



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**ACIDEZ DE AGENTES CEMENTANTES DURANTE Y  
DESPUÉS DE SU FRAGUADO: ESTUDIO  
COMPARATIVO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**CIRUJANO DENTISTA**

**P R E S E N T A:**

**OSCAR IRAK CASTRO MEDINA**

**TUTORA: MTRA. JUANA PAULINA RAMÍREZ ORTEGA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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**

### **A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO:**

Por arroparme durante nueve años dentro de sus campus dejándome la gran satisfacción de ser parte de la máxima casa de estudios del país.

### **A LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

#### **LABORATORIO DE MATERIALES DENTALES**

Por darme las facilidades para poder realizar esta investigación. Especialmente a los doctores: Teresa Baeza Kingston, Carlos A. Álvarez Gayosso y Jorge Guerrero Ibarra.

### **A MI TUTORA LA MTRA. JUANA PAULINA RAMÍREZ ORTEGA**

Por aportar su talento y conocimientos para que se llevara acabo esta investigación; también por su paciencia y su amistad.

### **A LOS DOCTORES QUE IMPARTEN CATEDRA EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA:**

Especialmente a los doctores: María Concepción Ramírez Soberon, Juan Alberto Samano Maldonado, Nicolás Pacheco Guerrero e Irlanda Barrón Garcés; quienes son pilares de mi enseñanza profesional.

### **A LOS DOCTORES QUE IMPARTEN CATEDRA EN LA CLINICA VALLEJO:**

Especialmente a los doctores: Ramón Rodríguez Juárez y Patricia Díaz Coppe.

## DEDICATORIAS

A mi padre Joel Castro Arellano y a mi madre Sandra Medina Salazar, a quienes debo todo, quienes con todo su amor me han dado todo lo que ha estado en sus manos para que sea lo que hoy soy; gracias por todo su esfuerzo para que hoy concluya el sueño de verme titulado.

A mi hermanita Grecia, quien ha sido mi compañera, mi amiga y mi cómplice.

A Janet, ya que sin ti habría sido más difícil finalizar este trabajo el cual marca otra etapa en mi vida, te amo.

A mis abuelos José Isabel Castro Montelongo y Julia Salazar Hernández, quienes han formado parte importante en mi vida.

A mis amigos, Pepe, Robert, Carlos, Enrique y Fernando quienes me han acompañado a lo largo de este duro y difícil camino.

A mi amigo Javier, con quien he compartido cualquier tipo de vivencias quien me vio crecer, jugar y llorar.

LA LLAVE DEL ÉXITO EN LA VIDA ES EL CONOCIMIENTO DEL VALOR DE LAS COSAS

(John Boyle O'Reilly)

## RESUMEN

Los cementos ionómeros de vidrio fueron desarrollados a fines de la década de los 60's por Wilson y Kent. Consisten en un vidrio de aluminio y sílice con un alto contenido de fluoruro que interactúa con un ácido polialquenoico. El resultado es un cemento consistente en partículas de vidrio, rodeadas y sostenidas por una matriz que emerge de la disolución de la superficie de las partículas de vidrio en el ácido.

**OBJETIVO.** El objetivo de esta investigación es comparar el pH (grado de acidez) durante y después del fraguado, entre 8 marcas de ionómero de vidrio cementante, un cemento de fosfato de zinc y un policarboxilato, a diferentes tiempos (5, 10, 20, 30, 60 minutos, 24 y 48 horas). **MATERIAL Y MÉTODOS.** Todos los cementos se mezclaron respetando las indicaciones de los fabricantes (la proporción P/L y tiempo de manipulación). Para realizar las mediciones de pH correspondientes a los 5 y 10 minutos se preparó una mezcla de cada cemento y para realizar las otras mediciones (15, 20, 30, 60 minutos, 24 y 48 horas) se preparó otra mezcla. El procedimiento se efectuó de la siguiente manera: una vez terminada la primera mezcla se colocó inmediatamente en un recipiente de polipropileno con 20 mL de agua desionizada para hacer la medición con un potenciómetro (Oakton 510) y un electrodo combinado (Orion modelo 19-09) enjuagando y secando el electrodo entre cada determinación bajo agitación magnética. Previamente se hizo la calibración del electrodo usando soluciones buffer de pH=7.0 y pH=4.1. Después de terminada la segunda mezcla, se llevó a la estufa Hanau ( $37^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 95% HR) durante 15 min después el cemento fraguado fue transferido a un recipiente de polipropileno con 20 mL de agua desionizada, para hacer las mediciones a los 20, 30 y 60 minutos, 24 y 48 horas, manteniendo a  $37^{\circ}\text{C}$  las muestras entre cada determinación. **RESULTADOS.** Los cementos estudiados presentaron alta acidez inicial (excepto el policarboxilato) incrementando sus valores de pH lentamente. Los únicos cementos en alcanzar su neutralidad a las 24 horas fueron el ionómero Fuji I y policarboxilato. **CONCLUSIONES.** Los cementos de ionómero de vidrio estudiados presentaron alta acidez por lo tanto un alto potencial irritativo. Cuando se utilicen estos cementos, se recomienda utilizar previamente un protector pulpar.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	8
2.1 Ionómero de vidrio	8
2.1.1 Reacción de fraguado	8
2.1.2 Adhesión a Esmalte y Dentina	9
2.1.3 Biocompatibilidad	10
2.1.4 Propiedades	10
2.1.5 Resistencia a la Fractura	10
2.1.6 Clasificación	11
2.1.7 Manipulación	11
2.1.8 Ionómeros Modificados	12
• Con metal	12
• Con resina	13
2.2 Fosfato de zinc	13
2.2.1 Tiempos de Trabajo y Fraguado	14
2.2.2 Propiedades Físicas y Biológicas	15
2.3 Policarboxilato de zinc	16
2.3.1 Adhesión a la estructura dentaria	16
2.3.2 Grosor de capa	17
2.3.4 Propiedades físicas y biológicas	17
2.3.5 Manipulación	18
2.3.6 Preparación de la superficie y retención	18
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA ESPECIALIZADA	19
4. INVESTIGACIÓN	24
4.1 Planteamiento del Problema	24

4.2	Justificación	24
4.3	Hipótesis	24
4.4	Objetivo General	25
	• Objetivos específicos	25
4.5	Metodología	25
4.5.1	Universo de trabajo	26
4.5.2	Selección de la muestra	25
4.5.3	Criterios de inclusión	26
4.5.6	Criterios de exclusión	27
4.6	Materiales	28
4.7	Método	29
4.8	Resultados	33
4.9	Discusión	42
5.	CONCLUSIONES	45
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

## INTRODUCCIÓN

Los agentes cementantes hoy en día son parte fundamental en la odontología restauradora debido a que permiten la retención entre una restauración y el diente además de mejorar el sellado marginal. La elección del agente cementante depende de sus propiedades físico-químicas.

Existen cinco grandes categorías de agentes cementantes utilizados en odontología: óxido de zinc eugenol, cementos de fosfato de zinc, cementos de poliacarboxilato de zinc, cementos de ionómero de vidrio y cementos a base de resinas. El óxido de zinc y eugenol dejó de utilizarse como agente cementante debido a su baja resistencia a la compresión. Los demás cementos cuentan con características físico-químicas que les permiten ser una alternativa de elección para lograr la retención entre diente-restauración.

En este trabajo se analizarán a los cementos de ionómero de vidrio que presentan adhesión específica a la estructura dental, baja solubilidad, resistencia adecuada y coeficiente de expansión térmica similar al del diente así como liberación de fluoruros lo que le confiere propiedades anticariogénicas, sin embargo, la compatibilidad biológica de estos cementos según la literatura es controversial, así trabajos de investigación han demostrado sensibilidad postoperatoria creciente ya que su pH inicial es muy ácido y se va elevando lentamente hasta alcanzar su neutralidad, mientras otros mencionan que son biocompatibles a semejanza con los demás cementos, siempre y cuando la cavidad no sea muy profunda.

También tomaremos en cuenta a los otros cementos con base acuosa en este caso fosfato de zinc y poliacarboxilato de zinc. El fosfato de zinc fue el primer cemento utilizado como agente cementante y ofrece buenas características físico-químicas, sin embargo también presenta alta acidez; y por años ha sido el punto de comparación para los demás cementos; el cemento de Poliacarboxilato fue el primero en ofrecer adhesión específica al diente.

El presente trabajo pretende analizar el grado de acidez de los ionómeros de vidrio (disponibles en el mercado nacional) y compararlo con otros cementos de base acuosa (fosfato de zinc y poliacarboxilato), ya que este factor tiene relación directa con la biocompatibilidad así como con la sensibilidad posoperatoria. Con los resultados de este trabajo podemos saber cual es el que ofrece menor acidez y no ser un factor de irritación para la pulpa dental y así poder hacer una elección adecuada.



## ANTECEDENTES

### IONÓMERO DE VIDRIO

Los cementos ionómeros de vidrio fueron desarrollados a fines de la década de los 60's por Wilson y Kent. Consisten en un vidrio de aluminio y sílice con un alto contenido de fluoruro que interactúa con un ácido polialquenoico. El resultado es un cemento consistente en partículas de vidrio, rodeadas y sostenidas por una matriz que emerge de la disolución de la superficie de las partículas de vidrio en el ácido. Las cadenas de poliacrilato y calcio se forman rápidamente después de la mezcla de los componentes, y se desarrolla la matriz inicial que mantiene las partículas juntas. Tan pronto como los iones calcio están envueltos, los iones aluminio empezarán a formar cadenas de aluminio y poliacrilato, y ya que éstas son menos solubles y notablemente más fuertes, forman la matriz final. Esta matriz es relativamente insoluble en los líquidos orales, pero como las gotitas de fluoruro no son parte del sistema matriz, la capacidad de desprender iones fluoruro dentro de la estructura circundante del diente y saliva se mantiene<sub>1</sub>.

El fluoruro inicialmente se usa como fundente en la fabricación de las partículas de vidrio y ha demostrado ser una parte esencial de la reacción de fraguado. Representa el 20% del vidrio final en forma de gotitas diminutas estas se hacen accesibles desde la matriz más rápidamente que desde las partículas originales de vidrio<sub>1</sub>.

### Reacción de fraguado

Es importante tener presente que los constituyentes de los diferentes cementos de ionómero de vidrio no son los mismos, en realidad hay una considerable diferencia entre los polvos y los líquidos de los diferentes fabricantes<sub>2</sub>.

Una vez realizada la mezcla de los componentes (polvo y líquido o polvo y agua según sea el caso), el polvo empieza a incorporar protones (iones hidrógeno que resultan de la ionización del ácido) en su estructura vítrea (con lo que se constituye un gel de sílice alrededor de las partículas) al desplazar fuera de ellas cationes, como calcio, estroncio o zinc y especialmente aluminio. Éstos eventualmente forman las sales determinantes del fraguado y constituyentes de la matriz nucleada final (los núcleos son las partículas no reaccionadas como en todo

cemento). El proceso tarda en completarse, aunque la masa adquiera el aspecto de endurecida al cabo de unos minutos (cuatro a siete en promedio). Este fraguado inicial se caracteriza por la formación de una matriz basada en sales de poliaquenolato de calcio, estroncio o zinc por eso es que se debe proteger el material un tiempo (aproximado de 24 horas) del ambiente bucal. En caso contrario, no se completa de manera adecuada la reacción de formación de la sal de aluminio y el fraguado final o maduración química ocurre como consecuencia de la precipitación de una sal de polialquenoato de aluminio. Al poco tiempo de expuesto al medio bucal, el material se deteriora<sub>3</sub>.

Es interesante destacar que junto con la salida de cationes de la estructura de vidrio se produce la salida de fluoruros que habían sido utilizados en la preparación del vidrio. Estos fluoruros no intervienen en la reacción de fraguado, sino quedan relativamente libres en la estructura y pueden salir de ella cuando son expuestas al medio bucal<sub>3</sub>.

Esta última situación resulta beneficiosa por que la presencia de los componentes de fluoruro alrededor de la restauración ayuda a los procesos de mineralización y protección contra la aparición de lesiones cariosas en su cercanía. Una vez que cierta cantidad de esos iones fluoruro ha sido liberada, el material puede reincorporarlos a expensas del hidrogel silíceo que rodea cada una de las partículas de vidrio que constituyen los núcleos de la estructura del cemento fraguado. Esta situación puede generarse a partir de una aplicación tópica de fluoruro que se realice como acción preventiva odontológica, o bien por medio del empleo de colutorios o pastas dentales que contengan fluoruros y sean de uso cotidiano<sub>2</sub>.

### **Adhesión a Esmalte y Dentina**

Como ya se mencionó, los cementos a base de ácidos polialquenoicos tienen la posibilidad de adherirse químicamente a las estructuras dentarias al reaccionar parte de los grupos carboxilo de sus moléculas especialmente con el calcio de la hidroxiapatita.

Para que esto se produzca es necesario poner el material en contacto con el tejido dentario cuando todavía existen grupos carboxilo sin reaccionar.

La adhesión química entre el cemento y el esmalte o dentina pueden conseguirse perfectamente. Wilson describió una capa de intercambio iónico, que es visible con el microscopio óptico de barrido (MEB) y representa la unión química entre

ambos. Debido a la relativa baja resistencia a la tracción del cemento, el fallo en la unión normalmente ocurre dentro del cemento más que en la interfase entre el cemento y el diente. Sin embargo, esto presupone que la interfase esta libre de detritus, tales como saliva, película, placa, sangre y otros contaminantes en la clínica y esto puede lograrse acondicionando la superficie de la cavidad con una breve aplicación de ácido poliacrílico al 10%. Es un ácido relativamente suave, que puede disolver la capa de barrillo dentinario<sup>4</sup>.

### **Biocopatibilidad**

Esta propiedad de inmenso valor para un material restaurador o cementante ha sido estudiada por numerosos autores en estas investigaciones se habla del potencial irritante comparado con el ácido fosfórico componente de los líquidos del cemento de fosfato y los ácidos poliacrílicos del policarboxilato. Dichos autores mencionan que el ácido poliacrílico es de naturaleza menos ácida que el correspondiente fosfórico, y aún al disociarse el ión hidrógeno tiende a unirse a la cadena polielectrolítica. En igual forma las moléculas de ácido poliacrílico son de tamaño grande y difícilmente pueden penetrar, por su tamaño a los túbulos dentinarios, como sí lo hace la pequeña molécula del ácido fosfórico; además de esto, las cadenas de poliácido con sus múltiples grupos polifuncionales tienden a unirse a los diferentes sustratos del cemento o tejido dental, lo que impide su migración<sup>4</sup>.

### **Propiedades**

Sabemos de la solubilidad que presentan los ionómeros de vidrio es relativamente baja y se genera por el hecho de la formación de sal de un catión con electronegatividad relativamente alta como el aluminio. Es posible con este material realizar restauraciones definitivas.

Debe aclararse que esta indicación de restauración definitiva está limitada a aquellas no expuestas en forma directa a los esfuerzos oclusales. Las propiedades mecánicas del material (resistencia y tenacidad) no son suficientes para asegurar el mantenimiento del mismo.

Las propiedades ópticas pueden aproximarse razonablemente aunque no del todo a las piezas dentales en productos destinados a restauraciones. Otros, indicados para los que no quedan visibles. Son opacos en función de privilegiar otras

propiedades, por ejemplo la velocidad del fraguado, como en el caso de estos cementos<sup>5</sup>.

### **Resistencia a la Fractura**

La resistencia física del material es suficiente para soportar fuerzas oclusales moderadas, siempre y cuando este rodeado por estructura dental circundante. No esta recomendado para reconstruir cúspides o crestas marginales a cualquier nivel, particularmente en el paciente predisuesto a tenciones oclusales fuertes. La resistencia a las fuerzas tensionales y de cizalla es tal que no debe ser utilizado, por ejemplo, como el único soporte de una corona. Los materiales restauradores sirven para reconstruir un muñón, por que es posible proceder inmediatamente a la preparación final del diente, sin embargo, el cemento requiere considerablemente apoyo de la estructura dental remanente<sup>4</sup>.

La resistencia a las fuerzas anteriores no es buena, aunque tiene una reputación excelente para restaurar lesiones por erosión, no se retendrá en la superficie vestibular de los dientes anteroinferiores que han sido desgastados debido a una gran sobremordida, produciéndose una erosión posterior. Aunque puede colocarse el cemento sin interferir con la oclusión, la resistencia a las fuerzas iniciales son demasiado grandes<sup>1</sup>.

### **Clasificación**

Algunos autores han manejado su propia clasificación; nosotros nos basamos en la clasificación que establece la Norma Número 96 de la Asociación Dental Americana (ADA) para cementos con base acuosa, la cual los clasifica en:

- ❖ Agentes cementantes
- ❖ Bases o liners
- ❖ Material para restauración

### **Manipulación**

Es muy importante que la manipulación de los cementos de ionómero de vidrio sea estrictamente apegada a lo que establece el fabricante. Se dispensa sobre una loseta de vidrio la cantidad de polvo y líquido (cada fabricante suministra cucharillas dispensoras para el polvo; el líquido viene en un frasco con gotero

dispensador). La mezcla se hace siguiendo las indicaciones del fabricante y utilizando todo el polvo y todo el líquido. La mezcla resultante debe tener un espesor de película fino. Si se desea restaurar es necesario incorporar una mayor cantidad de polvo en la mezcla para mejorar las propiedades físicas finales; sin embargo, cuando el líquido es insuficiente para humedecer las partículas de polvo quedan partículas sueltas sin reaccionar<sub>3</sub>.

Si lo que se requiere es una base para colocar una restauración como amalgama o incrustación metálica, se manipula, más fácilmente con una menor cantidad de polvo y las propiedades físicas no serán de gran importancia. No obstante si lo que se quiere es una base debajo de un composite, entonces las propiedades físicas serán importantes y estará indicada una alta proporción P/L<sub>1</sub>.

La mezcla manual, en altas proporciones P/L para cementos restauradores es muy difícil es por eso que se recomienda el uso de cápsulas dosificadas, por que es el sistema ideal de preparación. La proporción P/L puede uniformarse, así como el tiempo de mezcla y, por lo tanto el del fraguado. De esta manera no existirán dudas sobre las propiedades físicas finales<sub>1</sub>.

## **IONÓMEROS DE VIDRIO MODIFICADOS**

**CON METAL.** Existen comercialmente ionómeros en los que, con la intención de mejorar algunas propiedades mecánicas, se han incorporado en su composición metales. Los más comunes se basan en la sinterización (unión a altas temperaturas) de las partículas de vidrio con las partículas de plata. El líquido mantiene la composición de los ionómeros convencionales.

Algunas propiedades mecánicas pueden verse algo mejoradas en estos productos conocidos como “cermets” (combinación cerámica-metálica), aunque el resultado final no es sustancialmente distinto. Por supuesto, las propiedades ópticas cambian y el ionómero pierde la posibilidad de imitar el tejido dentario en este sentido<sub>2</sub>.

**CON RESINA.** La cinética de la reacción ácido-base limita las posibilidades de disponer de cementos con muy largo tiempo de trabajo y corto tiempo de fraguado. Si el diseño industrial apunta un rápido endurecimiento para facilitar el logro de las propiedades finales, el tiempo que tiene el profesional para su trabajo se reduce. A la inversa, si se desea aumentar el tiempo disponible para el trabajo

se necesita mucho tiempo para alcanzar propiedades finales, con la posibilidad de deterioro por exposición prematura al medio bucal.

Una alternativa interesante a partir de una lenta reacción ácido-base para tener un adecuado tiempo de trabajo y completar, cuando el trabajo concluyó, con otra reacción que produzca un rápido endurecimiento. Este último tipo de situación es fácil de obtener a través de un mecanismo de polimerización.

En definitiva esta alternativa consiste en la preparación de un cemento de ionómero de vidrio con una disolución relativamente lenta del polvo en el líquido y lenta reacción de la sal y unión de las moléculas de ácido polialquenoico a través del aluminio, pero también la posibilidad de completar la unión de entre esas moléculas a través de una polimerización.

Para poder obtener esto, el líquido contiene una solución acuosa de moléculas de un ácido polialquenoico que, además de tener grupos carboxilo, tiene grupos vinílicos disponibles para reaccionar. Esto significa grupos adicionales con dobles ligaduras y por ende con la capacidad de polimerizar por adición. Además, el líquido por lo general también incluye otras moléculas solubles en agua (hidrófilas) con capacidad de polimerizar (por tener dobles ligaduras) como es el hidroxietilmetacrilato (designado usualmente con las siglas HEMA).

De esta manera cuando se mezcla el polvo con la mezcla original de los ionómeros de vidrio se inicia la reacción habitual en este cemento. Como el polvo contiene además sustancias capaces de iniciar la polimerización, esa reacción se complementa con la unión de las moléculas polialquenoicas y las otras como las HEMA a partir de la apertura de sus dobles ligaduras<sub>2</sub>.

## **FOSFATO DE ZINC**

El Fosfato de zinc es el agente cementante más antiguo y por lo tanto el que más tiene datos estadísticos. Sirve como modelo con el cual se pueden comparar los sistemas más recientes. Consiste en polvo y líquido en dos recipientes por separado<sub>4</sub>.

Los ingredientes principales del polvo son el óxido de zinc (90%) y el óxido de magnesio (10%). Los ingredientes del polvo se unen a temperaturas entre 1000° y 1400°C dentro de una tableta que después se hace fino polvo. El tamaño de la partícula del polvo influye en la velocidad del fraguado. Por lo general, cuanto más pequeño el tamaño de la partícula, más rápido es el fraguado del cemento.

El líquido contiene ácido fosfórico, agua, fosfato de aluminio y algunas veces fosfato de zinc. El contenido de agua en el líquido es de  $33\% \pm 5\%$ . El agua controla la ionización del ácido, que a su vez controla la en reacción líquido-polvo (acidobásica)<sub>3</sub>.

Cuando el polvo se mezcla con el líquido, el ácido fosfórico ataca la superficie de las partículas y libera iones de zinc sobre la superficie dentro del líquido. El aluminio que ya ha formado un compuesto con el ácido fosfórico, reacciona con el zinc y forma un gel de zinc aluminofosfato en la superficie de la porción restante de las partículas. Por lo tanto, el cemento fraguado es una estructura fundamental que consiste primero en partículas de óxido de zinc sin reaccionar enclavadas en una matriz cohesiva amorfa de zinc aluminofosfato.

Es obvio que el agua es crítica para la reacción, la composición del líquido se debe preservar para garantizar una reacción consistente. Pueden ocurrir cambios en la composición y en la tasa de reacción, ya sea por la propia degradación o por la evaporación del agua del líquido. Esto significa que los cambios de composición pueden afectar la reacción<sub>3</sub>.

### **Tiempos de trabajo y fraguado**

El tiempo de trabajo es el lapso medido desde el principio de la mezcla en el que la viscosidad de ésta es lo suficientemente baja para fluir bajo presión y formar una película delgada. La velocidad de formación de la matriz determina el tiempo de trabajo. El tiempo de fraguado significa que la matriz ha alcanzado un punto donde las alteraciones físicas externas no causan cambios dimensionales permanentes<sub>4</sub>.

**Factores que influyen en los tiempos de trabajo y fraguado.** Los tiempos de trabajo y fraguado de un producto comercial son propiedades esenciales controladas por el proceso de fabricación. Por lo general, conviene extender el tiempo de fraguado del cemento para proporcionar un tiempo suficiente de trabajo.

*Proporción polvo-líquido.* Los tiempos de trabajo y fraguado se pueden incrementar al reducir la proporción polvo-líquido sin embargo, este procedimiento no es un medio aceptable ya que perjudica las propiedades físicas y da como resultado un pH inicial del cemento menor. La reducción de la fuerza de compresión, junto con la disminución de la proporción P:L.

*Velocidad de incorporación del polvo.* Al introducir una pequeña cantidad de polvo dentro del líquido para los primeros incrementos aumenta el tiempo de trabajo y fraguado por reducción de la cantidad de calor generado y permite que se incorpore más polvo en la mezcla. Por esto, es el procedimiento recomendado para el fosfato de zinc.

*Tiempo de espatulación.* Los operadores que prolongan el tiempo de espatulación destruyen la matriz que se va formando. La fragmentación de la matriz significa que se necesita tiempo extra para reconstruir el volumen.

*Temperatura de la loseta de mezclado.* El método más efectivo para controlar los tiempos de fraguado y trabajo consiste en regular la temperatura de la loseta de mezclado. Al enfriar la loseta se retarda de manera marcada la reacción química entre el polvo y el líquido, y así se retarda la formación de la matriz. Esto permite la incorporación óptima de polvo dentro del líquido sin que la mezcla que desarrolle alta viscosidad<sup>4</sup>.

El cemento preparado en una loseta fría y gruesa permite reducir la reacción exotérmica causada por el proceso de fraguado e incrementa el tiempo de trabajo.

### **Propiedades Físicas y Biológicas**

Tiene dos propiedades físico-químicas que son relevantes para la retención de la restauración: las propiedades físicas y la solubilidad. La restauración se puede desalojar si el cemento subyacente se somete a un esfuerzo más allá de su fuerza. La alta solubilidad puede inducir a la pérdida del cemento necesario para la retención y puede crear sitios de retención de placa<sup>2</sup>.

Los cementos de fosfato de zinc, cuando se manipulan de manera apropiada muestran resistencia a la compresión de 104 MPa y resistencia elástica diametral de 5.5 MPa el cemento de fosfato de zinc tiene un módulo de elasticidad de aproximadamente 13 MPa. Por lo tanto, debe ser resistente a la deformación elástica<sup>5</sup>.

El fraguado del cemento de fosfato de zinc no implica reacción alguna con los tejidos duros que lo rodean o con otros materiales de restauración. Por lo tanto, la adhesión primaria ocurre por retención mecánica en la interfase y no por interacciones químicas.

En cuanto a la biocompatibilidad de este cemento se podría señalar que es muy ácido debido a la presencia del ácido fosfórico ya que presenta un pH de 2 después de realizada la mezcla al llevarlo al diente preparado, el pH se



incrementa rápido, pero es de sólo 5.5 a las 24 horas (cuando se emplean mezclas delgadas, el pH es menor y permanece bajo por largo tiempo)<sup>4</sup>.

A partir de estos datos es evidente que puede ocurrir cualquier daño a la pulpa debido al ataque del ácido fosfórico durante las primeras horas después de la inserción<sup>4</sup>.

## **POLICARBOXILATO DE ZINC**

El policarboxilato de zinc es el primer sistema de cementado que surgió como resultado del esfuerzo por obtener un agente cementante que se pudiera unir con firmeza a la estructura dentaria<sup>2</sup>.

Estos cementos se presentan en forma de polvo-líquido. El líquido es una solución acuosa de ácido poliacrílico o un copolímero del ácido acrílico con otros ácidos carboxílicos, como el ácido itacónico. El polvo es muy parecido al del fosfato está compuesto fundamentalmente por óxido de zinc y algo de óxido de magnesio. Este último puede ser sustituido por óxido de estaño. El polvo puede contener pequeñas cantidades de fluoruro estañoso, que modifica el tiempo de fraguado y mejora las propiedades en la manipulación. El fluoruro estañoso es un aditivo importante ya que aumenta su resistencia. Sin embargo, el flúor liberado por este cemento es solo una pequeña fracción (del 15 al 20%) del flúor liberado por otros cementos como los ionómeros de vidrio<sup>3</sup>.

La reacción de fraguado de este cemento implica la disolución de la superficie de las partículas por el ácido y la liberación de iones de zinc, magnesio y estaño; estos iones se unen con la cadena polimérica gracias a los grupos carboxilo. Estos iones reaccionan con los grupos carboxilos de las cadenas adyacentes del poliácido, por lo que se forma una sal entrecruzada a medida que el cemento fragua. El cemento endurecido consiste en una matriz amorfa en fase de gel entre la cual se hallan dispersas partículas sin reaccionar. La microestructura se asemeja a la apariencia de cemento de fosfato de zinc<sup>4</sup>.

### **Adhesión a la estructura dentaria**

Una de las principales características de este cemento es que presenta adhesión química a la estructura dentaria. Aún no se conoce todo el mecanismo, se cree que el ácido poliacrílico reacciona con los iones de calcio de la superficie del esmalte o dentina por medio de los grupos carboxilo. Por esto la fuerza adhesiva es mayor en el esmalte que en la dentina<sup>4</sup>.

## **Grosor de capa**

Cuando se mezcla el cemento de policarboxilato en la proporción P:L recomendada, parece ser mas viscosa que una mezcla comparable de cemento de fosfato de zinc, sin embargo, la mezcla de policarboxilato de zinc se considera pseudoplástica, y se vuelve fluida al aumentar la tasa de compresión. Esto significa que las fases de espatulado y la colocación reducen la viscosidad del cemento, por lo que durante estos procedimientos se puede obtener un grosor de capa de 25µm o menor<sup>4</sup>.

## **Tiempo de trabajo y fraguado**

El tiempo de trabajo para este cemento es mucho más corto que para el fosfato de zinc (aproximadamente 2.5 min frente a los aproximados 5 minutos del fosfato de zinc). A diferencia del fosfato de zinc, para el policarboxilato la temperatura de una loseta fría puede hacer que el ácido poliacrílico se espese. Este aumento de la viscosidad hace que el mezclado sea más difícil. Así se recomienda que antes del mezclado, lo único que debe ser refrigerado sea el polvo. Esto se justifica debido a que la reacción se da en la superficie, y la disminución de la temperatura del polvo puede producir un retraso en la reacción sin que el líquido se llegue a espesar. El tiempo de fraguado oscila entre 6 y 9 minutos, que es un rango adecuado para un agente cementante<sup>4</sup>.

## **Propiedades físicas y biológicas**

En cuanto a sus propiedades mecánicas, su resistencia a la compresión es menor que la del fosfato, la solubilidad del cemento es baja en agua pero aumenta cuando se expone a ácidos orgánicos con un pH de menos de 4.5. Así mismo, la reducción en la relación P/L produce una mayor solubilidad y una mayor tasa de desintegración en la cavidad oral.

En cuanto a su biocompatibilidad del cemento, el pH del líquido es de 1.7 aproximadamente, sin embargo este líquido es neutralizado rápidamente por el polvo debido a su reacción ácido-base. Por ello, el pH de la mezcla se eleva rápidamente a medida de que ocurre la reacción de fraguado, es por eso que a pesar de su naturaleza ácida, provoca una mínima irritación a la pulpa<sup>4</sup>.

## **Manipulación**

Este cemento se debe mezclar en una superficie que no absorba líquido. Una loseta de cristal ofrece ventajas sobre los papeles de mezcla que proporciona el

fabricante (tomando en cuenta que una loseta fría puede hacer mas viscoso al liquido) la loseta mantiene la misma temperatura por más tiempo. Tal y como se ha dicho anteriormente, el enfriamiento del polvo y la temperatura estable de la loseta ofrece un mayor tiempo de trabajo<sub>4</sub>.

El líquido no se debe dispersar antes de que vaya realizar la mezcla ya que puede perder agua por evaporación muy rápidamente. La pérdida de agua del líquido produce un notorio incremento en la viscosidad<sub>2</sub>.

El polvo se incrementa rápidamente al líquido. Si se quiere obtener una adhesión adecuada con la superficie dentaria, el cemento se debe colocar en el diente antes de que pierda su apariencia brillante. Esta superficie brillante indica la presencia de suficiente número de grupos carboxilo libres que son vitales para la adhesión con la superficie del diente. Una apariencia mate indica una insuficiente cantidad de grupos carboxilo que no son capaces de adherirse al calcio de la superficie dentaria<sub>4</sub>.

### **Preparación de la superficie y retención**

A pesar de la capacidad de adhesión del cemento a la superficie dentaria, los cementos de policarboxilato no son superiores a los de fosfato de zinc en cuanto a la retención en restauraciones coladas de los metales nobles. La fuerza que se requiere para la remoción de incrustaciones de oro cementadas con policarboxilato o fosfato es similar. El examen de la superficie fracturada muestra que el fracaso normalmente se produce en la interfase cemento-diente con el fosfato de zinc. En caso de los cementos de policarboxilato de zinc, el fallo suele darse en la interfase cemento-metal, más que en la interfase cemento-diente<sub>4</sub>.

## REVISIÓN DE LITERATURA ESPECIALIZADA

Las primeras experiencias con ionómeros de vidrio fueron desarrolladas poco después de su introducción al mercado por los mismos Wilson y Kent<sup>6</sup> en 1972 y ahí demostraron que eran menos irritantes que los cementos de fosfato para la pulpa dental, por el hecho de que el ácido poliacrílico del ionómero de vidrio es menos ácido que el ácido fosfórico del fosfato y también por que las grandes moléculas del polvo del ionómero tienen menor tendencia a difundirse por los túbulos dentinarios.

En 1986, Dennis C. Smith y N. Dorin Ruse<sup>7</sup> realizaron un estudio sobre la acidez del cemento de ionómero de vidrio durante y después de su fraguado y su relación con la sensibilidad pulpar, tomando en cuenta 5 de las principales marcas de ionómeros de vidrio comparándolos con un cemento de fosfato de zinc y un policarboxilato este último fue el menos agresivo ya que tuvo un pH inicial de 4 logrando elevarlo casi inmediatamente hasta 5 mientras que los otros cementos iniciaron con un pH de 2 y fueron incrementándolo lentamente pero no lograron la neutralidad dando como resultado una posible sensibilidad postoperatoria por lo que recomiendan siempre proteger la dentina expuesta. Heys y Fitzgerald<sup>8</sup> tuvieron experiencias similares en 1987 al evaluar ionómeros de vidrio aunque también percibieron una posible filtración bacteriana en la interfase a la que atribuyeron la evidente respuesta pulpar.

Por otro lado Saïto y Kawahara<sup>9</sup> en estudios desarrollados en el departamento de materiales dentales de Osaka Japón, comprobaron cómo el ionómero de vidrio en un medio de cultivo de células vivas, no tuvo influencia tóxica celular, en este estudio se utilizaron células de pulpa humanas.

En 1991 D. G. Charlton<sup>10</sup> y colaboradores realizaron un estudio sobre la determinación de pH de cementos establecidos, en los que se utilizaron cementos de ionómero de vidrio cementantes y restaurativos de la marca Ketac además de un policarboxilato Durelon los ionómeros de vidrio restauradores fueron tres fotocurables de los cuales dos presentaron un pH similar; el tercero presentó valores considerablemente bajos de pH, el ionómero como agente cementante presentó valores de pH bajos por lo que se le atribuye la sensibilidad postoperatoria asociada a este material.

En 1997 Garcés Ortiz<sup>11</sup> realizó un estudio para probar la toxicidad del cemento de ionómero de vidrio Ketac Silver en este estudio preparó 60 cavidades tipo V y en treinta utilizó el cemento de ionómero de vidrio Ketac Silver y en los otros treinta un ZOE los dividió en grupos según el tiempo de la extracción en 15, 30 y 60 días los dientes de 15 días después de la extracción y que fueron reconstruidos con el cemento Ketac Silver presentaron edema, vasodilatación, inflamación infiltrativa y necrosis pulpar por lo que recomienda utilizar un protector pulpar antes de utilizar este cemento. Cabe señalar que los dientes reconstruidos con ZOE no presentaron ningún tipo de alteración.

En el 2001<sup>12</sup> Sharanbir K. Shidhu hizo un análisis de la literatura sobre la biocompatibilidad de los cementos de ionómero de vidrio convencionales y modificados en el cual refiere que los cementos de ionómero de vidrio (CIV) o materiales de vidrio de polialquenoato son usados desde 1970. Abarcan un grupo de materiales heterogéneos con la aparición de materiales modificados. Aunque las características de estos materiales se hayan investigado detalladamente, un aspecto que todavía parece despertar confusión y sigue habiendo polémica es la biocompatibilidad. En general, la citotoxicidad de las muestras preparadas en otros estudios previos ha demostrado ser mínima. Como sea una muestra con cemento de ionómero de vidrio modificado con resina ha demostrado ser citotóxico, también se ha demostrado que este producto es mutagénico pero los datos de esta área son difíciles de interpretar. También hay evidencia que algunos de estos cementos tienen propiedades anticariogénicas debido al potencial del cemento para realizar recargas de fluoruro aunque este mecanismo no está claro todavía. En cuanto a la reacción de la pulpa los estudios previos han arrojado resultados difíciles como reacciones iniciales desfavorables que con tiempo pueden mejorar. Reacciones de dolor después de la cementación con ionómero de vidrio se han reportado anteriormente.

En el año 2003, WH Lan y TM Wang<sup>13</sup> hicieron una investigación sobre la citotoxicidad de cementos de ionómero de vidrio convencionales y modificados, en este estudio los autores compararon nueve tipos de ionómeros de vidrio en células humanas de pulpa dental exponiéndolas a los cementos durante cinco días. Se analizó la inhibición de crecimiento según el análisis de 3-(4,5-dimethylthiazol-2-1)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT), la exposición de las células a los cementos Pro Tec CEM, Fuji II LC; Compoglass y GC Linig cement; por cinco días disminuyó el número de células en 11%, 12%, 19% y 25% respectivamente, los cementos Fuji IX, GIC FX y Fuji II SC hicieron decrecer el número de células en 62%, 33%, y 29% respectivamente, por el contrario los cementos Hy-Bond y

Fuji I demostraron una suave supresión de células en 12% y 16 %. En cuanto a la morfología de las células después de la exposición a los cementos Compoglass, Fuji II LC y Pro Tec CEM disminuyeron la densidad de las células sin cambios morfológicos, estos resultados indican que los cementos Compoglass, Fuji II LC y Pro Tec CEM, son los más tóxicos para la pulpa dental que el ionómero convencional, los autores recomiendan no aplicar los cementos de ionómero de vidrio directo en la pulpa.

En el 2004 Zeynep Yesil Duymus<sup>14</sup>, investigó cambios de pH en varios cementos, en este estudio utilizó ocho cementos que consistieron en cuatro permanentes (Adhesor de Spofa Dental [fosfato], Durelon de ESPE [policarboxilato], Meron de Voco [ionómero de vidrio] y Harvardid de Harvard Dental [silicofosfato]). Cuatro temporales a base de óxido de zinc y eugenol (Tempbond de Kerr, Sinogol de POBD, Provilat de POB y Scutabond de ESPE 3M). Todos los cementos se manipularon siguiendo las instrucciones de los fabricantes. Se utilizaron 80 muestras en total dividiendo 10 muestras de cada tipo de cemento, las muestras se colocaron en recipientes con agua desionizada con el fin de poder medir su pH; las mediciones se realizaron a los tres, diez, sesenta, ciento veinte minutos y veinticuatro horas después. Los análisis mostraron relación entre el tipo de cemento y su cambio de pH, mientras los cementos temporales mostraron un pH neutro al inicio del estudio, los permanentes tomaron valores aproximadamente neutros hasta las 24 horas.

En el 2006 Pedro P.C. Souza y Andreza M.F.Aranha<sup>15</sup>, realizaron un estudio in vitro e in vivo sobre la biocompatibilidad de un ionómero de vidrio modificado con resina. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos tóxicos del ionómero de vidrio en un cultivo de células y en tejido subcutáneo de ratas. Este estudio consta de dos experimentos en el primero se colocaron 30 muestras del cemento y fueron introducidas en pozos con 1.1 mL de cultivo celular y fueron incubadas por 24, 48 y 72 horas, los extractos de cada muestra fueron en MPPC-23 células, el DMEM fue usado como grupo control, el análisis MTT fue realizado para analizar la respiración mitocondrial. En el segundo experimento se tomaron 54 muestras en tubos de polipropileno y fueron llenados de los materiales experimentales implantados en el tejido subcutáneo dorsal de la ratas a 7, 30 y 90 días, los animales fueron sacrificados y las biopsias fueron utilizadas para su evaluación histológica. Los resultados desecharon que en el primer experimento durante el tiempo de evaluación el material tuvo influencias significativas en la respiración

celular en general los extractos obtenidos a las 24 horas fueron menos tóxicos que los extraídos a las 48 y 72 horas. En el segundo experimento los resultados fueron que las muestras obtenidas a los 7 días presentaron una intensa reacción inflamatoria, la cual disminuyó en un cierto plazo, sin embargo la cura del tejido ocurrió hasta los 90 días de evaluación como conclusión los autores presentaron que el ionómero puede causar una notable inflamación del tejido conectivo cuando entra en contacto directo con el. Los efectos tóxicos de esta clase de material soluble dependen de la cantidad de componentes disueltos en los ambientes acuosos.

Recientemente en el 2007 Kyung-San Min y Hyun-Il Kim<sup>16</sup>, realizaron un estudio similar pero estos investigadores se basaron principalmente en el cemento Portland y el objetivo principal de este estudio fue investigar los efectos celulares del cemento comparándolo con un grupo control en este caso el Dycal y un ionómero de vidrio restaurador, se utilizó un cultivo de células de pulpa humana y con el análisis MTT, ningún efecto tóxico fue observado en el cemento Portland, en comparación el cemento de ionómero de vidrio como material de restauración intermedia y el grupo control (Dycal) demostraron un rango de supervivencia de menos del 40% a 12 horas. Analizando con el microscopio de barrido electrónico (MEB) reveló que las células expuestas al cemento Portland eran planas y presentaban numerosas extensiones citoplasmáticas, en el grupo del ionómero de vidrio se observó la sialophoteína del esmalte dental alterada. Los resultados de este estudio sugieren que el cemento Portland es biocompatible y permite la proliferación de células relacionadas con la mineralización y tiene el potencial para ser utilizado como material protector de pulpa.

Hiraishi y cols<sup>17</sup>, realizaron un estudio para medir la difusión de ácido de ionómero de vidrio, fosfato y Policarboxilato de zinc a través de la dentina bovina y para ello utilizó un microscopio y un sensor de imagen para medir el pH el cual dependía de la cantidad de iones  $H^+$  y  $OH^-$  provenientes de la mezcla del cemento, las mediciones las hizo desde los 3 minutos después de realizada la mezcla hasta un mes después de realizada la mezcla, y reportó que los ionómeros de vidrio mostraron los valores de pH mas bajos durante más tiempo. El Policarboxilato se neutralizó rápidamente, y encontró evidencia de la difusión del ácido en las muestras con espesor de 0.25mm de grosor (hacia el lado pulpar) y por lo tanto un pH significativamente mas bajo con ionómeros de vidrio y fosfato de zinc.

Ben y cols<sup>18</sup>, realizaron un estudio in vitro donde evaluaron los cambios de pH de 3 ionómeros de vidrio modificados con resina y un ionómero convencional (forro) la evaluación se hizo en breves intervalos de tiempo para relacionar la fotopolimerización de los ionómeros modificados con la acidez de los cementos, las determinaciones se realizaron inmediatamente después de la mezcla hasta el minuto nueve después de eso. En sus resultados reportó que los valores de pH al minuto después de realizada la mezcla fueron: Variglass (2.72), Lining Cement (2.74), Fuji (3.20) y Vitrebond (3.60) incrementando gradualmente su pH en cada medición. Se realizó un análisis de varianza donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa de ( $P \leq 0.001$ ) y donde Vitrebond hizo la diferencia.

Sonda y cols<sup>19</sup>, evaluaron la reacción de la pulpa con 4 diferentes cementos: óxido de zinc y eugenol, ionómero de vidrio, Policarboxilato y fosfato de zinc. En este estudio realizaron cavidades en dentaduras de primates dividiendo las obturaciones de los 4 cuadrantes con los cementos, sacrificando a los animales y preparando los dientes obturados para su análisis histopatológico a los 5, 30 y 90 días. En la evaluación de 3 y 5 días todos los cementos mostraron inflamación de moderada a severa, por lo que señala que todos los materiales fueron químicamente irritantes y el grado de irritación depende del material usado.

Algo similar realizaron Paimejer y Stanley<sup>20</sup> en 1991, hicieron preparaciones para cementar coronas en dentaduras de primates; en algunas de las preparaciones se protegió a los dientes con hidróxido de calcio. En un periodo de 5 y 60 días los animales fueron sacrificados, las dentaduras fueron disecadas y tratadas para la evaluación histopatológica y se observó una respuesta inflamatoria de moderada a severa en los dientes no protegidos, mientras que en los que se colocó hidróxido de calcio la respuesta inflamatoria fue leve.



# INVESTIGACIÓN

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cementos a base de ionómero de vidrio tienen muchas características físico-químicas adecuadas para considerarlos una opción en el momento de cementar una restauración. La compatibilidad biológica de estos cementos según la literatura es controversial, así, algunos autores relatan sensibilidad postoperatoria creciente mientras otros mencionan que son biocompatibles a semejanza con los demás cementos siempre que la cavidad no sea muy profunda. Se han realizado muchos estudios in vitro e in vivo para saber si la acidez del cemento de ionómero de vidrio provoca una creciente sensibilidad postoperatoria e inclusive en casos muy específicos hasta unas necrosis pulpar debido al alto grado de acidez del cemento. Por lo que surge la siguiente cuestión ¿qué tiempo le toma a los cementos de ionómero de vidrio alcanzar un pH que no pueda ser considerado como un factor de irritación para la pulpa? y ¿Que tan distinta es la acidez de los cementos de ionómero de vidrio con respecto al cemento de fosfato de zinc y al policarboxilato de zinc?

## JUSTIFICACIÓN

Con la evaluación in vitro del comportamiento de la acidez (cambios en el pH) de los cementos durante y después de su fraguado podremos seleccionar el cemento que sea menos irritante a los dientes vitales y evitar así problemas postoperatorios.

## HIPÓTESIS

Existirán diferencias en el grado de acidez (pH) entre ocho marcas de cemento de ionómero de vidrio, un fosfato de zinc y un policarboxilato.

## **OBJETIVO GENERAL**

Comparar el pH (grado de acidez) entre 8 marcas de ionómero de vidrio cementante, un cemento de fosfato de zinc y un policarboxilato, a diferentes tiempos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Después de haber hecho la mezcla, medir el pH de cada una de los cementos a los:

- 5 minutos
- 10 minutos
- 20 minutos
- 30 minutos
- 60 minutos
- 24 horas
- 48 horas

## **METODOLOGÍA**

UNIVERSO DE TRABAJO:

CEMENTOS DENTALES DE BASE ACUOSA (AGENTES CEMENTANTES)

SELECCIÓN DE LA MUESTRA:

IONÓMERO DE VIDRIO CONVENCIONAL (CEMENTANTE)

FOSFATO DE ZINC (CEMENTANTE)

POLICARBOXILATO DE ZINC

## CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Se incluirán las siguientes marcas de agentes cementantes: (Fig. 1-3)

MARCA	CASA COMERCIAL
GLASSION	QUALITY
AQUA CEM	DEGUSSA
MIRAFILL	FAPRODMIR DENTAL
ION GLASS	VIARDEN
KAVITA CEM	SPOFA DENTAL
MEDENTAL	CONANCO
3M Rely X Luting	3M ESPE
FUJI I	GC AMERICA IN
FOSFATO WHITE	SS WHITE
POLICARBOXILATO WHITE	SS WHITE

## CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Todos los cementos no contemplados en los criterios de inclusión
- Todos los cementos de ionómero de vidrio restauradores y modificados.



Fig. (1-3) Aquí se presentan las ocho marcas comerciales de cementos de Ionómero de Vidrio, el Fosfato y el Policarboxilato de zinc

## MATERIALES

- Loseta de vidrio gruesa
- Espátula para cementos
- Cronómetro
- Estufa (HANAU)
- Recipientes de polipropileno
- Agua desionizada
- Probeta de 20 mL
- Cabina con temperatura controlada  $37^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Potenciómetro (Oakton 510)
- Electrodo Combinado (Orion modelo19-09)
- Agitador magnético
- Vaso de precipitados de 250 mL
- Papel absorbente
- Cinta adhesiva (Maskin Tape™)
- Solución Buffer con pH=7.0
- Solución Buffer con pH=4.1

## MÉTODO

Todos los cementos se mezclaron respetando las indicaciones de los fabricantes (la proporción P/L y tiempo de manipulación) (Fig.4-6). Para realizar las mediciones de pH correspondientes a los 5 y 10 minutos se preparó una mezcla de cada cemento y para realizar las otras mediciones (15, 20, 30, 60 minutos, 24 y 48 horas) se preparó otra mezcla. El procedimiento se efectuó de la siguiente manera: Una vez terminada la primera mezcla se colocó inmediatamente en un recipiente de polipropileno con 20 mL de agua desionizada (Fig.7) para hacer la medición con un potenciómetro (Oakton 510) y un electrodo combinado (Orion modelo19-09) bajo agitación magnética (Fig.8). La determinación de pH se hizo a los 5 y 10 minutos enjuagando y secando el electrodo con papel absorbente entre cada medición (Fig.9). Cabe señalar que previamente se hizo la calibración del electrodo usando unas soluciones buffer de pH=7.0 y pH=4.1 (Fig.10).



Fig. 4 Después de homogeneizar el polvo, se midieron las cucharas razas



Fig.5 Posición vertical del gotero para dispensar el líquido

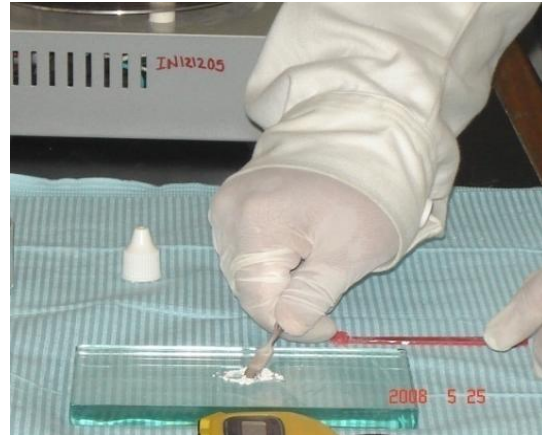


Fig.6 Se mezcló el cemento, tomando el tiempo con un cronómetro para tener los tiempos exactos



Fig.7 La muestra fue colocada en un recipiente de polipropileno con 20 mL de agua desionizada.



Fig.8 Se hizo la determinación de pH a los 5 y 10 min.



Fig.9 El electrodo se enjuagó y secó con papel absorbente entre cada medición



Fig.10 soluciones buffer utilizadas para la calibración

Una vez terminada la segunda mezcla, se llevó a una estufa Hanau ( $37^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 95% HR) durante 15 min (Fig.11-12), después el cemento fraguado fue transferido a un recipiente de polipropileno con 20 mL de agua desionizada, se numeró y codificó cada uno de los recipientes que contenían las muestras (con el nombre, número de mezcla y hora en la que se realizó) para hacer las mediciones a los 20, 30 y 60 minutos, 24 y 48 horas como se explicó anteriormente (Fig. 13). Entre cada determinación, las muestras se mantuvieron a  $37^{\circ}\text{C}$  (Fig.14-15).

Todas las mediciones (de cada tiempo establecido) se hicieron por cuadruplicado.



Fig. 11-12 Después de realizada la segunda mezcla se colocó en la estufa ( $37^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 95% HR) durante 15 min.



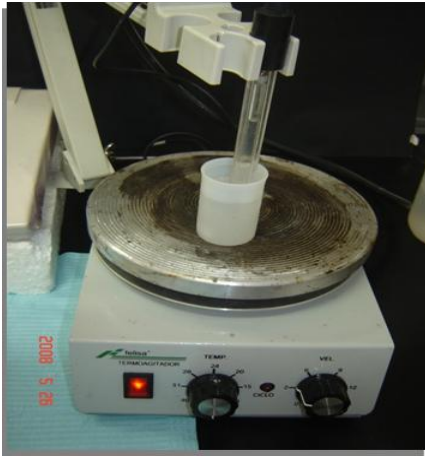


Fig.13 Se hicieron las mediciones de la segunda mezcla bajo las mismas condiciones

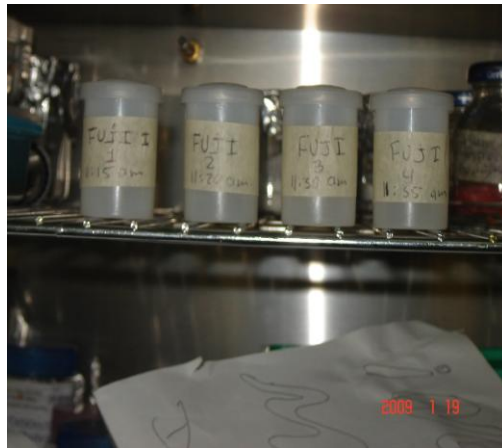


Fig. 14 Las muestras se mantuvieron a (37°C)



Fig. 15 Cabina con temperatura controlada (37°±1°C)

Los resultados fueron registrados en una hoja de Excel para posteriormente ser analizados estadísticamente con una prueba de ANOVA utilizando el programa Sigma Stat 2.

## RESULTADOS

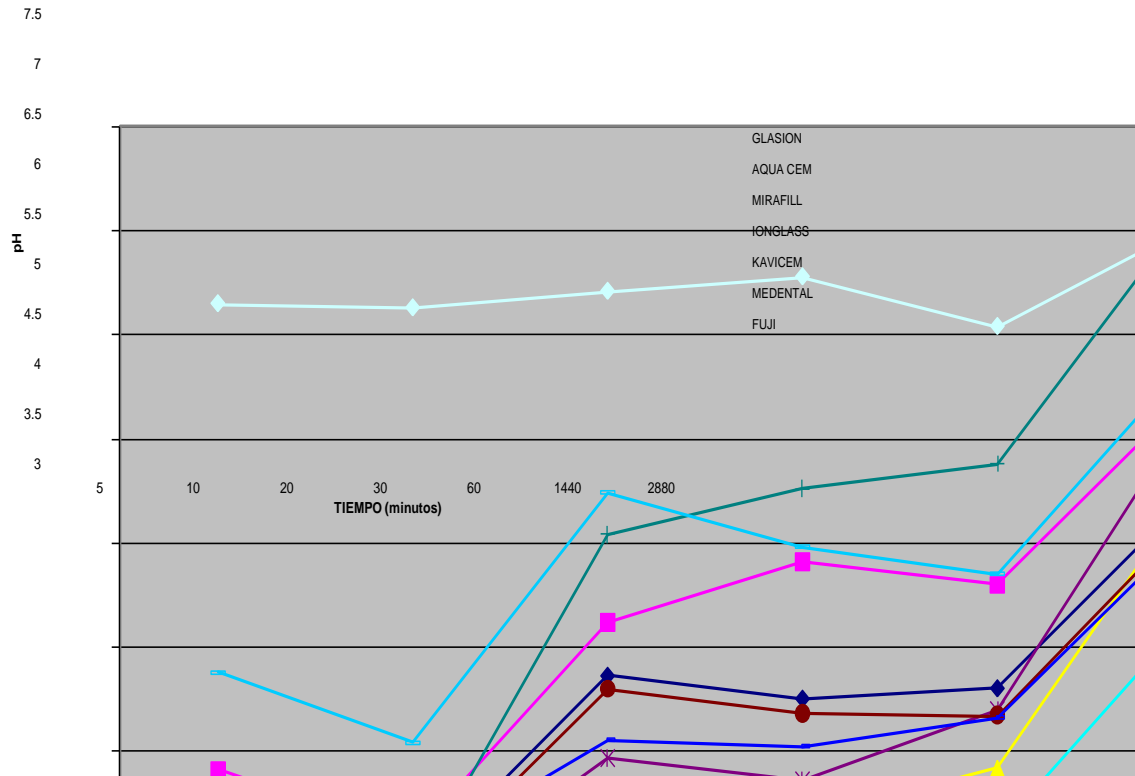
CEMENTO	TIEMPO						
	5 min	10 min	20 min	30 min	60 min	24 hs	48 hs
<b>Glasion</b> (Ionómero de Vidrio)	4.08 (0.23)	3.92 (0.16)	4.87 (0.17)	4.75 (0.31)	4.81 (0.28)	5.75 (0.44)	5.91 (0.43)
<b>Aquacem</b> (Ionómero de Vidrio)	4.41 (0.09)	4.09 (0.16)	5.13 (0.36)	5.41 (0.82)	5.31 (0.68)	6.23 (0.22)	6.48 (0.21)
<b>Mirafill</b> (Ionómero de Vidrio)	3.90 (0.12)	3.81 (0.10)	4.21 (0.12)	4.18 (0.14)	4.43 (0.22)	5.76 (0.14)	5.93 (0.13)
<b>longlass</b> (Ionómero de Vidrio)	3.79 (0.13)	3.69 (0.02)	4.22 (0.10)	4.07 (0.06)	4.11 (0.04)	5.16 (0.09)	5.70 (0.13)
<b>Kavicem</b> (Ionómero de Vidrio)	3.70 (0.15)	3.79 (0.15)	4.47 (0.24)	4.36 (0.13)	4.70 (0.09)	6.16 (0.13)	6.31 (0.11)
<b>Medental</b> (Ionómero de Vidrio)	3.78 (0.04)	3.87 (0.04)	4.80 (0.18)	4.68 (0.11)	4.67 (0.12)	5.63 (0.20)	5.84 (0.22)
<b>Fuji I</b> (Ionómero de Vidrio)	3.96 (0.07)	3.89 (0.05)	5.54 (0.18)	5.76 (0.18)	5.88 (0.49)	7.12 (0.42)	6.97 (0.30)
<b>3M Rely X Luting</b> (Ionómero de Vidrio)	4.37 (0.16)	4.00 (0.05)	4.55 (0.14)	4.52 (0.09)	4.66 (0.09)	5.58 (0.09)	5.74 (0.09)
<b>WITHE Policarboxilato</b>	6.65 (0.18)	6.63 (0.12)	6.71 (0.04)	6.78 (0.12)	6.54 (0.08)	7.03 (0.22)	6.95 (0.15)
<b>WHITE Fosfato</b>	4.88 (0.18)	4.54 (0.56)	5.74 (0.34)	5.48 (0.25)	5.35 (0.28)	6.40 (0.48)	6.70 (0.39)

Tabla 1. Resultados de pH (promedio y desviación estándar).

Los resultados se presentan en la tabla 1 de acuerdo a los tiempos específicos de medición.

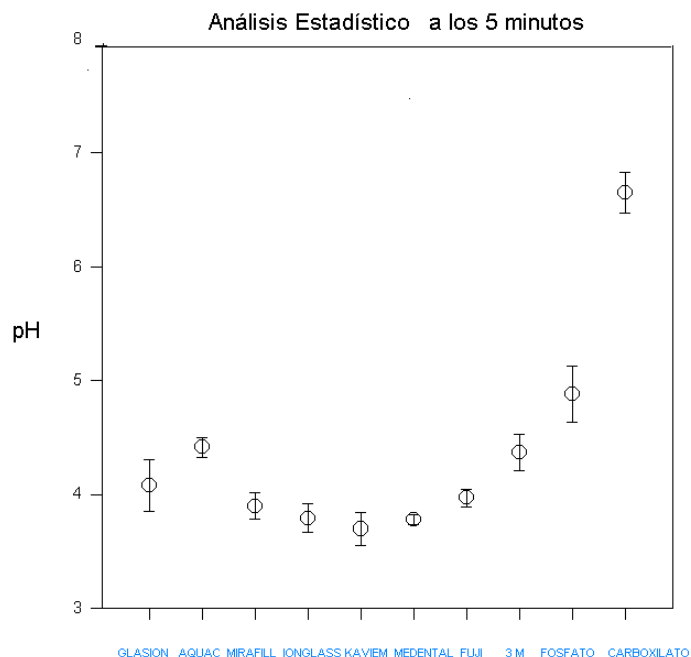
El cemento que presentó valor de pH más bajo a los 5 min fue Kavicem, y el valor mas alto fue el de Policarboxilato, todos los cementos aumentaron de pH gradualmente (gráfica 1) y al final del estudio los valores más altos de pH los tuvieron ionómero Fuji, Policarboxilato, Fosfato y Aquacem.

CAMBIOS EN EL pH DURANTE Y DESPUÉS DEL FRAGUADO



Gráfica 1. Se puede observar el comportamiento de cada cemento en (los tiempos específicos). Observamos que el Polycarboxilato mantuvo un pH cercano a la neutralidad todo el tiempo logrando su valor mas elevado a las 24 horas, el cemento de fosfato de zinc presentó valores inconstantes pero al final se mantuvo por encima de los ionómeros de vidrio con excepción de la marca (FUJI) el cual se comportó igual que todos los ionómeros en los primeros minutos y en el minuto 20 tuvo una elevación marcada y a las 24 horas presentó pH neutro siendo el único ionómero en elevar su pH hasta ese valor.

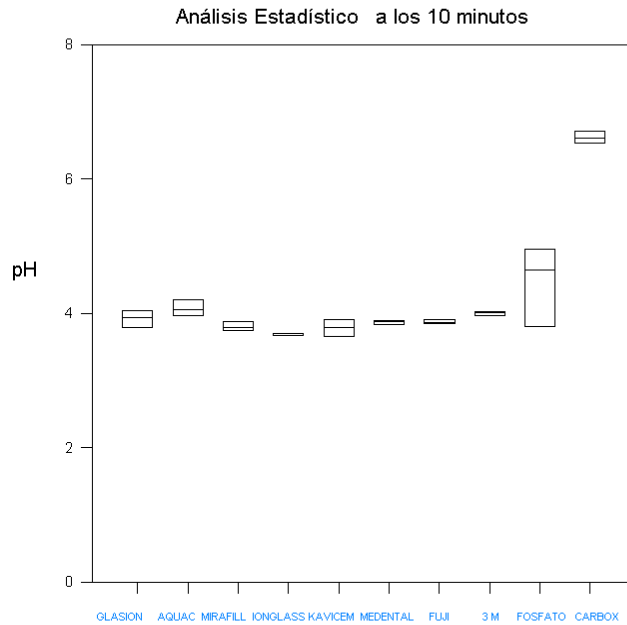
Todos los resultados de cada tiempo establecido fueron analizados estadísticamente y se encontró lo siguiente:



Gráfica 2. Los resultados de la determinación a los 5 minutos fueron analizados con una prueba ANOVA y se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P = <0.001$ ).

Con la prueba post - hoc Tukey se hizo la comparación múltiple.

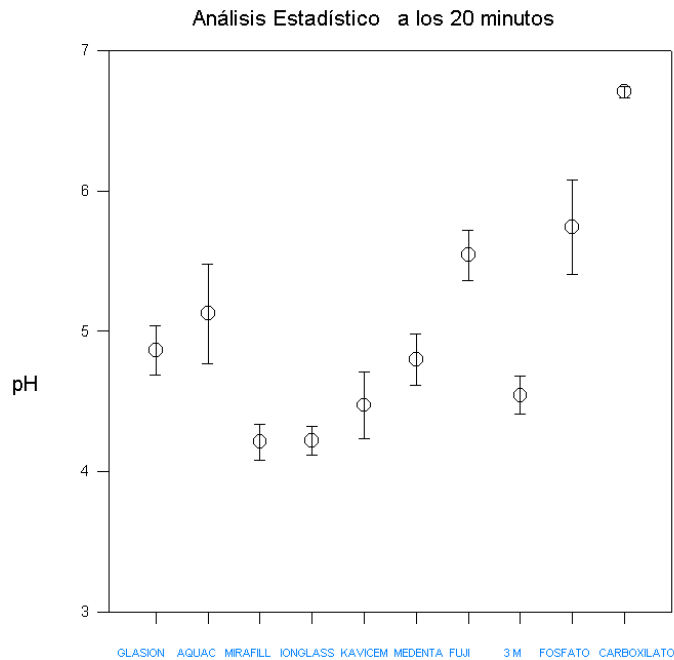
Comparación	Dif. Significativa	P	Q	P<0.05
CARBOXILATO vs. KAVIEM	2.955	10	38.388	SI
CARBOXILATO vs. MEDENTAL	2.873	10	37.316	SI
CARBOXILATO vs. IONGLASS	2.860	10	37.153	SI
CARBOXILATO vs. MIRAFILL	2.753	10	35.757	SI
CARBOXILATO vs. FUJI	2.683	10	34.848	SI
CARBOXILATO vs. GLASION	2.570	10	33.386	SI
CARBOXILATO vs. 3 M	2.283	10	29.651	SI
CARBOXILATO vs. AQUACEM	2.237	10	29.067	SI
CARBOXILATO vs. FOSFATO	1.770	10	22.994	SI
FOSFATO vs. KAVIEM	1.185	10	15.394	SI
FOSFATO vs. MEDENTAL	1.102	10	14.322	SI



Gráfica 3. Los resultados de la determinación a los 10 minutos fueron analizados con una prueba ANOVA y se encontraron diferencias estadísticas significativas (P = 0.003).

Con la prueba post - hoc Student-Newman-Keuls se hizo la comparación múltiple.

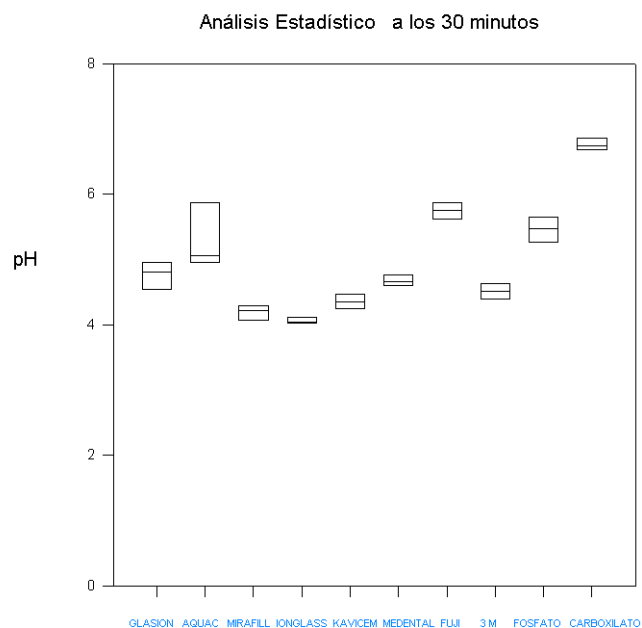
Comparación	Dif. Filas	P	Q	P<0.05
CARBOXILATO vs IONGLASS	131.500	10	5.624	SI
CARBOXILATO vs KAVICEM	108.000	9	5.125	SI
CARBOXILATO vs MIRAFILL	101.000	8	5.383	SI
CARBOXILATO vs MEDENTAL	91.000	7	5.531	SI
CARBOXILATO vs FUJI	84.500	6	5.975	SI
CARBOXILATO vs GLASION	71.000	5	6.001	SI
CARBOXILATO vs FOSFATO	48.000	4	5.041	SI
CARBOXILATO vs 3M	46.000	3	6.379	SI
CARBOXILATO vs AQUACEM	39.000	2	7.961	SI
AQUACEM vs IONGLASS	92.500	9	4.390	SI



Gráfica 4. Los resultados de la determinación a los 20 minutos fueron analizados con una prueba ANOVA y se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P = <0.001$ ).

Con la prueba post - hoc Tukey se hizo la comparación múltiple.

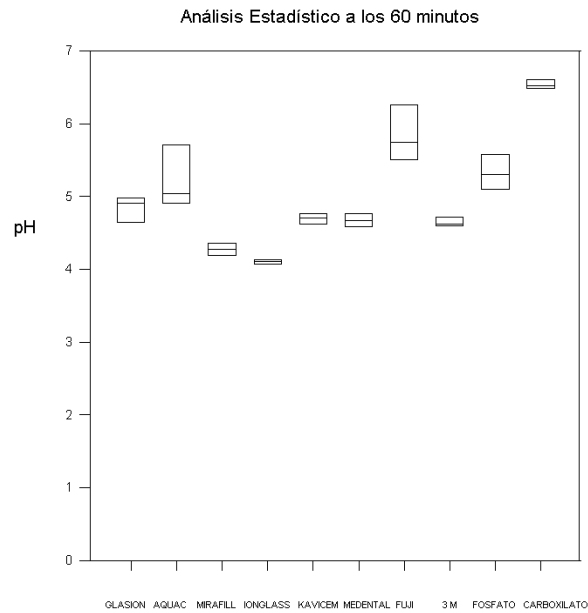
Comparación	Dif. Significativa	P	Q	P<0.05
CARBOXILATO vs. MIRAFILL	2.495	10	23.845	SI
CARBOXILATO vs. IONGLASS	2.487	10	23.774	SI
CARBOXILATO vs. KAVICEM	2.232	10	21.336	SI
CARBOXILATO vs. 3 M	2.160	10	20.644	SI
CARBOXILATO vs. MEDENTAL	1.907	10	18.230	SI
CARBOXILATO vs. GLASION	1.840	10	17.585	SI
CARBOXILATO vs. AQUECEM	1.580	10	15.100	SI
CARBOXILATO vs. FUJI	1.162	10	11.110	SI
CARBOXILATO vs. FOSFATO	0.962	10	9.199	SI
FOSFATO vs. MIRAFILL	1.532	10	14.646	SI
FOSFATO vs. IONGLASS	1.525	10	14.575	SI



Gráfica 5. Los resultados de la determinación a los 30 minutos fueron analizados con una prueba ANOVA y se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P = <0.001$ ).

Con la prueba post - hoc Student-Newman-Keuls se hizo la comparación múltiple.

Comparación	Dif. Filas	P	Q	P<0.05
CARBOXILATO vs IONGLASS	139.500	10	5.966	SI
CARBOXILATO vs MIRAFILL	129.000	9	6.122	SI
CARBOXILATO vs KAVICEM	109.500	8	5.836	SI
CARBOXILATO vs 3M	93.000	7	5.653	SI
CARBOXILATO vs MDENTAL	78.000	6	5.515	SI
CARBOXILATO vs GLASION	73.000	5	6.170	SI
CARBOXILATO vs AQUACEM	42.000	4	4.411	SI
CARBOXILATO vs FOSFATO	34.000	3	4.715	SI
CARBOXILATO vs FUJI	22.000	2	4.491	SI
FOSFATO vs IONGLASS	117.500	9	5.576	SI

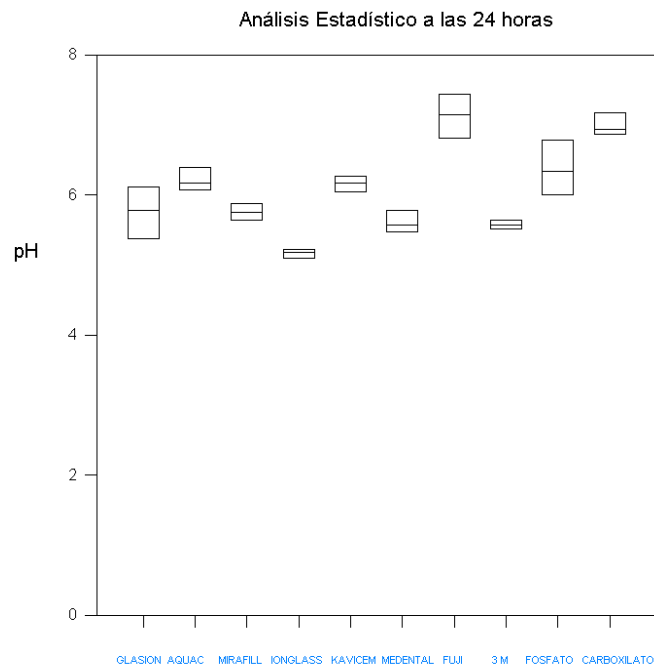


Gráfica 6. Los resultados de la determinación a los 60 minutos fueron analizados con una prueba ANOVA y se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P = <0.001$ ).

Con la prueba post - hoc Student-Newman-Keuls se hizo la comparación múltiple.

Comparación	Dif. Filas	P	Q	P<0.05
CARBOXILATO vs IONGLASS	141.000	10	6.031	SI
CARBOXILATO vs MIRAFILL	126.000	9	5.980	SI
CARBOXILATO vs 3M	92.000	8	4.904	SI
CARBOXILATO vs MEDENTAL	90.000	7	5.470	SI
CARBOXILATO vs KAVICEM	88.000	6	6.223	SI
CARBOXILATO vs GLASION	71.000	5	6.001	SI
CARBOXILATO vs AQUACEM	42.000	4	4.411	SI
CARBOXILATO vs FOSFATO	32.500	3	4.507	SI
CARBOXILATO vs FUJI	17.500	2	3.572	SI
FOSFATO vs IONGLASS	123.500	9	5.561	SI

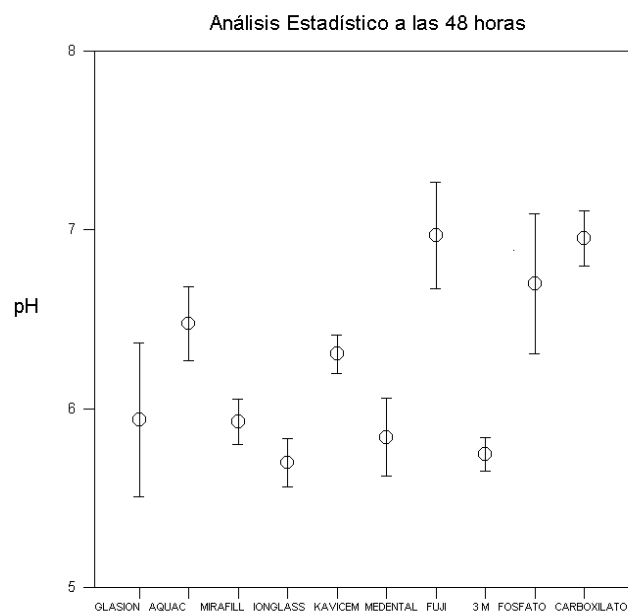




Gráfica 7. Los resultados de la determinación a las 24 horas fueron analizados con una prueba ANOVA y se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P = <0.001$ ).

Con la prueba post - hoc Student-Newman-Keuls se hizo la comparación múltiple

Comparación	Dif. Filas	P	Q	P<0.05
FUJI vs IONGLASS	136.000	10	5.817	SI
FUJI vs MEDENTAL	102.500	9	4.864	SI
FUJI vs 3M	102.500	8	5.463	SI
FUJI vs MIRAFILL	86.000	7	5.227	SI
FUJI vs GLASION	84.000	6	5.940	SI
FUJI vs KAVI CEM	45.000	5	3.803	NO
FUJI vs ACUACEM	42.000	4	4.411	No necesito prueba
FUJI vs FOSFATO	38.000	3	5.270	No necesito prueba



Gráfica 8. Los resultados de la determinación a las 48 horas fueron analizados con una prueba ANOVA y se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P = <0.001$ ).

Con la prueba post - hoc Tukey se hizo la comparación múltiple.

Comparación	Dif. Significativa	P	Q	P<0.05
FUJI vs. ION GLASS	1.270	10	10.427	SI
FUJI vs. 3M	1.225	10	10.058	SI
FUJI vs. MEDENTAL	1.127	10	9.257	SI
FUJI vs. MIRAFILL	1.042	10	8.559	SI
FUJI vs. GLASION	1.030	10	8.457	SI
FUJI vs. KAVICEM	0.662	10	5.439	SI
FUJI vs. AQUACEM	0.492	10	4.044	NO
FUJI vs. FOSFATO	0.268	10	2.196	NO
FUJI vs. CARBOXILATO	0.0150	10	0.123	NO
CARBOXILATO vs. ION GLASS	1.255	10	10.304	SI
CARBOXILATO vs. 3M	1.210	10	9.935	SI

## DISCUSIÓN

El ionómero de vidrio hoy en día es el cemento más utilizado por los odontólogos para cualquiera de sus aplicaciones clínicas ya sea como material para cementar o para restauración, por las características físicas y químicas que presenta como lo hemos mencionado.

En este trabajo se realizaron mediciones a tiempos específicos durante y después del fraguado para evaluar el cambio de pH de 8 marcas de cementsos de ionómero de vidrio, comparándolas con un Fosfato y un Policarboxilato de zinc, ya que estos han sido parámetros de comparación en otros estudios similares (DG Charlton<sup>10</sup>, N. Hiraishi<sup>17</sup>, Sonoda<sup>19</sup>).

Se puede observar que el cemento que presentó los valores más bajos de pH a los 5 min después de iniciada la mezcla fue el ionómero Kavicem (3.70) seguido por el cemento Medental (3.78) e longlass (3.79) estos valores son similares a los que obtuvieron A.Ben y cols<sup>18</sup> aunque en su estudio fueron otras marcas de ionómero a los 5 minutos con Variglass (3.16) y Fuji LC (3.78) (ambos ionómeros modificados con resina). En la medición de 10 minutos longlass (3.69) fue el cemento más ácido, seguido por Kavicem (3.79), Mirafill (3.81) y Medental (3.87). Por otra parte los cementsos Fuji I (3.96), Glasion (4.08), Rely X (4.37) y Aquacem (4.41), presentaron valores más altos a los 5 min. Todos los cementsos de ionómero de vidrio aumentaron sus valores de pH paulatinamente, sin embargo en los que más cambio se observó a los 20 min fueron Aquacem (5.13) y el que elevó su pH con mayor rapidez fue Fuji I (5.54) dato que concuerda con lo reportado por DG Charlton y cols<sup>10</sup> ya que señala que los mayores incrementos de pH se presentaron en los primeros 20 minutos. Entre los 30 y 60 minutos no se observaron cambios de pH sustanciales en ninguno de los cementsos. Después de esta medición se mantuvieron en una cabina de temperatura controlada  $37^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  con la finalidad de semejar las condiciones del medio bucal, hasta realizar la siguiente determinación 24 horas después de realizada la mezcla donde se observó que los mayores incrementos en el pH correspondieron a Fuji I (7.17) y Policarboxilato (7.03) ambos alcanzaron un pH neutro y los demás se mantuvieron entre pH=5.16 (longlass) y pH=6.49 (Fosfato). En la determinación realizada a las 48 horas, los valores registrados fueron muy parecidos a los de 24 horas, observándose en la mayoría de los cementsos un incremento en promedio de 0.2 de unidad de pH; longlass incrementó 0.5 de pH, y en los cementsos que habían alcanzado la neutralidad a las 24 horas Fuji I (7.12) y Policarboxilato (7.03) se observó una ligera disminución en el valor de pH (del orden de 0.02) presentando (6.97) y (6.95) respectivamente.

En este trabajo pudimos comprobar que el pH del ionómero de vidrio es ácido y debido a esto se ha atribuido sensibilidad postoperatoria (DG Charlton<sup>10</sup>, N. Hiraishi<sup>17</sup>, Sonoda<sup>19</sup>, Dennis C. Smith<sup>7</sup>, Fitzgerald<sup>8</sup>) ya que irrita considerablemente la pulpa dental esto se puede atribuir a que el ácido poliacrílico contiene ciertos ácidos los cuales reaccionan inmediatamente con el relleno de vidrio y contribuye a prolongar el tiempo de pH bajo y se le puede considerar como una desventaja muy marcada del cemento de ionómero de vidrio. Cabe señalar que seguimos las indicaciones de cada fabricante al pie de la letra, así fue que nos dimos cuenta que cada fabricante tiene variaciones en cuanto a las proporciones polvo-líquido, y este hecho puede influir en el grado de acidez de los cementos de ionómero de vidrio.

En este estudio los resultados reportaron que las marcas de cemento de ionómero de vidrio que presentaron un mayor grado de acidez fueron los cementos que presentan más variaciones en su proporción P/L ya que DG Charlton y cols<sup>10</sup>, realizaron variaciones con los cementos estudiados disminuyendo y aumentando un 25% la cantidad de polvo empleado en la mezcla (de lo recomendado por el fabricante) y tuvieron como resultado que al disminuir la cantidad de polvo en la mezcla hubo mayor acidez; en este estudio se observó que el cemento Mirafill tiene un dispensador de líquido que presenta variaciones en las proporciones dispensando gotas de diferentes tamaños, lo que repercutió en su mayor acidez, dando como resultado una mezcla fluida debido a que en la matriz se concentra más ácido, éste es un factor de irritación que puede en muchos casos provocar sensibilidad (Sonoda<sup>19</sup>).

Esta sensibilidad puede ser causada por la irritación química del material, donde la dentina remanente sea muy delgada. Estos hallazgos sugieren que algunos cementos utilizados en este estudio son irritantes químicos, y el grado de irritación depende del cemento usado (Sonoda<sup>19</sup>).

longlass y Medental presentaron valores de pH muy bajos a pesar de no haber tenido alteración en la proporción P/L a la hora de dispensar el material.

En este estudio, el cemento de fosfato presentó una variación en sus valores pero su pH se mantuvo por encima de algunas marcas de cementos de ionómero de vidrio a los 5 minutos (4.88) y aumentó casi una unidad de pH a los 20 minutos (5.74), valores más altos que lo reportado por DG Charlton<sup>10</sup>, N. Hiraishi<sup>17</sup>, debido probablemente a que se usaron diferentes marcas.

Con respecto al cemento de policarboxilato desde los 5 minutos después de terminada su mezcla presentó valores cercanos a la neutralidad (6.65) teniendo

mínimos cambios hasta alcanzar (7.03) a las 24 horas. Esta rápida neutralización se debe a que el líquido del policarboxilato reacciona con el polvo de óxido de zinc aumentando su pH rápidamente (N. Hiraishi<sub>17</sub>). En la medición a las 48 horas disminuyó su valor a (6.95) cambio que no es significativo.

Todos los cementos presentaron un aumento paulatino en su pH después de los 20 minutos sin embargo sólo el cemento Fuji I y el Policarboxilato lograron su neutralidad después de 24 horas.

En la literatura encontramos que los cementos que presentan reacción ácido-base (cementos utilizados en este estudio) aumentan su pH conforme avanza la reacción de fraguado logrando su neutralidad en 24 horas, en este trabajo pudimos comprobar que no es así; es verdad que aumenta paulatinamente el pH pero la mayoría de los cementos no llegaron a la neutralidad quedando un pH ácido que puede actuar como factor de irritación y que puede traer como consecuencia la sensibilidad posoperatoria de acuerdo con lo reportado por Dennis C. Smith y cols<sub>7</sub>, así como Fitzgerald y cols<sub>8</sub> y con DG Charlton y cols<sub>10</sub>, N. Hiraishi y cols<sub>17</sub> y A. Ben-Amar y cols<sub>18</sub>, por lo que en dientes recién tallados o cavidades profundas se recomienda colocar un protector pulpar antes de usar un cemento de ionómero de vidrio.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- Todos los cementos de ionómero de vidrio presentaron alta acidez inicial (a los 5 minutos) incrementaron sustancialmente su pH, pero solo Fuji I alcanzó la neutralidad a las 24 horas. Los más ácidos a las 48 horas fueron longlass y Rely X por lo que tienen un alto potencial de irritación.
- El cemento de fosfato tuvo alta acidez inicial, incrementando sustancialmente hasta llegar a un valor cercano al neutro a las 48 horas.
- El cemento de policarboxilato tuvo el mejor comportamiento, ya que a los 5 minutos presentó valores cercanos al neutro (6.65) neutralizándose por completo a las 24 horas.
- Todos los cementos estudiados, excepto el policarboxilato tienen un alto potencial irritativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Mount J G. Atlas Práctico De Cementos De Ionómero De Vidrio, 5ª. ed. México, Salvat Editores, 1990. Pp 1-13.
  
- 2.- Macchi, RL. Materiales Dentales. 4ª ed, México, Editorial Médica Panamericana, 2007. Pp 138-157.
  
- 3.- Guzmán Báez, HJ. Biomateriales Odontológicos De Uso Clínico. 2da edición, México, Cat Editores, 1990. Pp 64-69.
  
- 4.- Anunsavise, KJ, La Ciencia De Los Materiales Dentales. 11va. Ed. Madrid, Editorial ELSEVIER, 2004. Pp 138-157.
  
- 5.- Barrios Quina EJ, Porto Neto ST. Respuesta Pulpar a Diferentes Agentes Cementantes. Rev Estomat Herediana 2004; 14(1-2): 84-88.
  
- 6.- Wilson AD, Kent BE. New Translucent Cement for Dentistry. Br Dent J 1972; 132:133- 35.
  
- 7.- Smith CD, Ruse ND. Acidity of glass ionomer cement during setting and its relation to pulp sensitivity. JADA, 1986; Vol. 112, May: 654-657.
  
- 8.- Heys JR, Fitzgerald M. An Evaluation of a glass ionomer luting agent: pulpal histological response. JADA, 1987; Vol. 114 May: 607- 611.

9. – Saito, Kawahara: Biological evaluation of glass ionomer cement. J Dent Res 1979;Vol 58 March: 80-88.

10.- Charton DG, Moore, BK. Direct surface pH determinations of Setting cements. Operative Dentistry 1991;16: 231-238.

11.- Garcés-Ortíz M, Ledesma-Montes C. Cytotoxicity of Ketac Silver cement. J Endodontics 1997; 23(6): 371-373.

12.- Sharanbir K. Sidhu, Gottfried Schmalz. The Biocompatibility of glass-ionomer cement materials. Am J Dent, 2001; Vol. 14, (6), December: 386-396.

13.- Lan WH, Lan WC. Cytotoxicity of convencional and modified glass Ionomer Cements. Operative Dentistry, 2003, 28-3;51, 251-259.

14.- Zeynep Yesil Duymus. An investigation of pH changes of various cements. Quintessence Int, 2004;35(9): 753-757.

15.- Souza Pedro PC, Andreza MF, Aranha. In vitro cytotoxicity and in vivo biocompatibility resin-modified glass-ionomer cements. Dent Mat. 2006; 22: 838-844.

16.- Kyung-San Min, Hyung-II Kim. Human Pulp cells response to Portland cement in vitro. J Endodontic, 2007; 33:163-166.

17.- Hiraishi N. Kitasako Y. Acidity of convencional luting cements and their diffusion through bovine dentine. Int J Endodontic 2003; Vol. 36(9), September: 622-628.



18.- Ben-Amar A. Liberman R. pH changes of glass-ionomer lining materials at various time interval. J Oral Rehab, 1999; 26 (11), Nov: 847-52.

19.- Sonda H. Inokoshi S. Pulp tissue reaction to four dental cements, Operative Dentistry, 2001; 26: 2001-2007.

20.- Pameijer CH, Stanley HR. Biocompatibility of a glass ionómer lutting agent. Am J Dent 1991; 4 (3): 134-41.