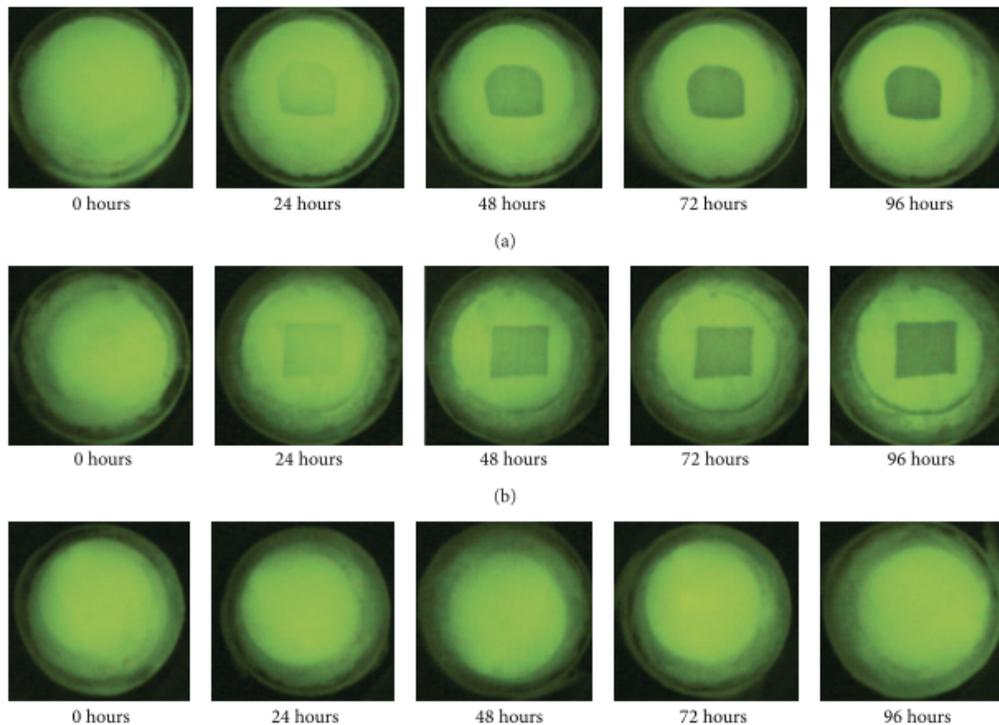


Fig. 23 Imágenes digitales después del proceso de desmineralización a) Grupo control, b) Grupo sin relleno S-PRG, c) Relleno S-PRG

Como se puede observar a simple vista, en las muestras de S-PRG presente no se observa desmineralización alguna.

Los autores concluyen que la liberación de iones del relleno S-PRG pueden inhibir la desmineralización del esmalte, por lo tanto, sugieren el

uso de estos materiales en pacientes con alto potencial al desarrollo de caries.

Nakamura *et al* (40) en el análisis de sus pruebas también indica que la pasta dental con relleno S-PRG inhibe eficazmente la desmineralización, además encontró una gran cantidad de iones Sr en la superficie del esmalte tratado con el con giomero, lo cual se puede pensar que es un ion responsable en dicho proceso de inhibir la desmineralización.

Otra prueba irrefutable de que el relleno S-PRG inhibe la desmineralización fueron los resultados de Iijima *et al.* (41) en su prueba de pérdida de dureza y pérdida de elasticidad posterior a un ataque ácido por 5 días, de muestras de esmalte pulidas con pasta que contienen relleno S-PRG, donde los resultados más favorables fueron de la pasta con S-PRG al 30% con una disminución de la dureza del 14% y una disminución en el módulo de elasticidad del 7% y el peor resultado lo obtuvo la pasta Renamel con una pérdida de dureza del 48% y disminución en el módulo elástico del 27%. Por lo tanto, esta es la prueba de que el giomero es capaz de inhibir la desmineralización del esmalte, y contribuir a la remineralización por su distinguible capacidad de neutralizar los ácidos y gracias a que el “suministro de iones de Si y Na al entorno circundante conduce a un efecto amortiguador, inhibiendo aún más la desmineralización” (41)

## 2.6 Capacidad de recarga de fluoruro

Itota *et al.* (42) Discute en su investigación que lo que hace diferentes a los Giomeros es que en el momento de la creación de las partículas PRG la interacción del vidrio con el ácido para formar en el relleno S-PRG hace

que la capa de hidrogel presente en la partícula sea más gruesa, por lo tanto, tiene una cantidad mayor de fluoruro lo que resulta una alta liberación de fluoruro inicial, además que ésta misma le da la propiedad de recargarse. En sus pruebas después de medir el fluoruro liberado inicialmente y la medición del fluoruro liberado después de la recarga, los resultados fueron inversamente proporcionales entre ellos, por lo que se cree que los espacios que ocupaba el fluoruro inicial antes de su liberación sean ocupados después por el fluoruro absorbido de la recarga. Inclusive se ha conocido que la liberación de “los rellenos S-PRG puede que sea transitoria a menos que estén expuestos a una fuente de fluoruro extrínseca”(43)

Shimazu *et al* (44) Evaluó la capacidad de liberación y recarga de iones de fluoruro de 3 selladores: BeautiSealant (BS) (Giomero con relleno S-PRG, Shofu Inc™, Japón), Delton (DE) (Dentsply™, EE.UU.) y Teethmate (Kuraray™, Japón) En el día 1 y 2 el giomero mostró mayor liberación de F, aunque en el segundo día disminuyó la concentración de todos los selladores. En el día 16 y 19 se embebieron las muestras en solución de fluoruro con 1,000 ppm y los resultados arrojan un aumento de liberación de fluoruro de las muestras del giomero BS y en los días 22 y 25 se embebieron las muestras ahora a una solución de 9,000 ppm de fluoruro y nuevamente aumenta significativamente la liberación en las muestras de BS. Fig. 24

Table 2 Means (ppm)±SD of fluoride released from pit and fissure sealants

Materials	day 1	day 2	day 16	day 19	day 22	day 25
BS	12.60±1.19 <sup>a</sup>	3.22±0.58 <sup>a</sup>	1.10±0.14 <sup>a</sup>	1.10±0.31 <sup>a</sup>	11.64±1.17 <sup>a</sup>	15.84±3.25 <sup>a</sup>
DE	45.80±5.46 <sup>b</sup>	1.82±0.25 <sup>b</sup>	0.79±0.09 <sup>b</sup>	0.72±0.04 <sup>b</sup>	3.17±0.39 <sup>b</sup>	4.24±0.35 <sup>b</sup>
TE	4.66±0.82 <sup>a</sup>	2.60±0.45 <sup>b</sup>	0.70±0.11 <sup>b</sup>	0.65±0.18 <sup>b</sup>	0.83±0.12 <sup>c</sup>	0.96±0.24 <sup>c</sup>

n=5

Fig.24 Cantidad de fluoruro liberado y recargado de las muestras de selladores de fosetas y fisuras BeautiSealant (BS), Delton (DE) y Teethmate (TE)(44)

Se concluye con este estudio que con la tecnología de los Giomeros el relleno S-PRG les otorga mejores propiedades a los productos. Y que con la ingesta de fluoruro en cavidad oral ya sea por medio del cepillado diario, los enjuagues o las aplicaciones tópicas que realicemos será considerablemente más eficaz la liberación de fluoruro y, por lo tanto, mejores resultados terapéuticos.

Kiatsirirote *et al.* (21) en su estudio *in vivo* al evaluar las dentaduras con relleno S-PRG se encontró que había una mayor liberación de iones al recargar la dentadura al aplicar un gel de fluoruro con 5,000 ppm por las noches diariamente y cita a Han *et al.* que menciona “el grado de capacidad de recarga de fluoruro depende de muchos factores, el nivel de contenido de fluoruro, el tipo y frecuencia de exposición al fluoruro y la concentración del agente fluorante”

### 3. Conclusiones

Las características bioactivas revisadas de los Giomeros dan la confianza para hacer una restauración atraumática y conservadora.

Con la implementación del uso de materiales bioactivos que poseen propiedades antibacteriales da una oportunidad de brindar un apoyo extra a los paciente basado en una odontología de prevención que es sumamente benéfico tanto en dientes de la dentición temporal como permanente, aportando a la mejora de la salud bucal en todas las edades y teniendo el efecto de la liberación de fluoruro en periodo prolongado se logra tener un éxito clínico a largo plazo de las restauraciones y así mismo prevenir lesiones cariosas.

#### 4. Referencias

1. Pérez A. ¿Es la caries dental una enfermedad infecciosa y transmisible? Revista Estomatológica Herediana. 2009;19(2):118–24.
2. Ojeda J., Oviedo E. et al. Streptococcus mutans y caries dental. Revista CES odontología [Internet]. 2013 [cited 2021 Oct 9];26(2):44–56.
3. Nemoto A, Chosa N, Kyakumoto S, Yokota S, Kamo M, Noda M, et al. Water-soluble factors eluted from Surface pre-reacted glass-ionomer filler promote osteoblastic differentiation of human mesenchymal stem cells. Molecular Medicine Reports. 2018;17(3):3448–54.
4. Núñez DP, García L. Bioquímica de la caries dental. Revista Habanera de Ciencias Medicas [Internet]. 2010 [cited 2021 Nov 7];9(2):156–66.
5. Palomer R. L. Caries dental en el niño. Una enfermedad contagiosa [Internet]. Vol. 77, Revista Chilena de Pediatría. Sociedad Chilena de Pediatría; 2006
6. Barcelona ED. Caries [Internet]. 2019. Available from: <https://estudidentalbarcelona.com/que-es-la-caries-dental-y-como-prevenirla/>
7. Catalá Pizarro M, Cortés Lillo O. La caries dental: una enfermedad que se puede prevenir. Anales de Pediatría Continuada. 2014;12(3):147–51.
8. Buzalaf M, Hannas A, AC M, Rios D, Honorio H, Delbem A. pH- cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: strengths and

- limitations. J Appl Oral Sci [Internet]. 2010;316– 334. Available
9. Cedillo J, Domínguez A, Espinosa R. Materiales bioactivos en odontología restauradora. Revista de operatoria dental y biomateriales [Internet]. 2021 [cited 2021 Nov 3];10(3):19–29. Available from: <https://www.rodyb.com/materiales-bioactivos>
  10. Calatrava L. Resinas compuestas bioactivas con funciones terapéuticas. Evolución y perspectivas. Revista de operatoria dental y biomateriales [Internet]. 2020 [cited 2021 Nov 6];9(3):7–16. Available from: <http://www.rodyb.com/resinas-compuestas-bioactivas/RESUMEN>
  11. Kaga N, Nagano-Takebe F, Nezu T, Matsuura T, Endo K, Kaga M. Protective effects of GIC and S-PRG filler restoratives on demineralization of bovine enamel in lactic acid solution. Materials [Internet]. 2020;13(9):12. Available from: [www.mdpi.com/journal/materials](http://www.mdpi.com/journal/materials)
  12. Casanellas J, Navarro J, Espías A. Cementos de ionómero de vidrio. A propósito del cemento Ketac-Cem® (ESPE). Avances en odontoestomatología. 1999;15(8):445–51.
  13. Cosio H, Garcia G. Sorcion de humedad y resistencia a la disolución acida de dos ionómeros de vidrio de restauración: estudio in vitro. Odontología vital. 2020;33(3):49–56.
  14. Shofu Inc. Giomer PRG Technology [Internet]. 2021. p. 1–140. Available from: <https://computerhoy.com/listas/industria/lenguajes-programacion-mas-populares-633547>

15. Nakamura N, Yamada A, Iwamoto T, Arakaki M, Tanaka K, Aizawa S, et al. Two-year clinical evaluation of flowable composite resin containing pre-reacted glass-ionomer. *Pediatric Dental Journal*. 2009;19(1):89–97.
16. Akimoto N, Ohmori K, Hanabusa M, Momoi Y. An eighteen-month clinical evaluation of posterior restorations with fluoride releasing adhesive and composite systems. *Dental Materials Journal*. 2011;30(3):411–8.
17. Yoneda M, Suzuki N, Hirofuji T. Antibacterial Effect of Surface Pre-Reacted Glass Ionomer Filler and Eluate–Mini Review. *Pharmaceutica Analytica Acta*. 2015;06(03):3.
18. Suzuki M, Yamada A, Saito K, Hino R, Sugawara Y, Ono M, et al. Application of a tooth-surface coating material containing pre-reacted glass-ionomer fillers for caries prevention. *Pediatric Dental Journal* [Internet]. 2015 [cited 2021 Oct 26];25(3):72–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pdj.2015.08.003>
19. Hahnel S, Wastl DS, Schneider-Feyrer S, Giessibl FJ, Brambilla E, Cazzaniga G, et al. Streptococcus mutans biofilm formation and release of fluoride from experimental resin-based composites depending on surface treatment and S-PRG filler particle fraction. *The journal of adhesive dentistry (JAD)*. 2014;16(4):313–21.
20. Kamijo K, Mukai Y, Tominaga T, Iwaya I, Fujino F, Hirata Y, et al. Fluoride release and recharge characteristics of denture base resins containing surface pre-reacted glass-ionomer filler. *Dental Materials Journal*. 2009;28(2):227–33.
21. Kiatsirirote K, Sitthisettapong T, Phantumvanit P, Chan DCN. Fluoride-Releasing Effect of a Modified Resin Denture

Containing S-PRG Fillers on Salivary Fluoride Retention: A Randomized Clinical Study. *Caries Research*. 2019;53(2):137–44.

22. Suzuki N, Yoneda M, Haruna K, Masuo Y, Nishihara T, Nakanishi K, et al. Effects of S-PRG eluate on oral biofilm and oral malodor. *Archives of Oral Biology* [Internet]. 2014 [cited 2021 Sep 18];59(4):407–13. Available from: [www.sciencedirect.com/http://www.elsevier.com/locate/aob](http://www.sciencedirect.com/http://www.elsevier.com/locate/aob)
23. Yoneda M, Suzuki N, Masuo Y, Fujimoto A, Iha K, Yamada K, et al. Effect of S-PRG Eluate on Biofilm Formation and Enzyme Activity of Oral Bacteria. *International Journal of Dentistry*. 2012;2012:1–6.
24. Itota T, Al-Naimi OT, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release from aged resin composites containing fluoridated glass filler. *Dental Materials* [Internet]. 2005 [cited 2021 Oct 4];21(11):1033–8. Available from: [www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema](http://www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema)
25. Miki S, Kitagawa H, Kitagawa R, Kiba W, Hayashi M, Imazato S. Antibacterial activity of resin composites containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler. *Dental Materials* [Internet]. 2016;32(9):1095–102. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2016.06.018>
26. Kimyai S, Lotfipour F, Pourabbas R, Sadr A, Nikazar S, Milani M. Effect of two prophylaxis methods on adherence of *Streptococcus mutans* to microfilled composite resin and giomer surfaces. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*. 2011;16(4).
27. Saku S, Kotake H, Scougall-Vilchis RJ, Ohashi S, Hotta M, Horiuchi S, et al. Antibacterial activity of composite resin with

- glass-ionomer filler particles. *Dental Materials Journal*. 2010;29(2):193–8.
28. Yassen GH, Huang R, Al-Zain A, Yoshida T, Gregory RL, Platt JA. Evaluation of selected properties of a new root repair cement containing surface pre-reacted glass ionomer fillers. *Clinical Oral Investigations* [Internet]. 2016;20(8):2139–48. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-016-1715-5>
  29. Nagai K, Domon H, Oda M, Shirai T, Ohsumi T, Terao Y, et al. Antimicrobial activity of ethylene-vinyl acetate containing bioactive filler against oral bacteria. *Dental Materials Journal*. 2017;36(6):784–90.
  30. Shimazu K, Oguchi R, Takahashi Y, Konishi K, Karibe H. Effects of surface reaction-type pre-reacted glass ionomer on oral biofilm formation of *Streptococcus gordonii*. *Odontology*. 2016;104(3):310–7.
  31. Kaga M, Kakuda S, Ida Y, Toshima H, Hashimoto M, Endo K, et al. Inhibition of enamel demineralization by buffering effect of S-PRG filler-containing dental sealant. *European Journal of Oral Sciences*. 2014;122(1):78–83.
  32. Hirayama K, Hanada T, Hino R, Saito K, Kobayashi M, Arakaki M, et al. Material properties on enamel and fissure of surface pre-reacted glass-ionomer filler-containing dental sealant. *Pediatric Dental Journal* [Internet]. 2018;28(2):87–95. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pdj.2018.05.001>
  33. Parodi Estellano G. Caries de Superficies Radiculares: Etiología, diagnóstico y manejo clínico. *Actas Odontológicas*. 2017;14(1):14.
  34. Ma S, Imazato S, Chen JH, Mayanagi G, Takahashi N, Ishimoto T, et al. Effects of a coating resin containing S-PRG

- filler to prevent demineralization of root surfaces. *Dental Materials Journal*. 2012;31(6):909–15.
35. Fujimoto Y, Iwasa M, Murayama R, Miyazaki M, Nagafuji A, Nakatsuka T. Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dental Materials Journal*. 2010;29(4):392–7.
  36. Viña Almunia J. Obtención y caracterización de células madre de pulpa dental humanas e interacción con  $\beta$ -fosfato tricálcico [Internet]. Universidad de Valencia. 2013. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/71025891.pdf>
  37. Iijima M, Ito S, Nakagaki S, Kohda N, Muguruma T, Saito T, et al. Effects of immersion in solution of an experimental toothpaste containing S-PRG filler on like-remineralizing ability of etched enamel. *Dental Materials Journal*. 2014;33(3):430–6.
  38. Hosoya Y, Ando S, Otani H, Yukinari T, Miyazaki M, Garcia F. Ability of Barrier Coat S-PRG coating to arrest artificial enamel lesions in primary teeth. *American Journal of Dentistry*. 2013;26(5):286–90.
  39. Kawasaki K, Kambara M. Effects of ion-releasing tooth-coating material on demineralization of bovine tooth enamel. *International Journal of Dentistry*. 2014;2014.
  40. Nakamura K, Hamba H, Nakashima S, Sadr A, Nikaido T, Oikawa M, et al. Effects of experimental pastes containing surface pre-reacted glass ionomer fillers on inhibition of enamel demineralization. *Dental Materials Journal*. 2017;36(4):482–90.
  41. Iijima M, Kawaguchi K, Kawamura N, Ito S, Saito T, Mizoguchi I. The effects of single application of pastes

containing ion-releasing particles on enamel demineralization. *Dental Materials Journal*. 2017;36(4):461–8.

42. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. [cited 2021 Oct 8]; Available from: [www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema](http://www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema)
43. Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH. A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. Vol. 27, *Dental Materials Journal*. 2008. p. 315–39.
44. Shimazu K, Ogata K, Karibe H. Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. *Dental Materials Journal*. 2011;30(6):923–7.