

01461  
4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**INFLUENCIA DE LOS METALES USADOS  
EN ODONTOLOGÍA EN LA  
CONCENTRACIÓN DEL FLUORURO  
LIBERADO POR LOS CEMENTOS DE  
IONÓMERO DE VIDRIO**

**T E S I S**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN ODONTOLOGÍA**

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

**JUANA PAULINA RAMÍREZ ORTEGA**

**TUTOR: DCO FEDERICO H. BARCELÓ SANTANA**



**MÉXICO, D.F., 2001**



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.



**INFLUENCIA DE LOS METALES EMPLEADOS EN  
ODONTOLOGÍA EN LA CONCENTRACIÓN DEL FLUORURO  
LIBERADO POR LOS CEMENTOS DE IONÓMERO DE  
VIDRIO**

**TESIS DE MAESTRÍA**

COMITÉ DE TESIS

APROBADA

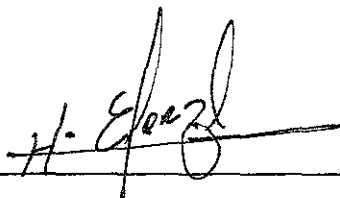
Q.F.B. Ma. del Carmen Sansón Ortega



---

ASESOR

M. en C. Haroldo Elorza Pérez Tejeda



---

ASESOR

Dr. Federico H. Barceló Santana



---

DIRECTOR

# ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Antecedentes.....	4
Planteamiento del Problema.....	17
Justificación.....	17
Hipótesis.....	18
Objetivos.....	19
Metodología.....	20
Población de Estudio y Muestra.....	20
Criterios Inclusión y Exclusión.....	21
Material y Método.....	22
Resultados.....	30
Discusión.....	42
Conclusiones.....	45
Propuestas de Investigación a Futuro.....	46
Bibliografía.....	47
Anexo 1.....	51
Anexo 2.....	55

# ÍNDICE

## DE FOTOS

Fotos 1-4.....	26
Fotos 5-8.....	27
Fotos 9-12.....	29

## DE TABLAS

Tabla 1.....	31
Tabla 2.....	32
Tabla 3.....	33

## DE GRÁFICAS

Gráfica 1.....	34
Gráfica 2.....	35
Gráfica 3.....	36
Gráfica 4.....	37
Gráfica 5.....	38
Gráfica 6.....	39
Gráfica 7.....	40
Gráfica 8.....	41

## RESUMEN

A principios de la década de los 70's surgieron comercialmente los cementos de ionómero de vidrio, CIV desde entonces tuvieron gran aceptación por ofrecer dos ventajas singulares: adhesión específica a la estructura dental y liberación de fluoruro a largo plazo, lo que significa un medio para prevenir la caries.

El objetivo de éste trabajo fue analizar la influencia que tienen las aleaciones de uso dental (amalgama, plata-paladio, plata-estaño, níquel-cromo y cobre-aluminio) en la concentración del fluoruro liberado por dos cementos de ionómero de vidrio, uno convencional (Degussa) y uno modificado con resina (Vitremmer). Se elaboraron muestras de las aleaciones y de los ionómeros de vidrio de acuerdo a las indicaciones de los fabricantes, las cuales fueron almacenadas en pares (ionómero/aleación) en agua desionizada; el grupo control estuvo sin aleación. La determinación del fluoruro liberado por los cementos de ionómero de vidrio se realizó en un período comprendido entre 24 horas y 85 días, empleando un potenciómetro (Orion) y un electrodo selectivo para fluoruros. Los resultados fueron analizados estadísticamente con una Anova de 1 vía y sugieren que el cemento de ionómero de vidrio Degussa mostró diferencias estadísticamente significativas en los grupos correspondientes a amalgama dental y aleación plata-estaño, ya que la cantidad de fluoruro liberado fue mayor que el grupo control. El cemento de ionómero de vidrio Vitremmer no mostró diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de fluoruro liberado en ningún grupo; en general, este cemento mostró durante el estudio, menor cantidad de fluoruro liberado que el ionómero de vidrio convencional.

**Palabras clave:** ionómero de vidrio, liberación de fluoruro, fluoruro, prevención

## ABSTRACT

In the early 1970's Glass Ionomer Cements (GIC's) were development and introduced commercially, since then were extensively accepted in dentistry by offering two singular advantages: their specific adhesion to dental tissues (enamel and dentin through an ion exchange), and long time fluoride release, which means a form to caries prevention.

The aim of this study was to analyze the influency that alloys of dental use (dental amalgam, silver-palladium, silver-tin, nickel-chromium and copper-aluminum) have on the fluoride release concentration from two glass ionomer cements: one conventional (Degussa) and another with resin modified (Vitremmer). Samples from both GIC's and from dental alloys, were made according to the manufacturer's indications, which were stored by couples (GIC/alloy) in deionized water at  $37 \pm 1$  °C; control group were without alloy. Determination of fluoride released from GIC's was made in a period among 24 hours and 85 days, using an ion analyzer (Orion) and fluoride selective electrode (Orion). The results were statistically analyzed by One Way ANOVA and suggest that GIC Degussa showed statistically significant differences in groups corresponding to dental amalgam and silver-tin alloy, because the amount of fluoride released was higher than the others groups, including control group. GIC Vitremmer showed no statistically significant differences in the amount of fluoride released; furthermore, in general during the present study GIC Vitremmer released significantly less fluoride than conventional GIC.

**Key Words:** glass ionomer cements, caries prevention, slow release, fluoride released



## INTRODUCCIÓN

Desde su aparición en el mercado dental a principios de los años 70's, los cementos de ionómero de vidrio han causado gran revuelo en el ámbito odontológico debido a las propiedades y ventajas que ofrecen estos cementos. A través del tiempo su fórmula se ha modificado para mejorar más sus propiedades y darles una aplicación clínica más amplia. A lo largo de estos años se les ha sometido a incontables investigaciones; una de las características fundamentales que se les ha estudiado sin duda lo constituye la "Liberación de Fluoruro", ya que está científicamente comprobado que es un mecanismo de prevención contra la caries dental.

La liberación de fluoruro de los Ionómeros de Vidrio se ha estudiado ampliamente (en diferentes medios de almacenamiento, a diferentes tiempos, si es posible que se "recargue" mediante aplicaciones de fluoruro tópico, etc), pero no se ha reportado en la literatura cómo es ésta liberación de fluoruro o la relación que guarda cuando existen simultáneamente restauraciones de ionómero y otras elaboradas con metales, de ahí surge la idea de llevar a cabo este trabajo: analizar el comportamiento del fluoruro liberado por los cementos de ionómero de vidrio en presencia de aleaciones para restauración dental.

## ANTECEDENTES

El cemento de ionómero de vidrio fue desarrollado por Wilson y Kent a principios de los 70's. Este material es el resultado de la combinación del polvo del silicato, con el líquido del cemento de polycarboxilato, que al formar un híbrido puede ofrecer las características más ventajosas de cada uno de ellos respectivamente, por un lado la resistencia, rigidez y liberación de fluoruro que son propias de los silicatos; y por otro lado la adhesión específica (principalmente a esmalte), y la biocompatibilidad que ofrece el ácido poliacrílico del polycarboxilato de zinc.<sup>1-6</sup>

Originalmente, los cementos de ionómeros de vidrio (CIV) se crearon exclusivamente para restaurar cavidades clase V y zonas cervicales erosionadas (ya que dichos cementos no tienen suficiente resistencia mecánica para colocarse en áreas de carga masticatoria). Sin embargo, estos cementos fueron ganando terreno en la odontología y poco después de su aparición en el mercado se empezaron a emplear exitosamente en prostodoncia para cementar puentes y coronas; en ortodoncia se han obtenido resultados satisfactorios en la fijación de bandas y adhesión de brackets.<sup>7-9</sup>

Actualmente, gracias al avance tecnológico y al desarrollo de nuevas formulaciones, estos cementos se emplean para otras aplicaciones clínicas como: bases o forros cavitarios, material de reconstrucción en prótesis (a este CIV se le agrega polvo de aleación de Ag), e incluso se emplea en odontología preventiva como sellador de fosetas y fisuras.<sup>2, 5, 10-12</sup>

Por definición un cemento de ionómero de vidrio consiste de un componente básico, el polvo de vidrio de aluminosilicato de calcio que contiene más del 23% de fluoruro. El fluoruro está presente como NaF, CaF<sub>2</sub> y AlF<sub>3</sub>. El ácido con el que se mezcla, es un polielectrolito, el cual puede ser descrito como un ácido polialquenoico. El más comúnmente usado es el ácido poliacrílico. En algunas presentaciones comerciales de los cementos, el ácido está mezclado seco en el polvo de vidrio; el sistema se activa luego con agua o una solución acuosa de ácido tartárico.<sup>1,3-5</sup>

Una de las excelentes propiedades y muy probablemente a la que deban el gran auge que han tenido los cementos de iónomero de vidrio (al igual que los silicatos), lo constituye su capacidad para liberar fluoruro en los fluidos e incrementar el nivel de fluoruro en los tejidos adyacentes a la restauración, así como en el medio que lo rodea.<sup>9, 13-19</sup>

Se ha comprobado científicamente que el fluoruro presente en algunos materiales empleados en odontología tiene la capacidad de prevenir la caries dental debido principalmente a que el esmalte del diente se remineraliza formando la fluorapatita al estar en contacto con los fluoruros, por lo tanto, es menos susceptible a la disolución en un medio ácido.<sup>15, 20-27</sup>

También se ha mencionado que para aumentar el contenido de fluoruro del esmalte, se deben realizar periódicamente aplicaciones tópicas de fluoruros (geles) ya que éstos pueden llegar a modificar la morfología de la superficie del esmalte, dando como resultado una superficie menos adecuada para que se establezca la caries.<sup>28</sup>

A ciertos materiales dentales de obturación se les ha agregado fluoruro con el objeto de que tengan la capacidad de prevenir la caries, específicamente la caries secundaria. Entre dichos materiales se encuentran: amalgamas dentales, resinas compuestas, cementos de fosfato, carboxilatos, algunos cementos de óxido de zinc-eugenol e incluso barnices; mientras que cementos dentales como silicatos, silicofosfatos, y iónomero de vidrio tienen en su composición fluoruros y los reportes refieren los beneficios que estos materiales han demostrado en la prevención de la caries dental, así como la notable disminución de caries secundarias.<sup>14-16, 21, 22, 29-32</sup>

Al grupo de los Halógenos pertenecen los elementos Flúor, Cloro, Bromo, Yodo y Astatato y como se ha demostrado, el flúor tiene una amplia aplicación en el campo dental y por ello hay que tener presente que éstos elementos tienen una marcada predilección por reaccionar con los metales dando como resultado la formación de iones metálicos positivos y el ión fluoruro.

Existe evidencia sobre la interacción de los halógenos con los metales. Algunos estudios han reportado que los metales en presencia de halógenos forman una capa de sales sobre su superficie, semejante a la capa de pasivación que forma el oxígeno ( $O_2$ ) en la superficie de los metales.<sup>33-36</sup>

Los estudios de los ionómeros de vidrio publicados abarcan sus propiedades y comportamientos físico, químico y biológico; del mismo modo, se ha dado relevancia a la liberación del fluoruro de dichos cementos, pero no se han reportado estudios sobre la interacción y efecto de las restauraciones dentales metálicas con relación al fluoruro de los ionómeros.

La caries recurrente representa un problema muy importante en la odontología restaurativa. Un método efectivo para reducir este problema puede ser el uso de materiales que contienen fluoruros, tales como los ionómeros de vidrio. Muchos estudios *in vitro* han mostrado que dichos cementos realmente reducen la incidencia y severidad de la caries secundaria.<sup>15, 16</sup>

Algunos estudios sobre la liberación de fluoruro de los cementos de ionómero de vidrio han sido conducidos *in vitro* usando agua desionizada, saliva artificial o soluciones ácidas como medio de almacenamiento. Sin embargo, los hallazgos de laboratorio no pueden ser comparados directamente a la situación clínica debido a la complejidad propia del medio ambiente oral.<sup>9, 37-39</sup>

Se ha señalado que la capacidad para inhibir la formación de caries secundaria de los materiales dentales restaurativos que contienen fluoruros, depende de la liberación de fluoruro y del comportamiento clínico. La liberación de fluoruro de dichos materiales es gobernada por variables tanto intrínsecas como extrínsecas; los factores intrínsecos están relacionados con la preparación del material, proporción polvo/líquido, tiempo de mezclado y temperatura. forma de la muestra, acabado y protección de la muestra, permeabilidad del

material y del tipo de fluoruros incorporados al polvo. En cambio, los factores extrínsecos se relacionan con el medio de almacenaje (su pH, temperatura y composición), diseño experimental (volumen de la solución de almacenado, frecuencia del cambio de la solución y agitación), así como del método analítico. Se ha sugerido que el fluoruro liberado de los CIV es derivado de partículas de vidrio que no reaccionaron y de los fluoroaluminofosfatos en la matriz. También se sabe que la liberación de fluoruro ocurre por tres diferentes mecanismos: el lavado de la superficie, la difusión a través de poros y grietas y la difusión de la masa.<sup>1, 16, 39</sup>

La liberación de fluoruros producida por algunos materiales dentales así como la absorción del mismo por los tejidos dentales ha sido ampliamente estudiada. Podemos citar a investigadores como Souganidis y col que llevaron a cabo un estudio *in vivo* para determinar la absorción de fluoruro por los tejidos dentarios a partir de una amalgama de plata que contenía fluoruro. De los resultados se desprende que el uso de amalgamas con fluoruro puede tener un potencial muy valioso para minimizar la caries adyacente a la restauración.<sup>30</sup>

En otro estudio similar, realizado por Skarveit y col, tanto en esmalte como en dentina se determinó la cantidad de fluoruro asimilado y retenido en las paredes de la cavidad, proveniente de una amalgama adicionada con fluoruro de estaño, y de 2 CIV. Las concentraciones de fluoruro liberado fueron: por el CIV de restauración de 1.2 a 3.8% en dentina y de 0.2 a 2.9% en las paredes del esmalte; mientras que, el CIV usado como sellador de foseas y fisuras liberó de 0.2 a 1.9 %; en cambio la amalgama con fluoruro obtuvo valores de 0.6 a 0.9 %, en virtud de lo cual los autores concluyen que el fluoruro liberado por los materiales estudiados mantiene un efecto cariostático en los márgenes de la restauración.<sup>15</sup>

Por otra parte, el equipo de Swartz y col determinaron la distribución de fluoruro en el esmalte de dientes extraídos donde se emplearon los siguientes materiales de restauración: un cemento de silicofosfato de zinc (Fluorothin, S.S. White Div., Philadelphia, PA) y un CIV

(ASPA. L.D. Caulk. Milford. DE). Los resultados obtenidos de los dientes restaurados con dichos cementos sugieren que los dos materiales dan protección a los dientes contra la caries.<sup>31</sup>

De las investigaciones que se han realizado para estudiar la liberación de fluoruro por los CIV con relación a la caries secundaria, podemos citar a Maldonado y col quienes analizaron el comportamiento de algunas propiedades de dichos materiales. Los resultados indican que tanto el silicato como el CIV liberan gran cantidad de iones de fluoruro los primeros dos días y disminuye gradualmente la cantidad hasta estabilizarse; posteriormente la cantidad liberada es mínima.<sup>37</sup>

Por otro lado, Cooley y McCourt, midieron periódicamente durante un lapso de dos meses, la cantidad de fluoruro que liberaba una muestra de ionómero de vidrio la cual fue introducida en un retenedor removible. Ellos observaron en sus resultados que el primer día hubo una gran liberación de fluoruro, pero que la cantidad de éste disminuyó notablemente a partir del segundo día, y de ahí en adelante la cantidad de fluoruro liberado del CIV fue disminuyendo a través del tiempo, llegando a ser relativamente estable al séptimo día. Hay evidencia de que la exposición a bajos niveles de fluoruro produce un efecto de remineralización de las lesiones cariosas tempranas. Por tanto, concluyen que esta terapéutica puede minimizar el potencial cariogénico de un individuo, así como promover la remineralización de pequeñas lesiones blancas.<sup>13</sup>

Así, en otro estudio similar que realizaron Hattab y col se midió “*in vivo*” el fluoruro liberado de un CIV sumergido en un retenedor de resina acrílica. Se hicieron determinaciones de la concentración de fluoruro en la saliva de los sujetos que iban a portar los retenedores del estudio antes de llevar éste a cabo. Durante los ocho días que duró la investigación, los sujetos usaron los aditamentos solamente durante la noche, y también se midió la concentración de fluoruro en saliva, antes de ir a la cama y por la mañana. Los resultados indican que hubo un aumento estadísticamente significativo en la concentración del fluoruro salival el cual fue de  $31 \pm 4$  ng/L antes de la colocación nocturna del aditamento de prueba. Estos resultados sugieren que los CIV exhiben una capacidad a largo

plazo para liberar fluoruro y por lo tanto confieren protección contra la caries secundaria.<sup>16</sup>

Muchas son las propiedades y cualidades que ofrecen los CIV, pero no cabe duda de que el fluoruro liberado por ellos representa un gran atractivo y por ello, muchos investigadores se han enfocado a estudiar la liberación de fluoruro desde diferentes puntos de vista que a continuación se señalan: un estudio de los perfiles del  $F^-$  liberado de 10 diferentes formulaciones de CIV restaurativo fue llevado a cabo por De Moor y col. La inquietud de estos autores surge porque se han publicado muchos estudios sobre la cantidad del fluoruro liberado de estos materiales así como su ritmo o velocidad de liberación, pero los resultados no son siempre consistentes aunque se trate del mismo cemento (marca) ya que el proceso de liberación de  $F^-$  puede ser afectado cuantitativamente por muchas variables experimentales e intrínsecas (diferentes condiciones experimentales en los respectivos estudios, factores de manipulación, proporción, esquema para la determinación del  $F^-$  y éstas pueden llegar a modificar o a enmascarar a algunas variables intrínsecas sobre éste proceso, y las cuales están relacionadas a las formulaciones físicas y químicas de los CIV que están determinadas por los fabricantes, por ejemplo la composición del vidrio de aluminosilicato y el ácido polialquénico de la fórmula, el tamaño de la partícula del polvo de vidrio, la proporción relación relativa de los componentes tanto en el polvo como en el proceso de la mezcla. Pero a pesar de la diversidad de cantidades de fluoruro liberado reportado en las investigaciones, todos éstos comparten una cualidad común que es la cinética del proceso de liberación, y ésta ocurre, primero como una liberación rápida o brusca (a corto plazo, es decir los primeros días) la cual cesa después de un determinado tiempo: y en segundo lugar ocurre una liberación prolongada y lenta, la cual es responsable del fluoruro liberado a largo plazo en la cual la cantidad de  $F^-$  disminuye progresivamente.<sup>40</sup>

En la Escuela Dental de la Universidad North Western, Chicago, Muzynsky y col llevaron a cabo un estudio para medir la cantidad de fluoruro liberado por cuatro CIV usados como agentes cementantes, encontrándose que la mayor liberación de fluoruro ocurrió durante las primeras 24 horas y luego disminuyó hasta un promedio constante. Otro dato interesante reportado es el hecho de que empleando proporciones altas de polvo y líquido, la concentración de fluoruro liberado disminuye (esto ocurre generalmente en los cementos de

ionómero de vidrio para restauración). Los CIV empleados como agentes cementantes utilizan proporciones polvo/líquido más bajas, para ser más fluidos y por lo tanto la concentración de fluoruro liberado es mayor.<sup>41</sup>

De igual forma, en la Escuela de Odontología de la Universidad de Indiana, Swartz y col estudiaron la liberación de fluoruro a largo plazo de los CIV. El estudio consistió en determinar durante un periodo de 12 meses la concentración de fluoruro liberado de 3 CIV para obturación, comparándolos con un silicato, y de 3 CIV para cementación que se compararon con un silicofosfato y un policarboxilato. Los resultados indican que los CIV para obturación liberan cantidades de fluoruro muy semejantes a las del silicato, excepto el cemento ASPA, que fue mucho mayor la cantidad liberada. Por otro lado, los ionómeros usados para cementar presentaron concentraciones similares entre ellos así como el silicofosfato, donde no hubo diferencia estadísticamente significativa.<sup>14</sup>

En éste orden de ideas, El Mallakh y Sarkar hicieron un estudio comparativo entre el fluoruro liberado de los CIV en diferentes medios: agua desionizada y saliva artificial, considerando muy importante el hecho de que el agua desionizada no es representativa de la complejidad de la química del medio ambiente oral, por lo que decidieron medir también la concentración de fluoruro en una solución de saliva artificial. El estudio incluyó 4 CIV, 2 reforzados con metal (Ketac-Silver y Miracle Mix), y 2 CIV convencionales (Ketac-Fil y Fuji II). Las muestras se almacenaron separadamente en agua desionizada y en saliva artificial. Para las determinaciones se empleó un electrodo selectivo para fluoruros. Los resultados que obtuvieron indican que es mucho mayor la concentración de fluoruro liberado de los CIV en agua desionizada que en saliva artificial; también se observó que la concentración del  $F^-$  liberado es mayor en los primeros días y que disminuye con el tiempo. Otro dato importante es que los CIV reforzados con metal liberaron mucho menor cantidad de fluoruro que los CIV convencionales, en ambos medios de almacenamiento.<sup>38</sup>

Asimismo, Forsten realizó una investigación *in vitro* donde midió el fluoruro liberado de un CIV el cual comparó con un cemento de silicato. Las muestras se almacenaron en una solución de fosfatos (pH 6.8). Se encontró que hubo mayor cantidad de



fluoruro liberado del ionómero de vidrio que del silicato. además, el fluoruro liberado de ambos cementos fue mucho mayor en las 2 primeras semanas que en las subsecuentes 5 semanas, sin embargo, la cantidad de fluoruro parece no disminuir mucho con el tiempo. El autor concluye, que “la cantidad de fluoruro liberado depende del contenido de fluoruro y de la posible disolución de una obturación, pero la relación entre estos dos factores no es muy clara”, ya que en este estudio el ionómero de vidrio mostró mayor cantidad de  $F^-$  liberado que el silicato a pesar de que éste último es más soluble. Esto pudo ser debido a que el ionómero contiene mayor cantidad de fluoruro en el polvo.”<sup>17</sup> Más adelante, llevó a cabo un estudio a largo plazo (más de dos años) para determinar el fluoruro liberado de materiales de restauración: diferentes presentaciones de CIV’s (convencional para obturaciones, sellador de fosetas y fisuras, un cermet y dos cementos de ionómero de vidrio con aleación) así como de una amalgama y una resina, éstas últimas enriquecidas con fluoruro. Todas las muestras fueron expuestas a agua corriente y periódicamente almacenadas en agua desionizada durante 24 horas o una semana, para realizar la determinación de  $F^-$ . Se encontró que el fluoruro liberado por los CIV disminuyó con el tiempo siguiendo el mismo patrón reportado anteriormente (liberación brusca los primeros días seguida de una disminución gradual hasta alcanzar un nivel constante). Después de un año todos los CIV’s excepto el cermet alcanzaron valores de 0.5 ppm de fluoruro contenido en el agua de almacenamiento, mientras que el fluoruro liberado por la amalgama y la resina estuvo cerca del límite de detección. Así mismo, los resultados del estudio sugieren que el fluoruro es liberado por los CIV’s por lo menos durante dos años y que ésta liberación se mantiene a un nivel que de acuerdo a observaciones anteriores tendrían un efecto anticariogénico. La liberación de los CIV es mucho mayor que de las amalgamas y los composites que lo contienen.<sup>20</sup>

Otro estudio realizado por el mismo investigador, Forsten, tuvo como objetivo determinar la cantidad de fluoruro liberado por los CIV. La concentración de  $F^-$  liberado se determinó en muestras de 7 y 15 meses de “añejamiento” después de ser tratadas con fluoruro; en la mezcla fresca de CIV comparándola con una mezcla “madura”, y en las muestras almacenadas en agua corriente durante 29 meses (del estudio anterior,<sup>20</sup>). Las muestras de CIV que han estado en agua corriente por 7 y luego por 15 meses fueron tratadas

con una solución de fluoruro (50 ppm). El fluoruro liberado fue medido después de cada uno de los periodos mencionados y se encontró que las muestras tratadas con  $F^-$  liberaron más fluoruro que las no tratadas. El fluoruro liberado de la mezcla fresca de CIV fue de 3 a 10 veces mayor cuando se comparó con las muestras maduras (de 3 días). El fluoruro liberado de las muestras que han estado en agua corriente durante 29 meses se midió y los resultados fueron comparados con las mediciones anteriores, encontrándose que el fluoruro liberado alcanzó un nivel constante para todos los CIV probados durante el segundo año.<sup>18</sup>

De igual manera DeSchepper y col condujeron un estudio para determinar la cantidad de  $F^-$  liberado de 11 diferentes CIV's. El medio de almacenamiento de las muestras fue la saliva artificial, en un intento por semejar las condiciones orales. Los resultados muestran que la cantidad de fluoruro liberado por los CIV's estudiados fue diferente y los autores sugieren que esto puede deberse a la formulación de los componentes del cemento, teniendo esto un efecto directo sobre la cantidad de  $F^-$  liberado. Del mismo modo señalan, como se ha asegurado en otros estudios, que la cantidad de fluoruro liberado por los CIV. depende de la cantidad de superficie expuesta. Miracle mix liberó la mayor cantidad de fluoruro durante todo el estudio; old Fuji II y Miracle Mix liberaron la mayor cantidad de fluoruro durante el último periodo del estudio (días 56-84). Otra observación concerniente a los CIV's con carga metálica consiste en que según los autores hay más fluoruro liberado por los cementos a los que se les ha agregado aleación, que a los ionómeros de vidrio que tienen el metal sinterizado. En general, todos los cementos probados liberaron el mayor porcentaje del total del fluoruro en las primeras 24 a 48 horas.<sup>42</sup>

Con el objeto de investigar la disponibilidad de fluoruro liberado de dos CIV (Ketac Cem y Aqua Cem) en diferentes medios de almacenamiento: en agua destilada, en saliva humana no estimulada, en agua pretratada con saliva y en dos soluciones amortiguadas con albúmina y fosfato, Rezk-Lega y col realizaron un estudio semejante al anterior. Después de estar almacenadas durante una hora, se hizo la determinación del fluoruro y los resultados de las diferentes soluciones de almacenamiento fueron comparados con los de las muestras almacenadas en agua destilada. Se observó claramente que los valores de fluoruro disponible en agua destilada fueron mucho mayores que lo que mostraron las otras soluciones, en

ambas marcas de cementos. Las muestras almacenadas tanto en saliva como en las otras soluciones obtuvieron valores mucho más bajos.<sup>9</sup>

Entre los investigadores que han estudiado el “recargue” de los CIV podemos citar el trabajo de Takahashi y col quienes determinaron el fluoruro liberado por cinco CIV’s: tres usados como materiales de obturación (uno reforzado con plata, uno convencional y otro con resina), los otros dos CIV’s fueron forro o base, así como de dos resinas compuestas. La determinación del fluoruro liberado por los materiales se hizo cada semana durante 5. Posteriormente las muestras de cada material (20) fueron divididas en 4 grupos y cada uno fue expuesto durante 5 min a las siguientes soluciones: agua destilada (control). 0.02% 0.2%, y 2.0% de NaF, luego fueron lavadas, secadas y almacenadas en agua destilada a 37 °C y se repitieron las determinaciones de fluoruro a las 24 h y posteriormente una vez por semana durante 5 semanas. El fluoruro liberado fue más alto durante la primera semana, después de la cual disminuyó bruscamente y luego más lentamente. La cantidad de fluoruro liberado en orden de mayor a menor fue: forro/base, CIV de restauración y resinas. Estas últimas liberaron significativamente menos fluoruro que los CIV. Después de la exposición de los materiales a la solución de NaF, el F<sup>-</sup> liberado fue significativamente mayor para el ionómero reforzado con plata que para los otros CIV’s estudiados.<sup>43</sup>

En 1995, Díaz-Arnold y col midieron el fluoruro liberado a corto plazo de cuatro CIV’s de restauración, uno convencional, uno sinterizado con plata y dos con relleno de resinas; así como el fluoruro liberado de estos mismos materiales después de estar expuestos a 3 geles convencionales de fluoruro. Después de la 6ª semana las muestras se dividieron en 4 grupos y cada uno fue expuesto a un gel de fluoruro durante 6 min: fluorofosfato acidulado (APF), fluoruro de sodio neutro (NaF) y fluoruro de estaño (SnF<sub>2</sub>), el grupo control se almacenó en agua desionizada. Los resultados revelan que todos los cementos tuvieron la más alta liberación a las 24 h y disminuyó bruscamente durante la primer semana; continuó disminuyendo constantemente durante el resto del estudio. Después de la exposición al gel APF se incrementó significativamente el fluoruro liberado de todos los cementos. Los CIV’s expuestos al NaF incrementaron la cantidad del fluoruro liberado pero éste no fue tan alto

como con el gel APF. Ningún material expuesto a  $\text{SnF}_2$  tuvo un aumento significativo en cuanto a la liberación de fluoruro. <sup>44</sup>

Recientemente Balducci y colaboradores valoraron la liberación de fluoruro de 2 CIV's con diferente tipo de polimerización, uno fotopolimerizable y el otro autocurable. Se elaboraron 20 muestras de cada cemento, 10 de ellas fueron colocadas en una solución con  $\text{pH}=7$ ; las otras 10 en una solución con  $\text{pH}=4$ . Los resultados señalan que ambos cementos presentaron más altos valores de fluoruro liberado en la solución con  $\text{pH}=4$  que en las de  $\text{pH}=7$ . Concluyeron que el CIV fotopolimerizable disminuyó bruscamente después del primer día (en  $\text{pH}=4$ ). En general la cantidad liberada de fluoruro fue menor en las muestras almacenadas en un  $\text{pH}=7$  y también disminuyó bruscamente después del primer día. El CIV autocurable liberó menos  $\text{F}^-$  que el fotopolimerizable el primer día pero la disminución fue menos drástica durante todo el estudio (en  $\text{pH}=4$ ). <sup>45</sup>

Desde hace mucho tiempo, el comportamiento físico de los materiales de restauración ha atraído la atención de muchos investigadores que se han dado a la tarea de comprobar que tengan la calidad adecuada y que satisfagan los requisitos mínimos indispensables que se señalan en las normas correspondientes, para que el desempeño de estos materiales en la cavidad oral sea satisfactorio. Se han estudiado ampliamente las propiedades físicas de las aleaciones para colado dental (Sarkar, *et-al* 33), sin embargo, pocos investigadores se han abocado a estudiar la resistencia a la corrosión que presentan algunas aleaciones para colado dental que se emplean con mucha frecuencia en el consultorio dental, así como el efecto que los compuestos halogenados tienen sobre éstas. De éste tema podemos citar algunos trabajos publicados como el de Neuman quien estudió el efecto del  $\text{pH}$  sobre la corrosión en un medio clorado (elemento halógeno) empleando como metal base el acero inoxidable pasivado por medio de la formación de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . La solución de Ringer sirvió como medio ambiente clorado. En este estudio se emplearon soluciones con diferentes  $\text{pH}$ 's 3, 5, 7 y 9. Los resultados muestran tanto en la condición ácida como básica del medio clorado un incremento en el promedio de corrosión, comparándolo con el que se observó en un  $\text{pH}$  7. <sup>35</sup>

Sarkar y col son citados en un artículo que aborda el comportamiento de la corrosión producida por el mismo componente halogenado cloro sobre algunas aleaciones dentales que tienen como metal base a la plata. Las aleaciones empleadas fueron: 1) Ag-Pd-In-Zn, 2) Ag-Pd-Au-In-Zn, y 3) Ag-Pd-Au-Cu-Zn. De acuerdo a los resultados se concluyó que la matriz rica en plata es preferencialmente atacada en la solución de NaCl al 1%; la sustitución de plata por oro mejora la resistencia a la corrosión y la adición de cobre puede afectar adversamente la resistencia a la corrosión.<sup>33</sup>

También se ha enfocado la atención en la amalgama. Sutow, llevó a cabo una investigación para determinar la significancia de la corrosión en el deterioro marginal de una amalgama dental. Las pruebas de algunas condiciones químicas y físicas de la restauración se llevaron a cabo simulando el medio ambiente bucal. La concentración del compuesto halogenado cloro en la saliva artificial se elevó para acelerar la reacción de corrosión. Los índices de corrosión tuvieron correlación con su respectiva falla marginal, por lo que se concluyó que la corrosión puede contribuir significativamente al deterioro marginal de la amalgama dental.<sup>36</sup>

Con el objeto de prevenir la corrosión en amalgamas dentales, Filloy les aplicó tópicamente una solución a base de Yodo (compuesto Yodo-Polyvinil-Pirrolidona) y posteriormente las sometió a ensayos electroquímicos para evaluar la velocidad de corrosión y el comportamiento anódico de cada amalgama. De acuerdo a los resultados se concluyó que las amalgamas tratadas con el compuesto yodado mostraron un incremento en su resistencia a la corrosión-oxidación; disminuyó también la velocidad de corrosión de las amalgamas tratadas con el compuesto, comparadas con las no tratadas. Las amalgamas que contenían zinc en su composición reflejaron mayor corrosión, en cambio las amalgamas con alto contenido de cobre ofrecieron mayor resistencia a la corrosión.<sup>34</sup>

Cabe destacar de la literatura los hallazgos de Könönen y col quienes observaron con el microscopio de barrido electrónico las fracturas producidas por corrosión en hojas de titanio puro que fueron colocadas en soluciones de fluoruro tópico (NaF 1.25%) durante 1, 5, 10 y 20 días. Los resultados de acuerdo al tiempo de exposición al fluoruro fueron desde

picaduras, fracturas hasta la propagación de éstas debido a la gran corrosión producida cuando las muestras estuvieron expuestas a la solución durante 20 días. Por lo tanto, las fracturas por corrosión son causadas por un ambiente corrosivo (dado por el compuesto halogenado). La significancia del estudio señala que las soluciones de fluoruro tópico pueden causar fracturas por corrosión en el titanio comercialmente puro.<sup>46</sup>

En la Universidad de Tennessee, Covington y colaboradores adelantaron un estudio *in vitro* para analizar la liberación de níquel y berilio de 14 aleaciones dentales almacenadas en soluciones de saliva con diferente acidez, esto con el objeto de medir la significancia de éstos elementos para provocar una reacción alérgica u otros peligros en la salud. Se observó que la combinación de níquel y berilio en las aleaciones, potencia su disolución en un medio ácido y por tanto se incrementa cuando aumenta la acidez. Esto debe tomarse muy en cuenta ya que el pH de la cavidad oral normalmente es ácido y muchas veces aumenta la acidez por la comida o bebidas que se ingieren (especialmente las carbonatadas) e incluso por la regurgitación. Del mismo modo la placa adherida a las restauraciones provoca acidez en la superficie de la restauración y baña a ésta constantemente con una solución ácida. Un dato importante que revela este estudio es que el átomo altamente electronegativo del fluoruro (el cual tiene un radio pequeño  $r = 1.36 \text{ \AA}$ ) tiene gran afinidad por el berilio debido también al radio pequeño de éste ( $r = 0.31 \text{ \AA}$ ) lo que permite gran proximidad con los centros de carga iónicos. Una aleación que contenga berilio y sea sometida a tratamientos preventivos con fluoruros (enjuagues, geles, pasta dental) puede llegar a formar fluoruro de berilio ( $\text{BeF}_2$ ) que aparte de ser un veneno severo, es carcinógeno, muy soluble en agua y está enlistado como uno de los compuestos más tóxicos del berilio. Por lo tanto debemos tener mucha precaución cuando empleemos compuestos fluorurados en presencia de restauraciones elaboradas con estos materiales.<sup>47</sup>

En las investigaciones antes señaladas se ha estudiado el efecto que los compuestos halogenados (cloro y yodo) tienen sobre los metales. Puesto que el flúor pertenece al grupo de los halógenos, el interés fundamental de esta investigación se centra en comparar el efecto que tienen las aleaciones que usamos comúnmente en la rehabilitación dental con el fluoruro libre, desprendido de los materiales de obturación a base de ionómero de vidrio.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios del cemento de ionómero de vidrio que se han publicado hasta la fecha abordan sus propiedades y comportamientos físico-químico y biológico así como el mecanismo sobre la liberación de fluoruro que tienen estos cementos en diferentes medios en los que se han estudiado. Sin embargo, no existen hasta el momento investigaciones sobre el porcentaje de fluoruro activo libre en presencia de aleaciones (metales) con las que se elaboran las restauraciones dentales lo que no permite afirmar si hay fluoruro libre en el medio así como su cantidad.

## JUSTIFICACIÓN

La determinación de la presencia y porcentaje de fluoruro liberado en el estudio *in vitro* permitirá realizar estudios para conocer si la presencia de aleaciones afecta aumentando o disminuyendo la concentración de fluoruro en boca y valorar así su participación preventiva sobre todo en poblaciones de alto riesgo de caries como son los niños. Del mismo modo, permitirá estimar la cantidad de fluoruro adicional que se disolverá en la saliva para potencializar el efecto anticariogénico del fluoruro presente en boca.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios del cemento de ionómero de vidrio que se han publicado hasta la fecha abordan sus propiedades y comportamientos físico-químico y biológico así como el mecanismo sobre la liberación de fluoruro que tienen estos cementos en diferentes medios en los que se han estudiado. Sin embargo, no existen hasta el momento investigaciones sobre el porcentaje de fluoruro activo libre en presencia de aleaciones (metales) con las que se elaboran las restauraciones dentales lo que no permite afirmar si hay fluoruro libre en el medio así como su cantidad.

## JUSTIFICACIÓN

La determinación de la presencia y porcentaje de fluoruro liberado en el estudio *in vitro* permitirá realizar estudios para conocer si la presencia de aleaciones afecta aumentando o disminuyendo la concentración de fluoruro en boca y valorar así su participación preventiva sobre todo en poblaciones de alto riesgo de caries como son los niños. Del mismo modo, permitirá estimar la cantidad de fluoruro adicional que se disolverá en la saliva para potencializar el efecto anticariogénico del fluoruro presente en boca.



## HIPÓTESIS

Tanto para el cemento de ionómero de vidrio marca Degussa y Vitremer:

### $H_1$

La concentración del ión  $F^-$  libre presente en el medio acuoso proveniente del cemento de ionómero de vidrio, tendrá diferencias estadísticamente significativas cuando las obturaciones se realicen con este material en presencia de restauraciones metálicas, que cuando se hagan en ausencia de éstas últimas.

$$H_1: \mu_c \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

### $H_0$

La concentración del ión  $F^-$  libre presente en el medio acuoso, proveniente del cemento de ionómero de vidrio, no tendrá diferencia estadísticamente significativa cuando las obturaciones se realicen con este material en presencia de restauraciones metálicas, así como cuando se hagan en ausencia de éstas.

$$H_0: \mu_c = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar si las restauraciones metálicas elaboradas con diferentes aleaciones influyen en la concentración del fluoruro liberado por los cementos de ionómero de vidrio Degussa y Vitremer, en un medio de agua desionizada.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar la concentración de fluoruro libre, liberado por los cementos de ionómero de vidrio Degussa y Vitremer en presencia de las aleaciones plata-paladio, plata-estaño, cobre-aluminio, níquel-cromo así como amalgama dental en un medio de agua desionizada y compararlas.
2. Determinar la concentración de fluoruro libre, liberado por los cementos de ionómero de vidrio Degussa y Vitremer en un medio de agua desionizada, en ausencia de las aleaciones plata-paladio, plata-estaño, cobre-aluminio, níquel cromo y amalgama dental.
3. Determinar cuál aleación en presencia de los cementos de ionómero de vidrio Degussa y Vitremer presenta concentraciones más altas de fluoruro y compararlas.
4. Determinar si existen diferencias en la cantidad de fluoruro liberado por las dos marcas de cemento de ionómero de vidrio.

## METODOLOGÍA

### POBLACIÓN DE ESTUDIO Y MUESTRA

La población de estudio de esta investigación fue el Cemento de Ionómero de Vidrio (CIV), así como la aleación para amalgama dental, aleaciones para colado dental de plata-estaño, plata-paladio, cobre-aluminio y níquel-cromo.

La muestra estuvo constituida por:

- ❖ Cemento Ionómero de vidrio Tipo II para Restauración Degussa™ (Hecho en Alemania para Degussa México, S.A., de C.V.)
- ❖ Vitremer™, Ionómero de Vidrio de Polimerización por Triple Vía. Material Restaurador (Hecho en U.S.A. por 3M Dental Products, St. Paul, MN.)
- ❖ Aleación Plata-Estaño (liga de plata) Hecha en México por Aleaciones Dentales Zeyco, S.A. de C.V.)
- ❖ Aleación Plata-Paladio Experimental (Fabricada en el Lab. de Materiales Dentales, F.O., U.N.A.M., México).
- ❖ Aleación Cobre-Aluminio (Hecha en México por Etal Baker, S. A. de C.V.).
- ❖ Aleación Níquel-Cromo. Coronas Prefabricadas (Hechas en U.S.A. por 3M Dental Products, St. Paul, MN.)
- ❖ “Artalloy” cápsulas predosificadas para amalgama (Fabricado en Alemania por Degussa AG.)

## CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- ◆ Cemento de Ionómero de vidrio para restauración Degussa
- ◆ Ionómero de vidrio Vitremer para restauraciones
- ◆ Aleaciones Ag-Pd, Ag-Sn, Cu-Al, Ni-Cr
- ◆ Aleación para amalgama predosificada “Artalloy”, alto contenido de cobre y plata
- ◆ Coronas prefabricadas de aleación Ni-Cr
- ◆ Agua desionizada

## CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- ◆ Cementos de ionómero de vidrio tipo I (cementante)
- ◆ Cualquier cemento de ionómero de vidrio tipo II que no hayamos incluido
- ◆ Cualquier aleación que no hayamos incluido
- ◆ Cualquier corona prefabricada que no sea de la aleación Ni-Cr que hayamos incluido
- ◆ Cualquier aleación para amalgama diferente a la que hayamos incluido.

## MATERIAL Y MÉTODO

### **Determinación del contenido de $F^-$ en los polvos de los cementos de Ionómero de Vidrio Degussa y Vitremer.**

Se emplearon varios lotes de los cementos de cada marca (Anexo 1), por lo tanto se mezcló el polvo y líquidos de cada una de las marcas para que la muestra fuera homogénea y formar un lote único.

Para conocer el contenido de fluoruro total en el polvo del cemento, se procedió a realizar su determinación empleando para ello una curva de calibración patrón.<sup>48</sup>

#### Procedimiento Experimental:

Empleando una balanza analítica (Ohaus mod GA200) se pesaron 0.20 g de polvo del cemento y se agregaron 20 ml de HCl 0.1 M, se agitó durante 15 minutos y posteriormente se filtró a través de papel filtro Whatman No. 5, teniendo cuidado de lavar las paredes del vaso así como del papel filtro para hacer una recuperación cuantitativa del filtrado. Finalmente se aforó con agua desionizada en un matraz de 50 ml. De esta solución, se tomó una alícuota de 5 ml colocándose en un matraz volumétrico de 25 ml, se agregaron 6.3 ml de TISAB y se aforó con agua desionizada. De esta manera quedó lista la muestra para ser leída potenciométricamente empleando el electrodo selectivo para fluoruros.

Cabe señalar que cada vez que se realiza una determinación de fluoruros se debe “calibrar” el potenciómetro (Orion Research microprocessor ionalyzer/901) haciendo que el electrodo selectivo para fluoruros (Orion, No. cat. 960900) lea soluciones estándares de diferentes concentraciones de fluoruro, para establecer una Curva de Calibración  $E = f(\log [F^-])$  y luego poder referir a ella los valores de potencial obtenidos de las muestras.

Con este propósito se elaboró una Curva de Calibración que contenía cantidades conocidas de fluoruro (1, 10, 100 y 1000 ppm  $F^-$ ) preparadas a partir de una disolución stock de  $F^-$  de 10 000 ppm. A cada estándar se le agregó 6.3 ml de TISAB (Total Ionic Solution Adjust Buffer) y se llevó a 25 ml con agua desionizada. Posteriormente se hizo la lectura de potencial para cada estándar siguiendo siempre el acuerdo de medir el potencial de la disolución de menor concentración de  $F^-$  a la de mayor concentración. Todas las lecturas se realizaron con agitación constante (Agitador magnético Type Compact No. 6289 Tacussel Electronique, y Spinbar Bel-Art Products, USA) y a tiempos establecidos.

Se trazó la Curva de Calibración:  $E = f(\log [F^-])$  sobre papel semilogarítmico. Mediante esta curva se deduce por extrapolación la concentración de las muestras problema (polvo de ionómero de vidrio, en este caso).

#### **Preparación de las muestras:**

Las muestras de los cementos de ionómero de vidrio se prepararon empleando los hacedores de muestras en forma de disco con un diámetro interno de  $20 \pm 1$  mm y una altura de  $1.5 \pm 0.3$  mm de acuerdo a la Norma No. 66 de la A.D.A., para la prueba de Solubilidad.<sup>49</sup>

Los cementos fueron manipulados siguiendo las instrucciones de los fabricantes.

El hacedor se colocó sobre una loseta de vidrio y una hoja de polietileno, y dentro del disco ranurado se puso un trozo de hilo dental (para que quedara en forma de asa en el cemento ya fraguado); posteriormente, se colocó la mezcla de cemento y se cubrió con polietileno y otra loseta de vidrio. A las muestras del ionómero de vidrio Degussa (Tipo II para restauración, hecho en Alemania para Degussa México, S. A. de C. V.) también se les colocó una prensa e inmediatamente se metieron a la estufa Hanau (Curing unit Hanau Engineering Co., Inc. Buffalo, N.Y. USA) a  $37 \pm 1^\circ C$  y 95 % de Humedad Relativa. Después de 1 hora se retiraron las muestras de los hacedores y se eliminaron los excedentes del cemento. Enseguida se transfirió la muestra dentro de un recipiente de polipropileno con

tapa y se agregaron 25 ml de agua desionizada (todos los recipientes habían sido previamente adaptados con los orificios para atravesar el palillo de plástico y suspender ahí las muestras; también fueron codificados por el color del palillo, dependiendo del tipo de aleación) fig.1.

Como el ionómero de vidrio Vitremer (Material Restaurador, 3M Dental Products, St. Paul, MN USA) es fotosensible, las muestras de éste fueron fotopolimerizadas (Lámpara Visilux 2, 3M Dental Products, St. Paul, MN USA) por zonas inmediatamente después de haber colocado el cemento dentro del disco, también se les colocó por encima y por debajo una loseta de vidrio y una hoja de polietileno, así como el hilo dental y se procedió a polimerizar durante 40 seg cada zona. Las muestras se retiraron de los moldes y se eliminaron excedentes, posteriormente fueron almacenadas en la forma antes descrita.

Para la elaboración de las muestras de las aleaciones Ag-Pd (Fabricada en el Laboratorio de Materiales Dentales, FO, UNAM, México); Ag-Sn (Aleaciones Dentales Zeyco S.A. de C.V. México) y Cu-Al (Etal Baker S.A. de C.V., México) se cortaron rectángulos de cera rosa de 10 x 7 x 1 mm aproximadamente colocándolos en cubiletes (Whip Mix 4085, USA) y se revistieron de manera convencional con cristobalita. Los colados se obtuvieron con centrifuga (Kerr Casting Machine No. 135688, USA) mediante la Técnica de la Cera Perdida. Se emplearon crisoles nuevos para cada aleación para evitar la contaminación de los metales.

El pulido de las muestras se realizó empleando un motor de alta velocidad (Foster Alloy Grinder, modelo 53, USA) con piedras verdes, rosas, puntas de hule de diferentes granos y para abrillantar una rueda de manta. Cabe hacer notar que el pulido de estas aleaciones se realizó el mismo día en que fue colocada con la muestra del cemento de ionómero de vidrio, ya que, como se sabe los metales forman óxidos en su superficie y para evitar la presencia de éstos y su posible interferencia en el comportamiento en cuanto al fluoruro liberado por los cementos de ionómeros de vidrio, el pulido se realizó en el último momento.

Se emplearon para esta investigación coronas prefabricadas de Ni-Cr (3M Dental Products, St. Paul MN, USA) para molares temporales, teniendo aproximadamente la misma área que las aleaciones coladas.

En cuanto a la aleación para Amalgama dental (Ag, Sn, Cu y Hg), se utilizó una aleación con alto contenido de cobre (Artalloy cápsulas predosificadas para amalgama, Degussa AG, Alemania). Se manipuló de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a los lineamientos establecidos en la Norma No. 1 de la A.D.A.<sup>50</sup>

Todas las muestras, tanto de aleaciones como de los cementos de ionómero de vidrio se trabajaron por triplicado. Se prepararon controles de las dos marcas de los cementos de ionómero de vidrio con el propósito de verificar la influencia de las aleaciones (metales) en la cantidad de fluoruro liberado por dichos cementos. Las otras muestras se almacenaron con cada una de las aleaciones correspondientes.

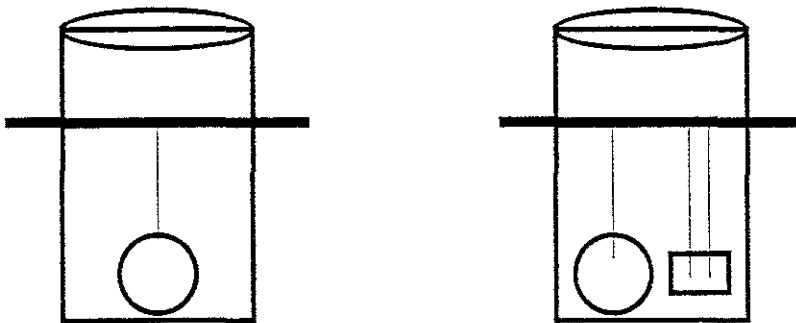


figura 1

Forma en que se almacenaron las muestras. El disco de cemento solo representa al grupo control, mientras que el recipiente que contiene el disco y la muestra metálica representa el grupo experimental.



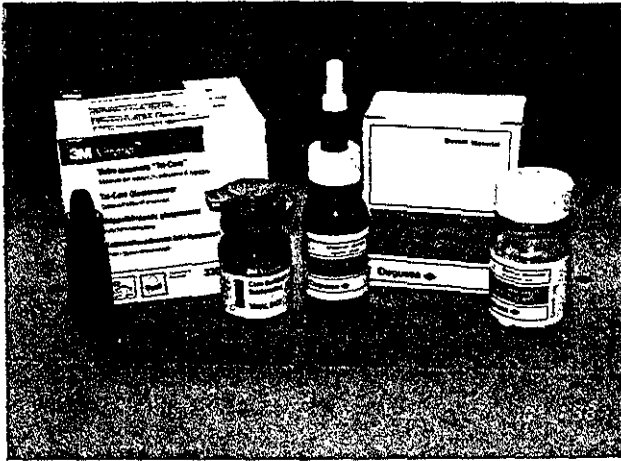


Foto 1. Cementos de ionómero de vidrio empleados en la investigación.

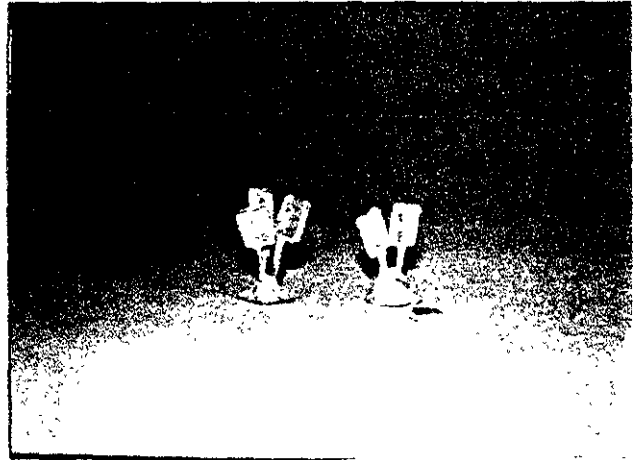


Foto 2. Colados de las aleaciones empleadas en la investigación.

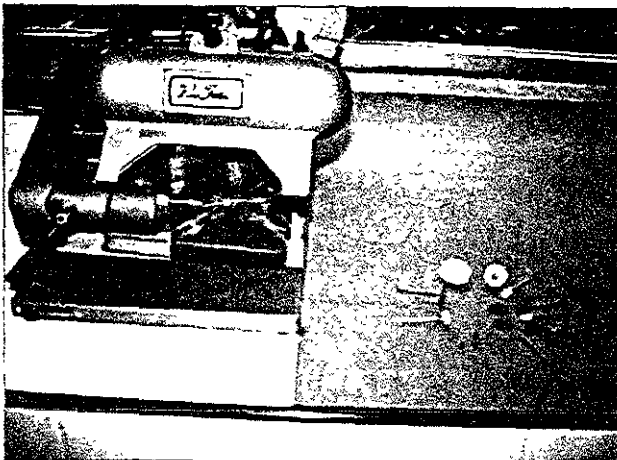


Foto 3. Equipo e instrumentos para pulir las muestras de las aleaciones.

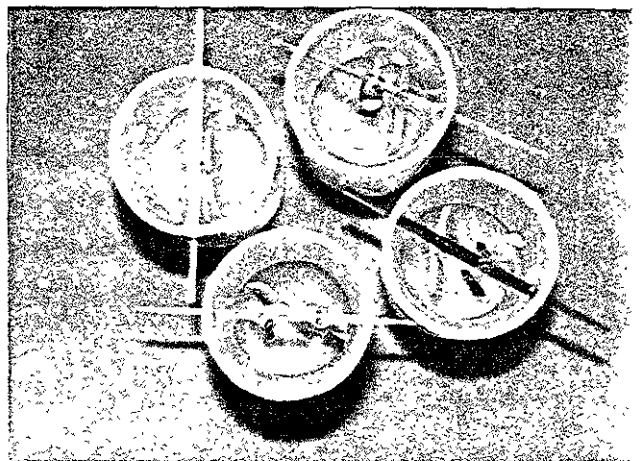


Foto 4. Forma en que se almacenaron las muestras del cemento con las aleaciones

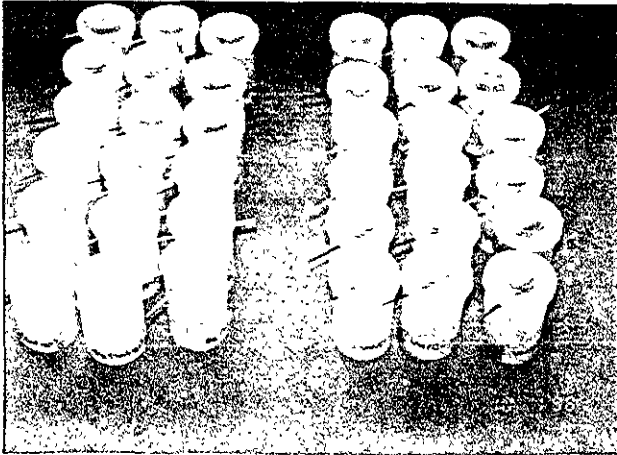


Foto 5. Forma en que se almacenaron las muestras entre cada determinación de  $F^-$

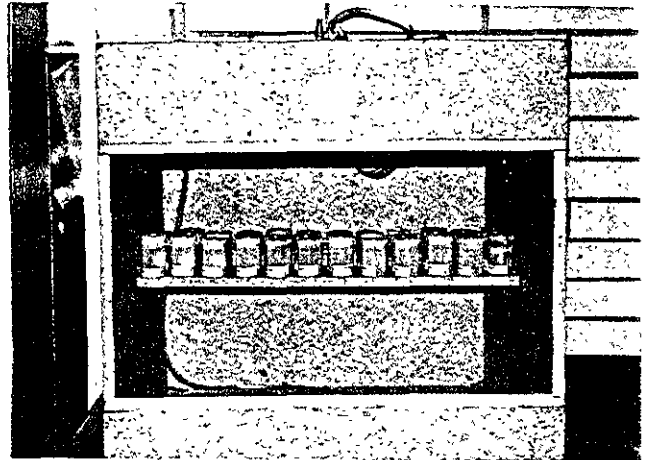


Foto 6. Cabina con control de temperatura donde se mantuvieron las muestras entre cada determinación de fluoruro.

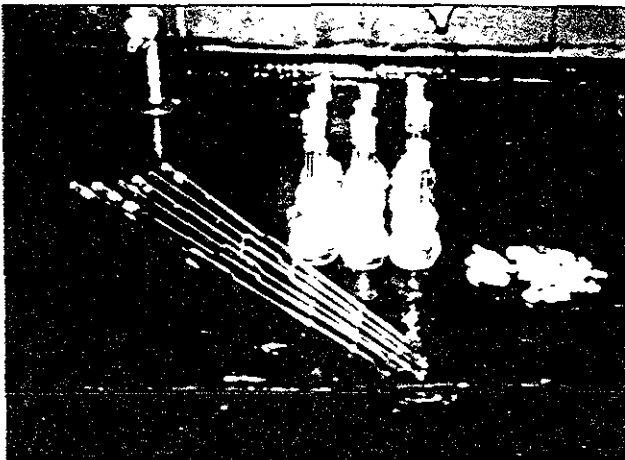


Foto 7. Pipetas y matraces empleados en la preparación de las soluciones.

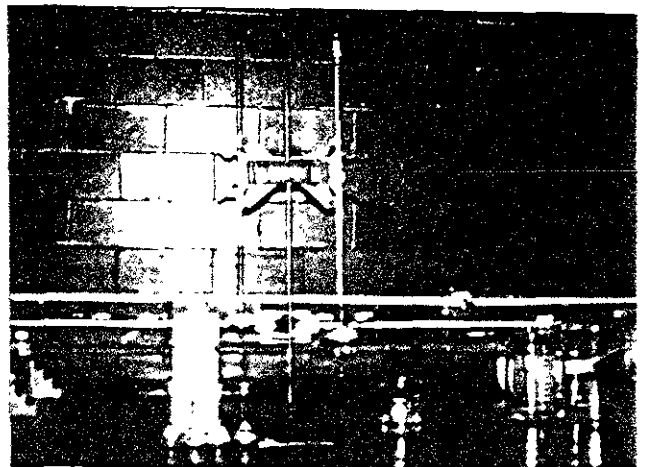


Foto 8. Preparación de soluciones de fluoruro para establecer la curva de calibración del potenciómetro.

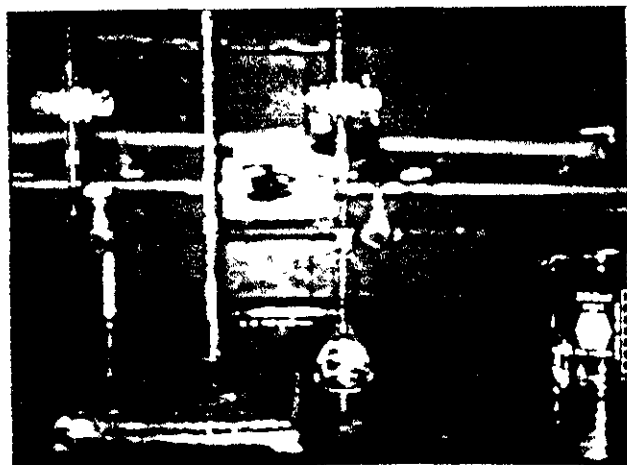


Foto 9. Agregando el TISAB a las soluciones

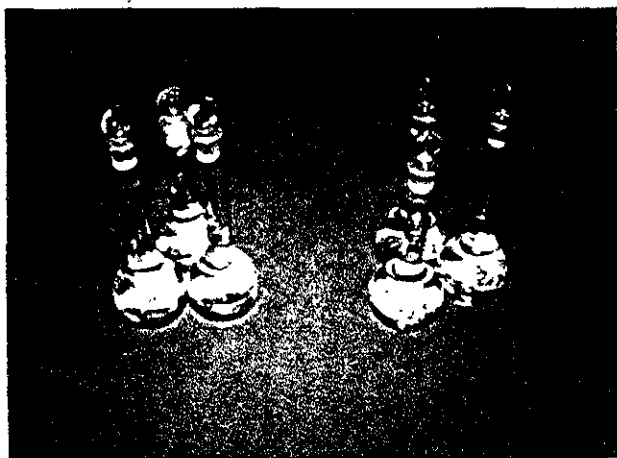


Foto 10. Soluciones preparadas listas para transferirse a recipientes de polipropileno

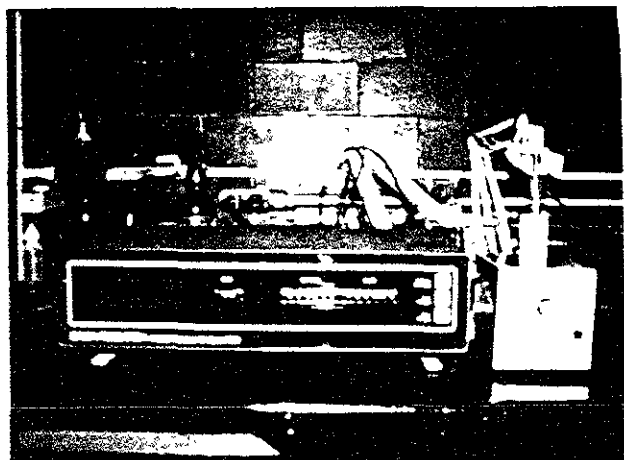


Foto 11. Potenciómetro y electrodo durante la determinación de potencial

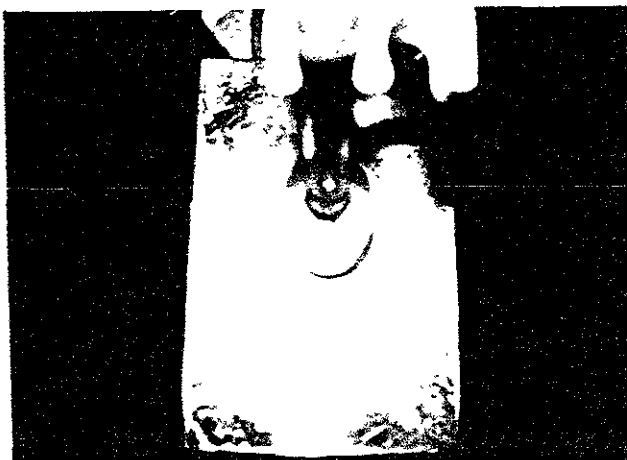


Foto 12. Vista superior del electrodo leyendo la solución. Nótese la agitación magnética.

## RESULTADOS

Los resultados de la determinación del contenido de fluoruro de los polvos de los cementos de ionómero de vidrio Degussa y Vitremer, son los siguientes:

Ionómero de vidrio Degussa. Peso total del polvo: 34.88 g

Ionómero de Vidrio Vitremer. Peso total del polvo: 17.14 g

Curva de calibración del Potenciómetro:

	Lectura en el potenciómetro		
0) 1 ppm	=	- 9.8 mv	
1) 10 ppm	=	- 67.0 mv	$r = -0.99998$
2) 100 ppm	=	- 124.6 mv	$A = -9.41$
3) 1000 ppm	=	- 183.3 mv	$B = -57.88$

Degussa :

	Lectura en el potenciómetro		
1. 0.22 g	=	-78.3 mv	= 15.52 ppm
2. 0.22 g	=	-78.5 mv	= 15.64 ppm
3. 0.22 g	=	-78.6 mv	= 15.70 ppm

$$x = 15.62 \text{ ppm}$$

$$\sigma = 0.075 \text{ ppm}$$

$$\sigma^2 = 0.0056 \text{ ppm}$$

$$x \pm \sigma = (15.62 \pm 0.075) \text{ ppm}$$

Coefficiente de variación 0.5%  
Confiabilidad 99.5%

Vitremer :

	Lectura en el potenciómetro		
1. 0.21 g	=	-86.8 mv	= 21.77 ppm (referido a la solución)
2. 0.22 g	=	-89.5 mv	= 24.24 ppm
3. 0.22 g	=	-87.7 mv	= 22.56 ppm

$$x = 22.86 \text{ ppm}$$

$$\sigma = 1.029 \text{ ppm}$$

$$\sigma^2 = 1.058 \text{ ppm}$$

$$x \pm \sigma = (22.86 \pm 1.029) \text{ ppm}$$

Coefficiente de variación 4.5%  
Confiabilidad 95.5%

Del CIV Degussa. En el día número uno, el grupo 3 fue el que liberó mayor cantidad de fluoruro y en orden decreciente siguieron el grupo 2, grupo control, grupo 1, grupo 4 y grupo 5; sin embargo éste último el 2º día fue el que mayor cantidad de fluoruro liberó mientras que todos los otros grupos mostraron una brusca disminución. De ahí en adelante todos los cementos mostraron una disminución paulatina pero constante en todos los intervalos de tiempo en que se determinó el  $F^-$ , a pesar de lo cual, los grupos 5 y 3 liberaron mayor cantidad de fluoruro, incluso más que el grupo control.

FLUORURO LIBERADO DEL CEMENTO DE IONOMERO DE VIDRIO (CIV) DEGUSSA TIPO II PARA RESTAURACIÓN ALEMANIA						
GRUPOS: 1: CIV + Ag-Pd Experimental, Lab. Mat. Dent., F.O., U.N.A.M.						
2: CIV + Cu-Al Etal Baker, México						
3: CIV + Amalgama Artalloy, Degussa, Alemania						
4: CIV+ Ni-Cr Coronas Ion, 3M, U.S.A.						
5: CIV + Ag-Sn Zeyco, México						

Día	Gpo.	Gpo. 1	Gpo. 2	Gpo. 3	Gpo. 4	Gpo. 5
	Control	CIV/Ag-Pd	CIV/Cu-Al	CIV/Amalg.	CIV/Ni-Cr	CIV/Ag-Sn
1	0.8763	0.8017	0.9671	1.2326	0.7509	0.7446
2	0.2607	0.2675	0.3167	0.4071	0.2363	1.1175
5	0.3717	0.4108	0.434	0.6017	0.4146	0.6663
6	0.1388	0.0996	0.1513	0.1729	0.1292	0.1775
7	0.0838	0.0613	0.28	0.4904	0.1361	0.21
14	0.4867	0.0512	0.4759	0.6566	0.538	0.313
21	0.335	0.398	0.3884	0.5909	0.2058	0.3746
28	0.1495	0.1555	0.141	0.2185	0.3759	0.1104
35	0.1502	0.1729	0.1563	0.2241	0.0917	0.3113
42	0.0843	0.0813	0.0813	0.0936	0.1833	0.2288
49	0.1542	0.1294	0.1347	0.1833	0.1351	0.2634
56	0.1295	0.1261	0.1259	0.1495	0.1589	0.2294
63	0.1375	0.1399	0.1643	0.1564	0.1704	0.2063
70	0.1579	0.1758	0.1857	0.196	0.2208	0.3804
77	0.1238	0.1242	0.127	0.1685	0.1484	0.2538
85	0.1284	0.1725	0.2014	0.2751	0.1667	0.2138
%F al D 85	21.8193	22.5413	24.7813	33.7753	23.6983	34.1353

FUENTE DIRECTA

Tabla 1. Muestra las medias de los resultados de la cantidad de fluoruro liberado (en mg/25 ml) por el cemento de ionómero de vidrio Degussa correspondientes al día de la determinación. El último renglón muestra la cantidad (en %) total del fluoruro liberado por la muestra, de acuerdo al contenido de fluoruro en el polvo del cemento.

Con respecto al CIV Vitremer, el primer día se liberó la mayor cantidad de fluoruro y esto ocurrió en todos los grupos; el grupo I superó ligeramente al grupo control. A partir del 2° día se observó una marcada disminución del fluoruro liberado y luego siguió disminuyendo gradualmente durante el tiempo que duró el estudio. En la Tabla 2 se puede observar que el grupo I fue el que liberó más fluoruro seguido por el grupo II y luego el grupo control. El grupo que presentó la menor cantidad de fluoruro liberado fue el III.

FLUORURO LIBERADO DEL CEMENTO DE IONOMERO DE VIDRIO (CIV) VITREMER PARA RECONSTRUCCION 3M, U.S.A.							
GRUPOS: I: CIV + Ag-Pd Experimental, fabricada en el Lab. Mat. Dent. F.O. UNAM							
II: CIV + Cu-Al Etal Baker, México							
III: CIV + Amalgama "Artalloy", Degussa, Alemania							
IV: CIV + Ni-Cr Coronas Ion, 3M, U.S.A.							
V: CIV + Ag-Sn Zeyco, México							
DÍA	Gpo. Control	Gpo. I CIV/Ag-Pd	Gpo. II CIV/Cu-Al	Gpo. III CIV/Amalg.	Gpo. IV CIV/Ni-Cr	Gpo. V CIV/Ag-Sn	
1	0.6071	0.6121	0.5242	0.4429	0.4646	0.4308	
2	0.0995	0.1005	0.3892	0.083	0.32	0.3166	
5	0.148	0.1557	0.1532	0.1434	0.1314	0.1453	
6	0.094	0.106	0.0808	0.0881	0.0685	0.0721	
7	0.0799	0.0798	0.0509	0.0785	0.0379	0.0412	
14	0.2325	0.2396	0.0976	0.1842	0.0909	0.0916	
21	0.1863	0.1384	0.0074	0.089	0.007	0.0069	
28	0.1065	0.1413	0.0596	0.0062	0.0566	0.055	
35	0.0534	0.0546	0.0625	0.0483	0.0691	0.0575	
42	0.0613	0.0638	0.1256	0.0567	0.076	0.075	
49	0.1074	0.1256	0.0863	0.1255	0.0796	0.0804	
56	0.0854	0.0857	0.084	0.1004	0.0742	0.075	
63	0.0871	0.0649	0.0867	0.0767	0.0796	0.0791	
70	0.0152	0.0162	0.0145	0.0151	0.046	0.0313	
77	0.0521	0.0575	0.0554	0.0534	0.0394	0.0479	
85	0.0538	0.0542	0.0504	0.0488	0.0479	0.0475	
% F al D 85	9.3431	10.358	9.8847	8.1297	8.6464	8.2992	

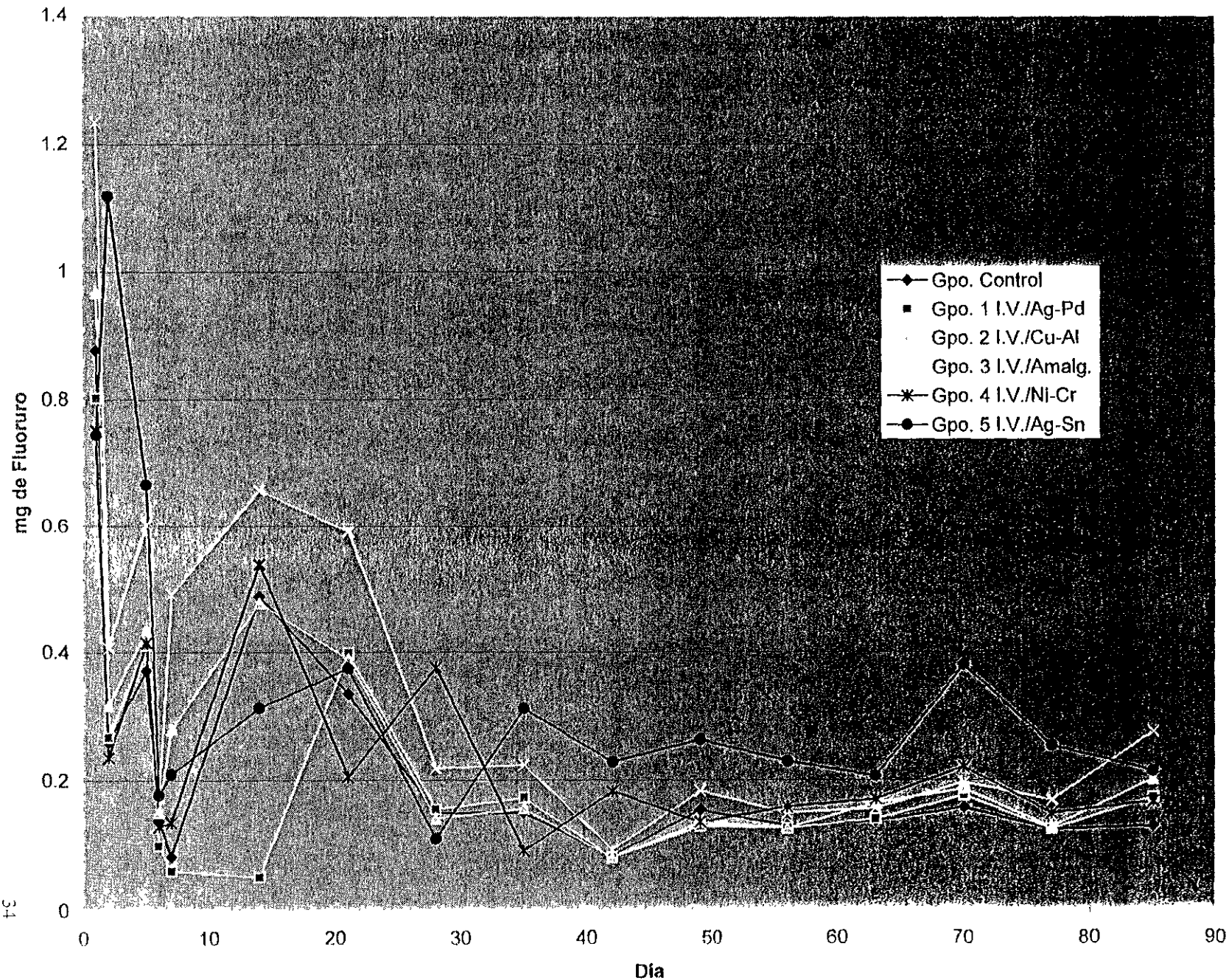
FUENTE DIRECTA

Tabla 2. Muestra las medias de los resultados de la cantidad de fluoruro liberado (en mg/25 ml) por el cemento de ionómero de vidrio Vitremer correspondientes al día de la determinación. El último renglón muestra la cantidad (en %) total del fluoruro liberado por la muestra, de acuerdo al contenido de fluoruro en el polvo del cemento.

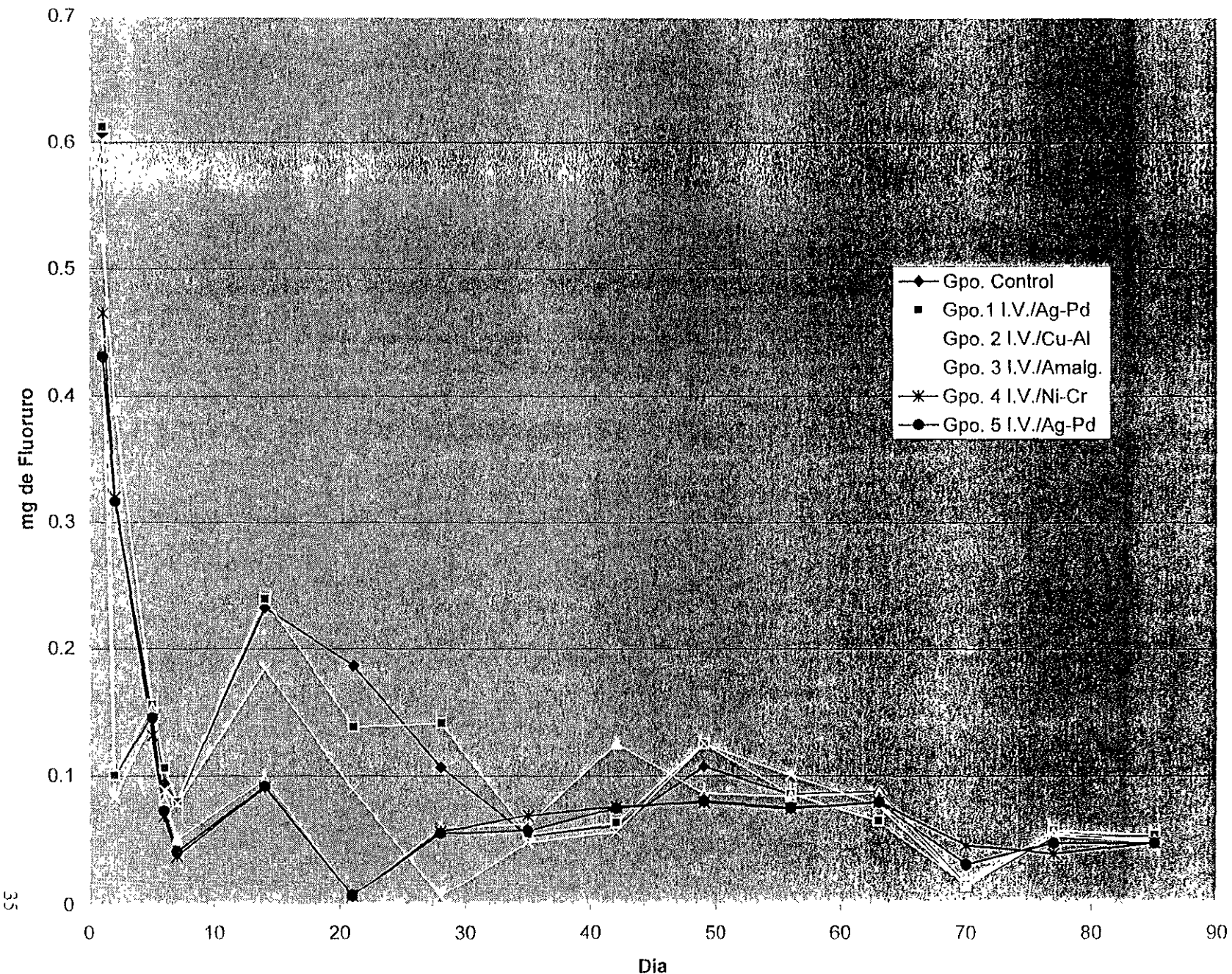
CIV	G	R	U	P	O	S
	Control	1	2	3	4	5
DEGUSSA	21.82	22.54	24.78	33.77	23.70	34.13
VITREMER	9.34	10.36	9.88	8.13	8.65	8.30
FUENTE DIRECTA						

Tabla 3. Muestra la cantidad en % total de fluoruro liberado en ambas marcas de cementos hasta el día 85.

Se utilizó un Análisis de Varianza Paramétrico (ANOVA) de un solo factor y la Prueba de Tukey.<sup>51</sup> En algunos casos se aplicó un Análisis de Varianza no Paramétrico (Prueba de Kruskal-Wallis). Dichos análisis se realizaron empleando el paquete estadístico Jandel SigmaStat.



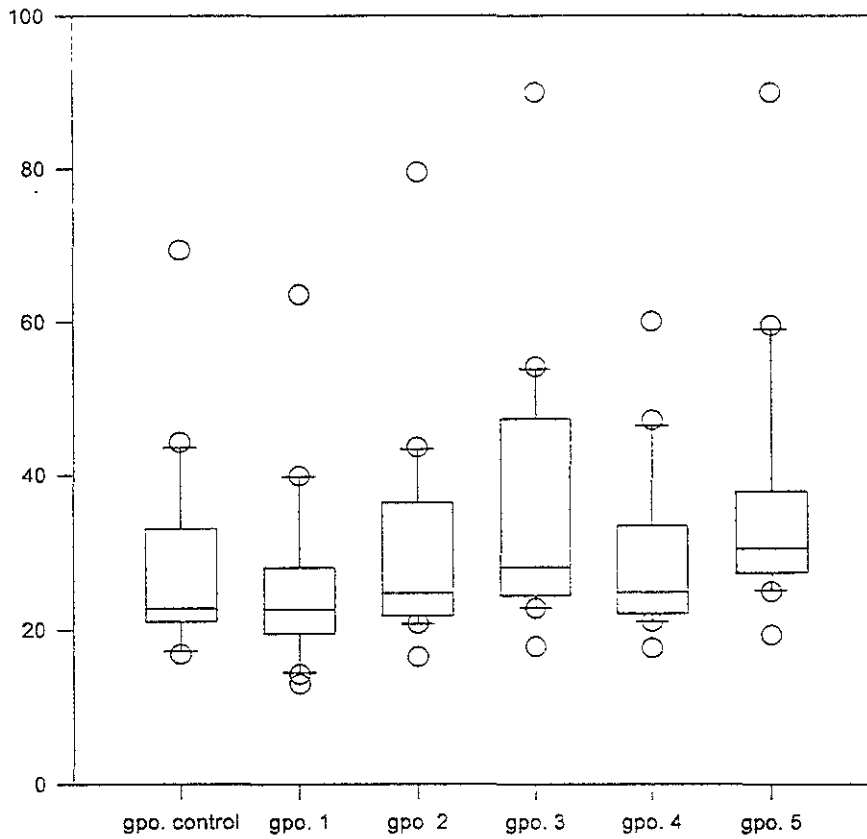




35

Fig. 15. Fluoruro liberado a través del tiempo (medias). Disminución gradual después del 2º día

J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA

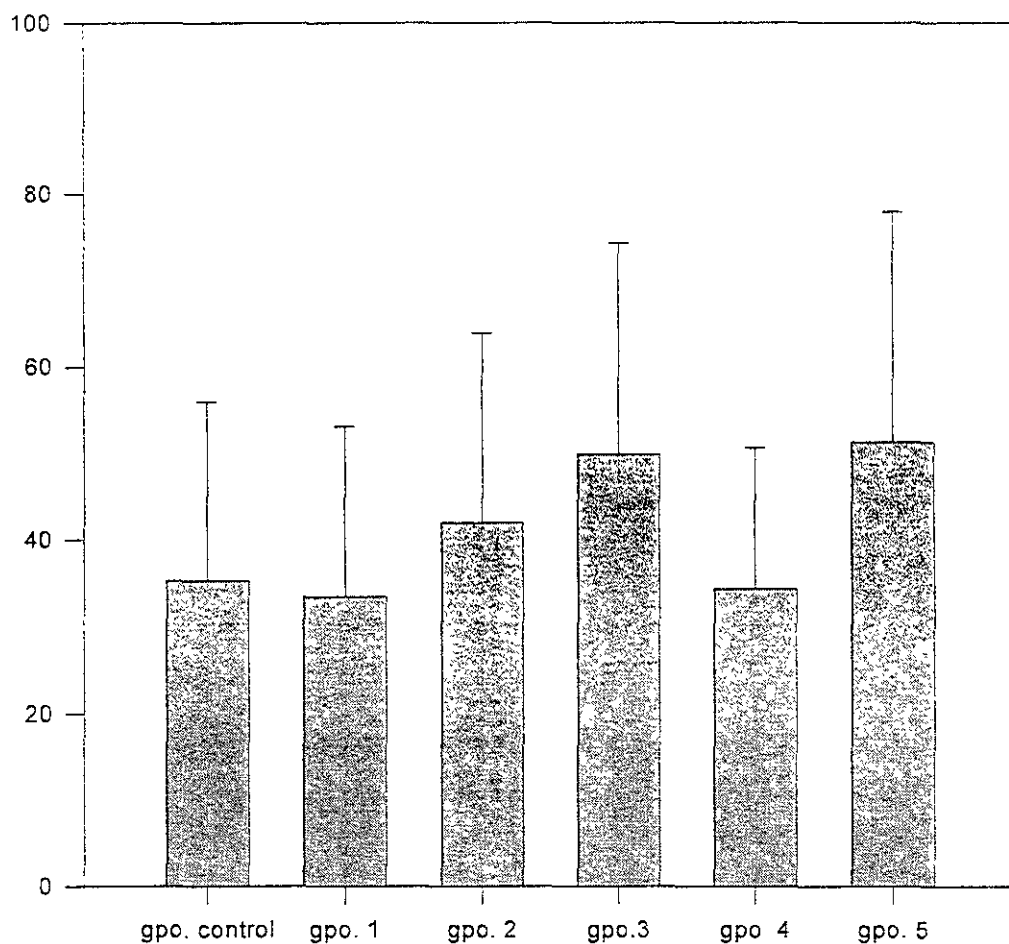


**Gráfica 3.** Para analizar estadísticamente el comportamiento del CIV Degussa (de la 1ª a la 12ª semana), se aplicó una prueba Kruskal-Wallis ANOVA en rangos, resultando una  $H=13.333$ , por tanto existe una diferencia estadísticamente significativa, con una ( $P=0.020$ )

GRUPO	MEDIANA
Control	22.750
1	22.615
2	24.720
3	28.075
4	24.840
5	30.555

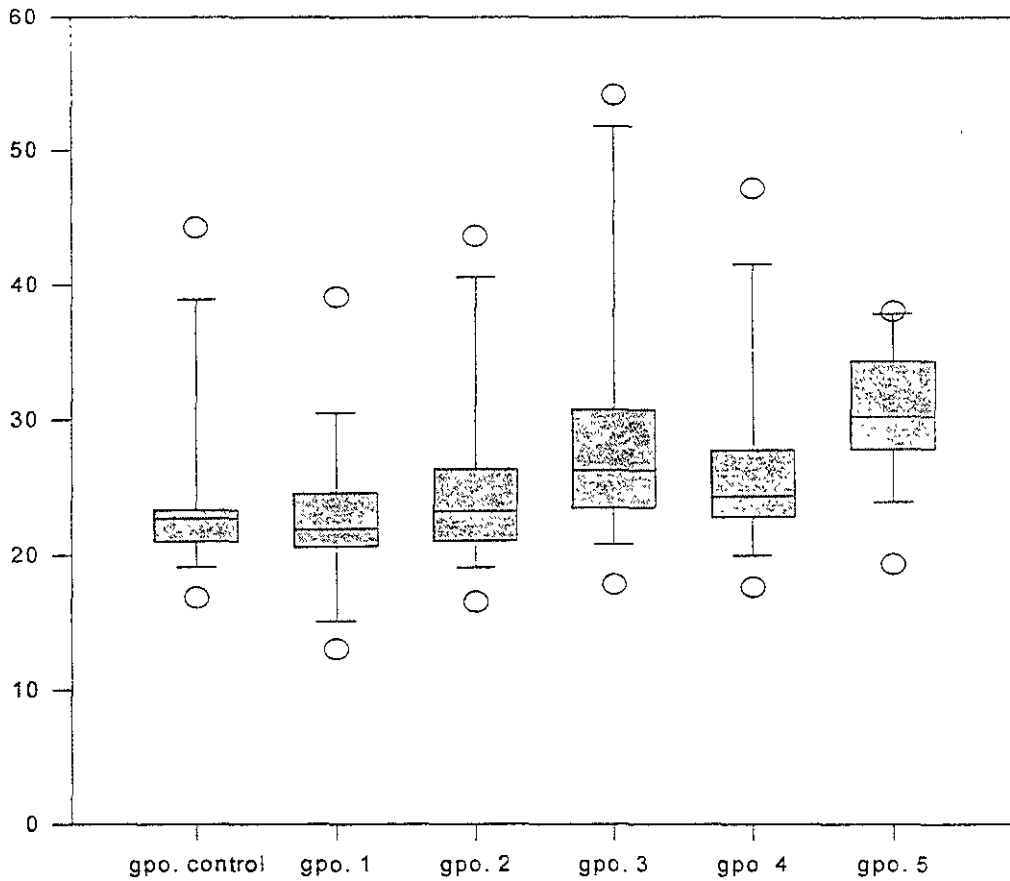
Comparación	Diferencia de Rangos	$P < 0.05$
Grupo 5 vs control	411.000	sí
Grupo 3 vs control	338.500	sí
Grupo 4 vs control	147.000	no
Grupo 2 vs control	138.500	no
Grupo 1 vs control	51.000	no

Los grupos que hicieron diferencia estadísticamente significativa con el grupo control (CIV), fueron el grupo 5 (CIV/Ag-Sn), y el grupo 3 (CIV/Amalgama).



**Gráfica 4.** Para CIV Degussa se aplicó una prueba paramétrica ANOVA de 1 factor para analizar el comportamiento de todos los grupos (liberación de fluoruro) durante la primera semana del estudio y se obtuvo una  $F=0.668$ , por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa.

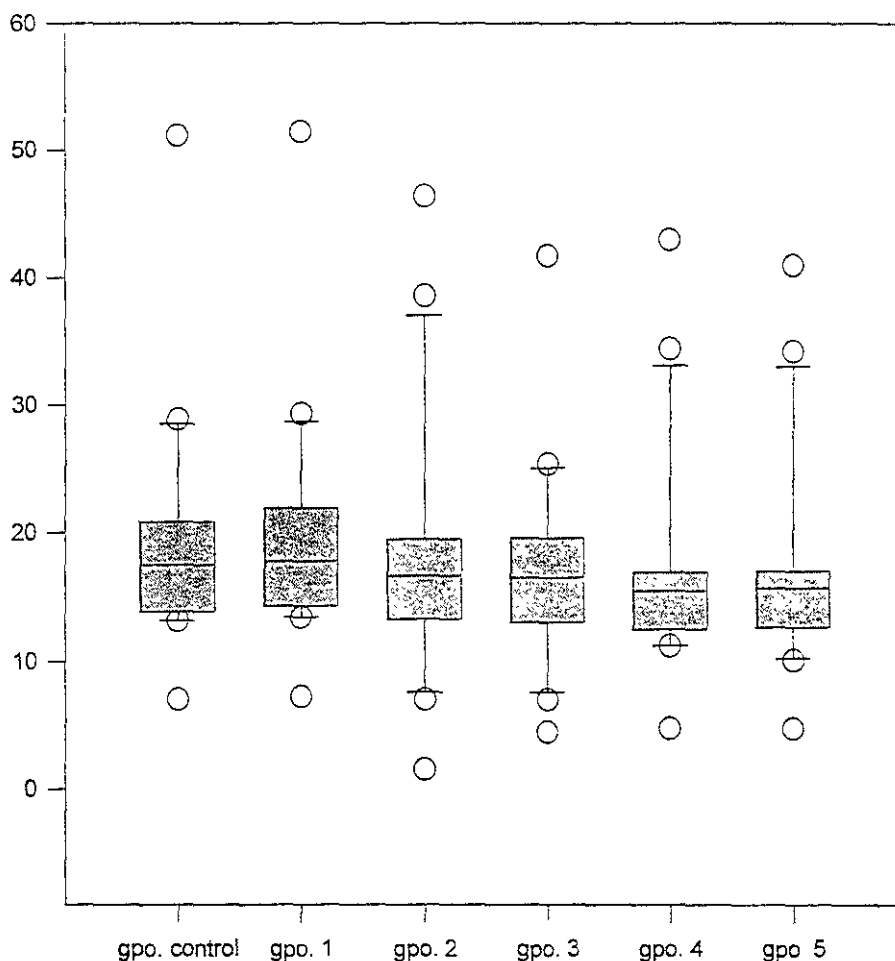
GRUPO	MEDIA	DES. EST.
Control	35.272	20.666
1	33.474	19.661
2	41.966	21.999
3	49.908	24.420
4	34.386	16.287
5	51.306	26.690



**Gráfica 5.** Para estudiar el comportamiento de todos los grupos del CIV Degussa con respecto al control, de la 2ª a la 12ª semana que duró el estudio, se aplicó una prueba Kruskal-Wallis y resultó una  $H=13.426$ , por lo que sí existe diferencia estadísticamente significativa ( $P=0.020$ )

GRUPO	MEDIANA
Control	22.710
1	21.970
2	23.260
3	26.280
4	24.350
5	30.260

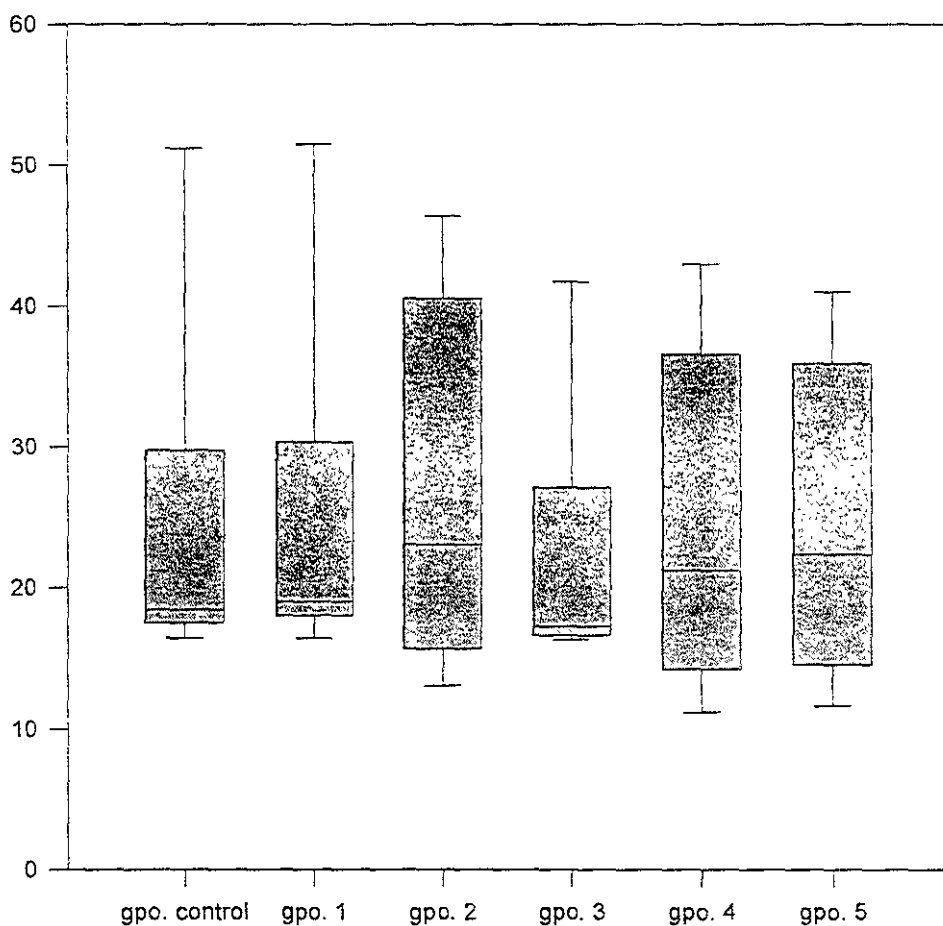
El grupo 5 fue el único que hizo diferencia estadísticamente significativa contra el control ( $P < 0.05$ )



**Gráfica 6.** Para el CIV Vitremer se aplicó una prueba Kruskal-Wallis para analizar el comportamiento de todos los grupos con respecto al control, durante el estudio (de la 1ª a la 12ª semana). y se obtuvo una  $H=4.634$ , por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $P=0.462$ ).

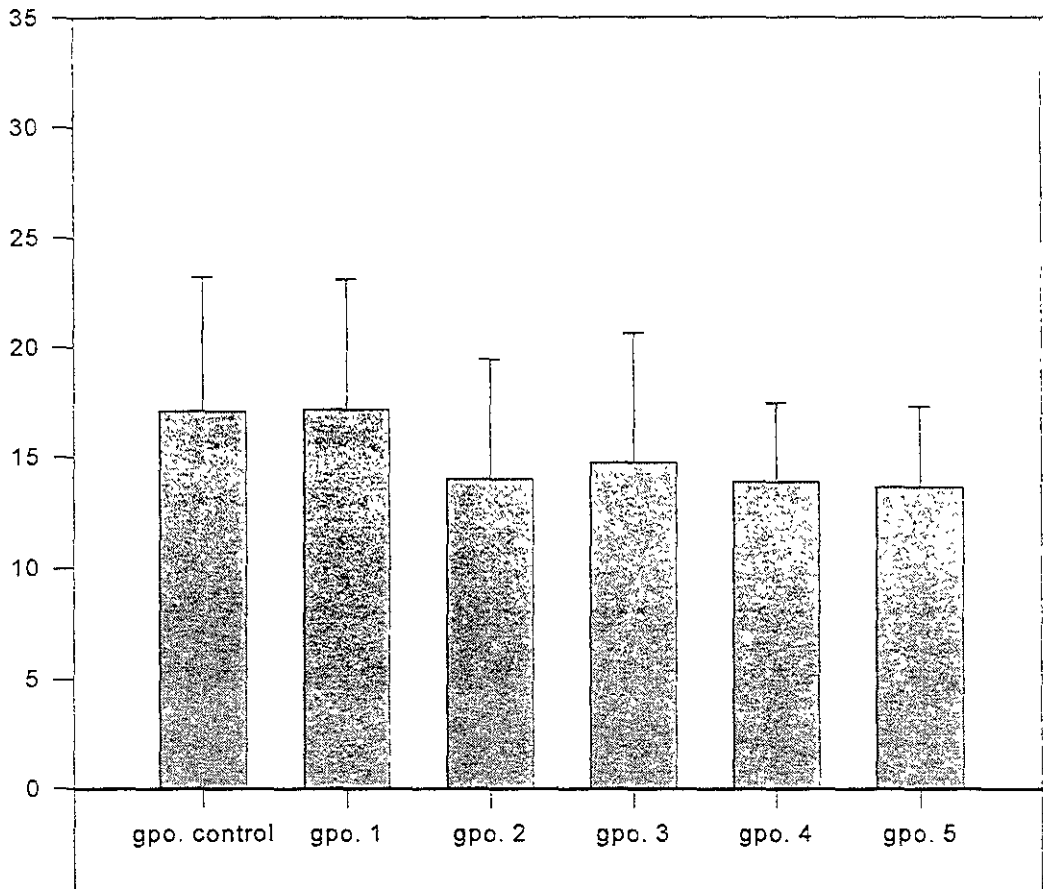
GRUPO	MEDIANA
Control	17.505
1	17.790
2	16.695
3	16.530
4	15.510
5	15.725

Experimentalmente significa que todos los grupos tuvieron una liberación de  $F^-$  homogénea ya que las aleaciones no influyeron en la cantidad de fluoruro liberado por el CIV Vitremer.



**Gráfica 7.** Para analizar el comportamiento de todos los grupos con respecto al grupo control (del CIV Vitremer) durante la primera semana del estudio, se aplicó una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis dando como resultado una  $H=0.723$  por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa.

GRUPO	MEDIANA
Control	18.440
1	19.000
2	23.030
3	17.260
4	21.220
5	22.380



**Gráfica 8.** Para analizar el comportamiento de todos los grupos del CIV Vitremer, de la 2ª a la 12ª semana del estudio, se aplicó una prueba paramétrica ANOVA de un factor resultando una  $F=1.069$  por lo que no hay diferencia estadísticamente significativa.

GRUPO	MEDIA	DESV. EST.
Control	17.088	6.081
1	17.152	5.949
2	13.986	5.453
3	14.748	5.894
4	13.863	3.590
5	13.632	3.656

## DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó para determinar la cantidad de fluoruro liberado por dos cementos de ionómero de vidrio en agua desionizada cuando fueron almacenados junto con distintas aleaciones de uso común en boca. Los CIV elegidos para el estudio fueron un CIV Tipo II convencional (marca Degussa) y un CIV modificado con resina (marca Vitremer). Los CIV estudiados liberaron fluoruro; esta observación concuerda con los hallazgos reportados por otros autores (De Schepper y col <sup>42</sup>, Ell Mallakh y Sarkar <sup>38</sup>, Forsten <sup>17, 20, 18</sup>, Hattab <sup>16</sup>, Kuhn y col <sup>32</sup>, Muzinsky y col <sup>41</sup>, Swartz y col <sup>14</sup>, entre otros).

La forma de liberarlo fue similar en los dos ionómeros de vidrio. La más alta cantidad de  $F^-$  liberado ocurrió durante la primera semana, principalmente durante las primeras 24 horas; a partir de la segunda semana la cantidad de fluoruro liberado fue disminuyendo gradualmente durante las doce semanas que duró el estudio. Esto ha sido señalado previamente en otras investigaciones (Swartz y col <sup>14</sup>, Muzinsky y col <sup>41</sup>, De Schepper y col <sup>42</sup>, Takahashi y col <sup>43</sup>).

En este estudio hubo diferencias (variaciones) significativas en la cantidad de fluoruro liberado de los dos CIV analizados, en cuanto a la cantidad de  $F^-$  liberado a los mismos tiempos, ya que el CIV Degussa liberó significativamente mayor cantidad de  $F^-$  (Tabla 1) que lo liberado por el CIV Vitremer (Tabla 2), a pesar de que el contenido de fluoruro en el polvo de Vitremer es mayor que el Degussa, esto tal vez se puede explicar por la diferencia en la composición de ambos materiales, ya que el CIV Vitremer contiene resina en su fórmula y probablemente la resina al ser polimerizada impida en cierto modo la difusión de los iones fluoruro del cemento, y su liberación sea menos marcada que en el CIV Degussa; ésta observación es contraria a lo reportado por Balducci y col <sup>45</sup>, ya que ellos observaron mayor cantidad de fluoruro liberado por un CIV fotocurable (por tanto con resina), que en uno autocurable, en pH=7; esto posiblemente se deba a que la marca de CIV fotopolimerizable valorado en ese estudio (Fuji II LC-GC) contenga mayor concentración de  $F^-$  en la composición que el valorado en éste estudio (Vitremer).



Los resultados muestran que el CIV convencional (Degussa) liberó más altas cantidades de fluoruro que el otro material y esta diferencia se mantuvo constante durante todo el estudio. La diferencia, como se expresó anteriormente puede deberse a la composición o al mecanismo de liberación de fluoruro de cada material. La liberación de fluoruro ocurre parcialmente por difusión a través de los poros y grietas (Kuhn y col <sup>32</sup>). En este trabajo es evidente una liberación de  $F^-$  más baja por el CIV modificado con resina (Vitremmer), que el CIV convencional (Degussa) y estos hallazgos concuerdan por lo reportado por Takahashi y col <sup>43</sup>; Díaz-Arnold y col <sup>44</sup>.

La mayor cantidad de fluoruro liberado por CIV Degussa fue en presencia de aleaciones que contenían estaño en su composición (amalgama y aleación plata-estaño) esto se explica por la formación de complejos químicos con el estaño debido a la afinidad del fluoruro (por ser muy electronegativo) hacia el estaño formando SnF (fluoruro estannoso); compuestos de sales halogenadas fueron reportados por Filloy y colaboradores <sup>34</sup> en base a la mayor velocidad de corrosión  $mA/cm^2$  en amalgamas de alto contenido de cobre, donde la amalgama Argent 2000 que obtuvo los valores mayores de oxidación (formación de sales) por ser ésta una amalgama que tiene mayor porcentaje de estaño en su composición. El fluoruro estannoso es un compuesto usado como parte de la fórmula de muchos materiales dentales que tienen propiedades anticariogénicas por lo que se comprueba el efecto preventivo que poseen los fluoruros ya que éstos remineralizan la superficie de los dientes e inhibe la formación de caries secundaria. Esta cualidad del efecto del fluoruro liberado por los CIV ha sido comprobada y reportada por Rezk Lega y col <sup>9</sup>, Hattab y col <sup>16</sup>, Swartz y col <sup>14</sup>, Takahashi <sup>43</sup>, Cooley y Mc Court <sup>13</sup>, Swift <sup>29</sup>, Skartveit y col <sup>15</sup>, Forsten <sup>18</sup>, entre otros. Esto sugiere un sinergismo entre los dos compuestos CIV por un lado y amalgama o aleación plata-estaño por otro, de tal manera que si se usan simultáneamente estos materiales se potenciará el efecto preventivo, especialmente cuando se use en odontopediatría. Una propuesta de investigación sobre ésta misma línea sería realizar una investigación clínica en pacientes que porten éstos dos tipos de materiales de restauración, para corroborar el efecto preventivo mediante un índice COP.

Este fenómeno no se vio con el CIV Vitremer (modificado con resina) y la probable explicación es por la baja liberación de fluoruro de éste comparado con el CIV Degussa.

En todos los casos, con el CIV Degussa, la presencia de aleaciones influyó en la cantidad de fluoruro liberado, siendo mayor esta cantidad, aún incluso que las del grupo control; la mayor diferencia la mostró el CIV almacenado con amalgama de la cual uno de los componentes es el estaño, y con la aleación plata-estaño. La razón que puede explicar éste fenómeno es el de que el flúor al ser el elemento más electronegativo (3.90- 4.10 Mulliken-Jaffé) tiene una gran afinidad por los metales de potencial de electrodo negativo como el sodio (-2.71 volts) formando fluoruro de sodio, y estaño (-0.14 volts) formando fluoruro estannoso.

En virtud de que la capacidad y disposición de un átomo para atraer electrones se encuentra estrictamente determinada por el ambiente que rodea a dicho átomo, se ha reportado que la cantidad de fluoruro liberado por los CIV en agua desionizada es diferente a la cantidad de fluoruro liberado en saliva ya que ésta tiene una composición compleja (El Mallakh y col <sup>38</sup>, Rezk-Lega y col <sup>9</sup>) por lo tanto no ocurre lo mismo en la boca que en las condiciones de esta investigación. Esto da pie a sugerir que se realice un estudio semejante a éste, pero cambiando la solución de almacenaje de las muestras, empleando saliva artificial en lugar de agua desionizada.

Es importante señalar que las muestras de los CIV (Degussa y Vitremer) almacenadas con las muestras de la aleación Cu-Al sufrieron una pigmentación de color azulosa, mientras que las muestras de la aleación mostraron una apariencia oxidada. Desafortunadamente no fue posible hacer una determinación química para conocer la causa de éste fenómeno, aunque posiblemente de deba a la diferencia de potencial eléctrico del aluminio que es el elemento más positivo en la tabla electromotriz.

## CONCLUSIONES

Los dos cementos de ionómero de vidrio estudiados (Degussa y Vitremer) liberaron fluoruro. La cantidad de fluoruro liberado fue muy alta a las 24 horas, pero disminuyó bruscamente a las 48 horas.

La cantidad liberada de fluoruro por el cemento Degussa fue sistemáticamente mayor (durante todo el estudio) que la cantidad liberada por Vitremer.

Todas las aleaciones empleadas en esta investigación influyeron, aumentando la cantidad del fluoruro liberado por el CIV Degussa. La presencia de amalgama dental y de la aleación Ag-Sn tuvieron mayor influencia en la cantidad de fluoruro liberado, ya que fueron éstos dos grupos los que más fluoruro liberado mostraron; sin embargo durante la primera semana del estudio no hubo diferencias estadísticamente significativas.

La cantidad de fluoruro liberado por Vitremer fue sistemáticamente menor que Degussa, a pesar de poseer más alto contenido de fluoruro la composición del polvo del cemento Vitremer.

Para el CIV Vitremer no hubo diferencia estadísticamente significativa, por lo que la presencia de aleaciones no altera la cantidad de fluoruro liberado por este cemento.

La presencia de amalgama o de aleación Ag-Sn junto al CIV convencional (Degussa) potencializa la liberación de fluoruro y por lo tanto puede repercutir en el efecto anticariogénico ya comprobado de éstos cementos.

## PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO

- Se propone realizar un estudio para conocer la influencia de las aleaciones metálicas en la concentración del  $F^-$  liberado por el CIV, empleando soluciones de almacenaje con diferentes pH's y con agitación.
  
- Llevar a cabo un estudio para conocer la influencia de las aleaciones metálicas en la concentración del  $F^-$  liberado por el CIV, empleando como medio de almacenaje la saliva artificial.
  
- Desarrollar investigaciones para conocer la influencia de las aleaciones metálicas en la concentración del  $F^-$  liberado por el CIV, valorando por medio del Microscopio de Barrido Electrónico o por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica las muestras antes y después del estudio para determinar los cambios en la composición, tanto de los cementos como de las aleaciones.
  
- Realizar un estudio para conocer la influencia de las aleaciones metálicas de uso común en boca, en la concentración del  $F^-$  liberado por el CIV, cambiando la solución de almacenaje, para hacer la determinación de fluoruro a las 24 horas.
  
- Ahondar en el estudio del sinergismo CIV-Amalgama como mecanismo preventivo en Odontopediatría.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for Dentistry: the glass ionomer cement. *Br Dent J* 1972; 132: 133-135
2. Smith DC. Composition and characteristics of glass ionomer cements. *JADA* 1990; 120:20-22
3. Phillips R. *La Ciencia de los Materiales Dentales*. 9ª Ed Interamericana, México, 1991: 468-481
4. Castaño VM, Arita HI, Saniger J, Hu H. Engineering Materials: The case of polyelectrolyte cements. *Advanced Topics in materials science and engineering*. Edited by J.L. Morán-López y J. M. Sánchez. Plenum Press, New York, USA, 1993: 103-116
5. Mount GJ. Glass-ionomer cements: past, present and future. *Operative Dent* 1994; 19: 82-90
6. Wilson AD. The nature of the zinc polycarboxylate cement matrix. *J Biomed Mat Res* 1982; 16: 549-557
7. Mount GJ. Restoration of eroded areas. *JADA* 1990; 120: 31-35
8. Christensen GJ. Glass ionomer as a luting material. *JADA*, 1990; 120: 59-62
9. Rezk-Lega F, Ögaard B, Rølla G. Availability of fluoride from glass-ionomer luting cement in human saliva. *Scand J Res* 1991; 99: 60-63
10. Hunt RP. Microconservative restorations for approximal carious lesions. *JADA* 1990; 120: 37-40
11. Barnes MD, Blank WL, Gingell CJ, Gilner PP. A clinical evaluation of a resin modified glass ionomer restorative material. *JADA* 1995; 126: 1245-1253
12. Mathis R, DeWald J, et al. Marginal leakage in class V composite resin restorations with glass-ionomer liners in vitro. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 522-525
13. Cooley RL, and Mc Court WJ. Fluoride-releasing removable appliances. *Quintessence Int* 1991; 22: 215-220
14. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE. Long-term F release from glass ionomer cements. *J Dent Res* 1984; 63 (2): 158-160

15. Skarveit L et al. In vivo fluoride uptake in enamel and dentin from fluoride containing materials. *J Dent Child* 1990; March-April: 97-100
16. Hattab FN. et al. An in vivo study on the release of fluoride from glass ionomer cement. *Quintessence Int* 1991; 22: 221-224
17. Forsten L. Fluoride release from a glass-ionomer cement. *Scand J Dent Res* 1977; 85:503-504
18. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res.* 1991; 99: 241-245
19. Scoville R, Foreman F, Burgess J. In vitro fluoride uptake by enamel adjacent to a glass ionomer luting cement. *J Dent Child* 1991; 9 (5): 258-261
20. Forsten L. Short and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride containing filling materials in vitro. *Scand J Dent Res* 1990; 98: 179-185
21. Swift JE. Effects of glass ionomers on recurrent caries. *Operative Dent* 1989; 14: 40-43
22. Swift JE. Fluoride-containing restorative materials. *Clin Prev Dent* 1988; 10(6): 19-24
23. Forsten L, Paunio J. Fluoride release by silicate cements and composite resins. *Scand J Dent Res* 1972; 80: 515-519
24. DePaola PF. Reaction Paper: The use of topical and systemic fluorides in the present Era. *J Public Health Dent* 1991; 51: 48-52
25. LeCompte JE, and Whitford GM. The biologic availability of fluoride from alginate impression and APF gel applications in children. *J Dent Res* 1981; 60 (4): 776-780
26. Forsten L, Rytömaa A, Keinonen J. Fluoride uptake from restorative dental materials by human enamel. *Scand J Dent Res.* 1976; 4 : 391-395
27. Hamilton IR. Biochemical effects of fluoride on oral bacteria. *J Dent Res* 1990; 69 (Spec Iss): 660-667
28. Wefel JS and Harless JD. The effect of topical fluoride agents on fluoride uptake and surface morphology. *J Dent Res* 1981; 60 (11): 1842-1848
29. Swift JE. Fluoride release from two composite resins. *Quintessence Int* 1989; 20 (2): 895-897

30. Souganidis D, Athanassouli T, Papastathopoulos D. A study of in vivo fluoride uptake by dental tissues from fluoride-containing silver amalgams. *J Dent Res* 1981; 60(2): 105-108
31. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE, Norman RD and Potter R. Fluoride distribution in teeth using a silicate model. *J Dent Res* 1980; 59 (10): 1596-1603
32. Kuhn AT, Winter G, and Davies EH. Dissolution and fluoride release from silicate and glass ionomer cement. *IADR Abstracts, British Division* 1982; 61 (4): Abst # 173
33. Sarkar NK, Fuys RA, and Stanford JW. The chloride corrosion behavior of silver-base casting alloys. *J Dent Res* 1979; 58 (6): 1572-1777
34. Filloy Herrera MP. Prevención de la corrosión-oxidación en amalgamas dentales usando el complejo Iodo-Polivinil-Pirrolidona. Tesis de Doctorado UNAM, Fac. de Odontología, México, 1985
35. Newman SM. Effect of pH on corrosion on a chloride environment. *IADR Abstracts* 1982; 283: Abst # 942
36. Sutow EJ, Jones DW, Hall GC, Husher G and Milne EL. In vitro corrosion evaluation of dental amalgam. *IADR Abstracts* 1982; Abst # 632
37. Maldonado A, Swartz M, Phillips R. An in vitro study of certain properties of a glass ionomer cement. *JADA* 1978; 96: 785-795
38. El Mallakh BF and Sarkar NK. Fluoride release from glass ionomer cements in de-ionized water and artificial saliva. *Dent Mat* 1990; 6: 118-122
39. Fukazawa MY. Mechanism for erosion of glass ionomer cements in an acidic buffer solution. *J Dent Res* 1987; 66: 1770-1774
40. De Moor R, Verbeeck R, De Maeyer E. Fluoride release profiles of restorative glass ionomer formulations. *Dent Mat* 1996; 12: 88-95
41. Muzynski B, Greener E, Jameson L, Malone W. Fluoride release from glass ionomer used as luting agents. *J Prosthet Dent* 1988; 60 (1): 41-44
42. De-Schepper E, Berry III EA, Cailletau JG, Tate WH. A comparative study of fluoride release from glass ionomer cements. *Quintessence Int* 1991; 22: 215-220
43. Takahashi K, Emilson CG, Birkhed D. Fluoride release in vitro from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. *Dent Mat* 1993; 9: 350-354

44. Díaz-Arnold AM, Holmes D, Wistrom D, Swift E Jr Short-term fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dent Mat* 1995; 11: 96-101
45. Balducci L, Albergo M, Ciuffreda M, Sampalmieri F. Polymerization types and fluoride release from two glass ionomeric cements. *J Dent Res* 1998; 77 IADR Abstracts: 785 Abst # 1229
46. Könönen M, Lavonius E, Kivilahti J. SEM Observations on stress corrosion cracking of commercially pure titanium in a topical fluoride solution. *Dent Mat* 1995; 11: 269-272
47. Covington J, Mc Bride MA, Slagle W, Disney A. Quantization of nickel and beryllium leakage from base metal casting alloys. *J Prosthet Dent* 1985; 54 (1): 127-135
48. Hattab, FN. et al. Directed determination of fluoride in selected dental materials. *Dent Mat* 1987; 3: 67-70
49. Specification No. 66 ADA 1989 Specifications available from American Dental Association. Chicago ADA 1989
50. Revised American Dental Association Specification No. 1 for Alloy for Dental Amalgam. *Reports of Councils Bureaus / JADA* 1977; 95: 614-617
51. Elorza H. *Estadística para las Ciencias Sociales y del Comportamiento*, 2ª. Ed. Oxford University Press, México, 2000, pp 778



## **CURRÍCULUM VITAE**

*Nombre: Juana Paulina Ramírez Ortega*

*Lugar de Nacimiento: México, D.F.*

*Fecha de nacimiento: 10 de octubre*

*Nacionalidad: Mexicana*

*Nombre de los Padres: Mario Ramírez Hernández*

*Virginia Ortega de Ramírez*

*Dirección electrónica: paulinaramrez@latinmail.com*

*Teléfono: part. 5789 6044 consultorio 5211 7694*

### **Estudios Profesionales y de Posgrado**

*Licenciatura: "Cirujano Dentista", 1981-84, F.O., U.N.A.M.*

*Especialización: en "Materiales Dentales", 1990-91, F.O., U.N.A.M.*

*Diplomado: "Docencia en Materiales Dentales" 1992-93, F.O., U.N.A.M.*

*Maestría "En Odontología", 1993-94, F.O., U.N.A.M.*

### **Experiencia Docente y Profesional:**

*Técnico Académico Asociado "A" T.C. Definitivo, en la Facultad de Odontología, U.N.A.M. de 1991 a la fecha*

*Profesor Titular de Materiales Dentales en la Facultad de Odontología, U.N.A.M., de 1991 a la fecha*

*Práctica Privada desde 1985*

### **Reconocimientos**

*Medalla y Diploma "Gabino Barreda", diciembre 1997*

# ANEXO 1

MATERIALES

	No. de Lote	
	Polvo	Líquido
• Ionómero de vidrio Tipo II para Restauración	940812	950213
Degussa™ (Hecho en Alemania para Degussa	940814	950215
México, S.A., de C.V.)	940813	950214
	940813	950214
• Vitremer™, Ionómero de Vidrio de	19951109	
Polimerización por Triple Vía. Material Restau-	19940502	
rador (Hecho en U.S.A. por 3M Dental Products,	19950705	
St. Paul, MN.).	19940222	
• Aleación Plata-Estaño (liga de plata)		
(Hecha en México por Aleaciones Dentales Zeyco,	-----	
S.A. de C.V.).		
• Aleación Plata-Paladio Experimental		
(Fabricada en el Lab. de Materiales Dentales,	-----	
F.O., U.N.A.M., México).		
• Aleación Cobre-Aluminio		
(Hecha en México por Etal Baker, S. A. de C.V.).	-----	
• Aleación Níquel-Cromo (Coronas Prefabricadas)		Dul 4
(Hechas en U.S.A. por 3M Dental Products,		P960207
St. Paul, MN.).		

- “Artalloy” cápsulas predosificadas para amalgama 6071162/22  
(Fabricado en Alemania por Degussa AG. ).

**Materiales para fabricar las muestras:**

- Hacedores de muestras para prueba de solubilidad, según Norma ADA No. 66
- Espátula para cementos CS 24, Hu Friedy, USA
- Balanza Analítica marca Ohaus, modelo GA200
- Balanza Analítica E. Mettler Type HS No.106223
- Losetas de vidrio y papel impermeable (para la mezcla)
- Losetas de vidrio y prensas
- Estufa Hanau curing unit, Hanau Engineering Co., Inc. Buffalo, N.Y., USA
- Lámpara para fotopolimerizar Visilux 2 ( 3M)
- Papel celofán
- Hilo dental y palillos de plástico
- Ambientador (cabina con control de temperatura)
- Recipientes de polipropileno de 30 ml con tapas (para almacenar las muestras)
- Cronómetro
- Cera rosa toda estación No. 7
- Lámpara de alcohol
- Espátulas de Lecrón y 7A
- Papel amianto
- Cubiletes, marca Whip Mix, modelo No. 4085, USA
- Peanas, Whip Mix, Vac.U-Spat, Pat No. 3005232
- Vibrador, Buffalo 200, Buffalo Dental MFG Co. NY, USA
- Taza de hule, Hygienic Flexibole, made in USA
- Espátula para yesos, Buffalo Dental, USA
- Revestimiento (cristobalita )

- Cera pegajosa, marca Kerr
- Horno para desencerar, marca Caisa, modelo 301M, México
- Centrífuga, Kerr Casting Machine No. 135688, USA
- Para pulir aleaciones (puntas de hule de diferentes granos, piedras verdes, discos de carburo, mantas)
- Motor de alta velocidad Foster Alloy Grinder, modelo 53
- Hacedores de muestras para amalgama, según Norma No. 1, A.D.A.
- Amalgamador mecánico Mixomat de Degussa
- Aparato de carga para condensar la amalgama, fabricada en la Facultad de Ingeniería, UNAM

**Equipo y Materiales para medir el fluoruro liberado de los cementos:**

- Potenciómetro marca Orion Research microprocessor ionalyzer / 901
- Electrodo selectivo para fluoruros Orion, No. cat. 960900
- Electrodo combinado para medir pH Orion, No. cat. 91.01
- Agua desionizada
- TISAB (Total Ionic Solution Adjust Buffer), solución para fijar la fuerza iónica
- Agitador magnético Type Compact No. 6289 Tacussel electronique
- Barras magnéticas, Spinbar, Bel-Art Products, USA
- Solución stock de Fluoruro de Sodio 10 000 ppm
- Papel filtro No. 5, marca Whatman
- Cristalería adecuada para llevar a cabo todo el proceso (pipetas, buretas de diferentes volúmenes, soportes para buretas, vasos de precipitado matraces volumétricos, etc.)

## **ANEXO 2**

Materiales: IONÓMERO DE VIDRIO TIPO II PARA RESTAURACIÓN. DEGUSSA, ALEMANIA. (CONTROL)

Aleaciones: I: I.V. + Ag-Pd Experimental, fabricada en el Lab. Mat. Dent., F.O., U.N.A.M.

II: I.V. + Cu-Al Etal Baker, México

III: I.V. + Amalgama "Artalloy", Degussa, Alemania

IV: I.V. + Ni-Cr Coronas Ion, 3M, U.S.A.

V: I.V. + Ag-Sn Zeyco, México

DÍA	1	2	5	6	7	14	21	28	35
GPO.	1.05	0.3325	0.4813	0.2138	0.1563	0.5988	0.3687	0.185	0.1663
CON-	0.6963	0.1888	0.3425	0.1138	0.0538	0.475	0	0.1321	0.1538
TROL	0.8825	0.2613	0.2913	0.0887	0.0413	0.3863	0.3	0.1313	0.1306
PROMEDIO	<b>0.8763</b>	<b>0.2607</b>	<b>0.3717</b>	<b>0.1388</b>	<b>0.0838</b>	<b>0.4867</b>	<b>0.335</b>	<b>0.1495</b>	<b>0.1502</b>
DESV.EST.	<b>0.1445</b>	<b>0.0719</b>	<b>0.0803</b>	<b>0.054</b>	<b>0.0515</b>	<b>0.0871</b>	<b>0.0281</b>	<b>0.0251</b>	<b>0.0148</b>
1	0.2963	0.1775	0.615	0.1825	0.0563	0.4975	0.3863	0.1283	0.1425
	1.3263	0.3925	0.2875	0.0525	0.0813	0.7188	0.5213	0.1763	0.2075
	0.7825	0.2325	0.33	0.0638	0.0463	0.3213	0.2863	0.1663	0.1688
PROMEDIO	<b>0.8017</b>	<b>0.2675</b>	<b>0.4108</b>	<b>0.0996</b>	<b>0.0613</b>	<b>0.0512</b>	<b>0.398</b>	<b>0.1555</b>	<b>0.1729</b>
DESV.EST.	<b>0.4207</b>	<b>0.0912</b>	<b>0.1454</b>	<b>0.0588</b>	<b>0.0147</b>	<b>0.1626</b>	<b>0.0963</b>	<b>0.0228</b>	<b>0.0267</b>
2	0.8613	0.2813	0.399	0.2225	0.0563	0.4438	0.3363	0.134	0.155
	0.965	0.305	0.423	0.115	0.36	0.509	0.405	0.134	0.149
	1.075	0.3638	0.48	0.1163	0.4238	0.475	0.424	0.155	0.165
PROMEDIO	<b>0.9671</b>	<b>0.3167</b>	<b>0.434</b>	<b>0.1513</b>	<b>0.28</b>	<b>0.4759</b>	<b>0.3884</b>	<b>0.141</b>	<b>0.1563</b>
DESV.EST.	<b>0.0873</b>	<b>0.0347</b>	<b>0.034</b>	<b>0.0504</b>	<b>0.1603</b>	<b>0.0266</b>	<b>0.0377</b>	<b>0.0099</b>	<b>0.0066</b>

J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA

42	49	56	63	70	77	85	% F liberado
0.09	0.175	0.1263	0.1438	0.2225	0.1575	0.1513	27.923
0.085	0.1363	0.1258	0.155	0.115	0.1125	0.13	19.335
0.078	0.1513	0.1363	0.1138	0.1363	0.1013	0.1038	18.2
<b>0.0843</b>	<b>0.1542</b>	<b>0.1295</b>	<b>0.1375</b>	<b>0.1579</b>	<b>0.1238</b>	<b>0.1284</b>	<b>21.8193</b>
<b>0.0049</b>	<b>0.0159</b>	<b>0.0048</b>	<b>0.0174</b>	<b>0.0465</b>	<b>0.0243</b>	<b>0.0194</b>	<b>4.3407</b>
0.08	0.1563	0.1263	0.1259	0.165	0.115	0.1088	19.778
0.09	0.1244	0.1263	0.1475	0.2325	0.1563	0.25	28.602
0.0738	0.1075	0.1256	0.1463	0.13	0.1013	0.1588	19.244
<b>0.0813</b>	<b>0.1294</b>	<b>0.1261</b>	<b>0.1399</b>	<b>0.1758</b>	<b>0.1242</b>	<b>0.1725</b>	<b>22.5413</b>
<b>0.0067</b>	<b>0.0202</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.0099</b>	<b>0.0425</b>	<b>0.0234</b>	<b>0.0585</b>	<b>4.2911</b>
0.0813	0.1338	0.1258	0.165	0.155	0.115	0.1813	21.352
0.0813	0.129	0.126	0.153	0.189	0.125	0.199	25.38
0.0813	0.1413	0.126	0.175	0.213	0.141	0.224	27.882
<b>0.0813</b>	<b>0.1347</b>	<b>0.1259</b>	<b>0.1643</b>	<b>0.1857</b>	<b>0.127</b>	<b>0.2014</b>	<b>24.7813</b>
<b>0</b>	<b>0.0051</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.009</b>	<b>0.0238</b>	<b>0.0107</b>	<b>0.0175</b>	<b>2.69</b>



DÍA	1	2	5	6	7	14	21	28	35
	1.234	0.435	0.485	0.131	0.405	0.656	0.465	0.173	0.176
3	1.1425	0.3638	0.6538	0.1863	0.5213	0.6263	0.5713	0.2275	0.2225
	1.3213	0.4225	0.6663	0.2013	0.545	0.6875	0.7363	0.255	0.2738
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.2326</b>	<b>0.4071</b>	<b>0.6017</b>	<b>0.1729</b>	<b>0.4904</b>	<b>0.6566</b>	<b>0.5909</b>	<b>0.2185</b>	<b>0.2241</b>
<b>DESV.EST.</b>	<b>0.073</b>	<b>0.031</b>	<b>0.0827</b>	<b>0.0302</b>	<b>0.0612</b>	<b>0.025</b>	<b>0.1116</b>	<b>0.0341</b>	<b>0.0399</b>
	0.745	0.23	0.405	0.1288	0.1338	0.5213	0.2225	0.7538	0.0925
4	0.7713	0.255	0.4438	0.1313	0.137	0.5588	0.1975	0.1975	0.0913
	0.7363	0.2238	0.395	0.1275	0.1375	0.5338	0.1975	0.1763	0.0913
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.7509</b>	<b>0.2363</b>	<b>0.4146</b>	<b>0.1292</b>	<b>0.1361</b>	<b>0.538</b>	<b>0.2058</b>	<b>0.3759</b>	<b>0.0917</b>
<b>DESV.EST.</b>	<b>0.0149</b>	<b>0.0135</b>	<b>0.021</b>	<b>0.0016</b>	<b>0.0016</b>	<b>0.0156</b>	<b>0.0118</b>	<b>0.2674</b>	<b>0.0006</b>
	0.1538	0.9925	0.6238	0.1713	0.2538	0.2738	0.36	0.1125	0.3163
5	1.04	1.1938	0.6562	0.1788	0.2675	0.3288	0.3775	0.1038	0.33
	1.04	1.1663	0.7188	0.1825	0.1088	0.3363	0.3863	0.115	0.3175
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.7446</b>	<b>1.1175</b>	<b>0.6663</b>	<b>0.1775</b>	<b>0.21</b>	<b>0.313</b>	<b>0.3746</b>	<b>0.1104</b>	<b>0.3213</b>
<b>DESV.EST.</b>	<b>0.4178</b>	<b>0.0891</b>	<b>0.0394</b>	<b>0.0047</b>	<b>0.0718</b>	<b>0.0279</b>	<b>0.0109</b>	<b>0.0048</b>	<b>0.0082</b>

J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA

	42	49	56	63	70	77	85	% F liberado
	0.0863	0.146	0.126	0.158	0.158	0.123	0.214	30.156
	0.0938	0.2288	0.1463	0.15	0.1975	0.185	0.2875	33.162
	0.1006	0.175	0.1763	0.1613	0.2325	0.1975	0.3238	38.008
	<b>0.0936</b>	<b>0.1833</b>	<b>0.1495</b>	<b>0.1564</b>	<b>0.196</b>	<b>0.1685</b>	<b>0.2751</b>	<b>33.7753</b>
	<b>0.0058</b>	<b>0.0343</b>	<b>0.0207</b>	<b>0.0047</b>	<b>0.0304</b>	<b>0.0326</b>	<b>0.0457</b>	<b>3.2348</b>
	0.1875	0.1348	0.1541	0.18	0.2225	0.1488	0.2163	24.838
	0.185	0.137	0.1538	0.1475	0.2325	0.155	0.145	23.877
	0.1775	0.1334	0.1688	0.1838	0.2075	0.1413	0.1388	22.38
	<b>0.1833</b>	<b>0.1351</b>	<b>0.1589</b>	<b>0.1704</b>	<b>0.2208</b>	<b>0.1484</b>	<b>0.1667</b>	<b>23.6983</b>
	<b>0.0042</b>	<b>0.0015</b>	<b>0.007</b>	<b>0.0163</b>	<b>0.0103</b>	<b>0.0056</b>	<b>0.0352</b>	<b>1.0114</b>
	0.2213	0.2613	0.2381	0.2013	0.395	0.23	0.2075	29.56
	0.2325	0.2675	0.2275	0.2175	0.3863	0.2638	0.2188	36.895
	0.2325	0.2613	0.2225	0.2	0.36	0.2675	0.215	35.951
	<b>0.2288</b>	<b>0.2634</b>	<b>0.2294</b>	<b>0.2063</b>	<b>0.3804</b>	<b>0.2538</b>	<b>0.2138</b>	<b>34.1353</b>
	<b>0.0053</b>	<b>0.0029</b>	<b>0.0065</b>	<b>0.008</b>	<b>0.0149</b>	<b>0.0169</b>	<b>0.0047</b>	<b>3.2581</b>

J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA

**FLUORURO LIBERADO DEL IONÓMERO DE VIDRIO (I.V.) VITREMER (rng)**

**Materiales: IONÓMERO DE VIDRIO PARA RECONSTRUCCIÓN, 3M, U.S.A. (CONTROL)**

**Aleaciones: I I.V. + Ag-Pd Experimental, fabricada en el Lab. Mat. Dent., F.O., U.N.A.M.**

**II: I.V. + Cu-Al Etal Baker, México**

**III: I.V. + Amalgama "Artalloy", Degussa, Alemania**

**IV: I.V. + Ni-Cr Coronas Ion, 3M, U.S.A.**

**V: I.V. + Ag-Sn Zeyco, México**

DÍA	1	2	5	6	7	14	21	28	35
GPO.	0.7713	0.106	0.1438	0.1	0.0895	0.2275	0.2275	0.0928	0.055
CON-	0.465	0.0935	0.1438	0.085	0.073	0.2213	0.086	0.0843	0.0513
TROL	0.585	0.0989	0.1565	0.0971	0.0773	0.2488	0.2275	0.1425	0.0538
PROMEDIO	0.6071	0.0995	0.148	0.094	0.0799	0.2325	0.1863	0.1065	0.0534
DESV.EST.	0.126	0.0051	0.006	0.0065	0.007	0.0118	0.0667	0.0257	0.0015
	0.6113	0.1004	0.153	0.0986	0.0766	0.215	0.2275	0.14	0.0538
I	0.5988	0.0965	0.1575	0.1024	0.0791	0.26	0.0906	0.14	0.0538
	0.6263	0.1046	0.1567	0.1171	0.0837	0.2438	0.0971	0.1438	0.0563
PROMEDIO	0.6121	0.1005	0.1557	0.106	0.0798	0.2396	0.1384	0.1413	0.0546
DESV.EST.	0.0112	0.0033	0.002	0.008	0.0029	0.0186	0.0631	0.0018	0.0012
	0.505	0.395	0.1538	0.08	0.055	0.1015	0.0075	0.0613	0.07
II	0.5463	0.395	0.1563	0.0825	0.0513	0.0976	0.0075	0.0587	0.0588
	0.5213	0.3775	0.1496	0.08	0.0463	0.0938	0.0073	0.0587	0.0588
PROMEDIO	0.5242	0.3892	0.1532	0.0808	0.0509	0.0976	0.0074	0.0596	0.0625
DESV.EST.	0.017	0.0082	0.0028	0.0012	0.0036	0.0031	0.0001	0.0012	0.0053

J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA

42	49	56	63	70	77	85	% F LIBERADO
0.0663	0.1256	0.09	0.0925	0.0163	0.055	0.0587	9.8669
0.055	0.071	0.0813	0.085	0.0136	0.045	0.0463	7.3685
0.0625	0.1255	0.085	0.0838	0.0156	0.0563	0.0563	10.794
<b>0.0613</b>	<b>0.1074</b>	<b>0.0854</b>	<b>0.0871</b>	<b>0.0152</b>	<b>0.0521</b>	<b>0.0538</b>	<b>9.3431</b>
<b>0.0047</b>	<b>0.0257</b>	<b>0.0036</b>	<b>0.0038</b>	<b>0.0011</b>	<b>0.005</b>	<b>0.0054</b>	<b>1.4467</b>
0.0588	0.1256	0.0825	0.0158	0.0158	0.055	0.05	10.026
0.065	0.1255	0.0882	0.0838	0.016	0.0563	0.055	10.477
0.0675	0.1256	0.0863	0.095	0.0169	0.0613	0.0575	10.571
<b>0.0638</b>	<b>0.1256</b>	<b>0.0857</b>	<b>0.0649</b>	<b>0.0162</b>	<b>0.0575</b>	<b>0.0542</b>	<b>10.358</b>
<b>0.0037</b>	<b>0</b>	<b>0.0024</b>	<b>0.035</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.0027</b>	<b>0.0031</b>	<b>0.2379</b>
0.1256	0.0863	0.085	0.085	0.015	0.0525	0.0525	9.9238
0.1256	0.0875	0.0856	0.0913	0.015	0.0523	0.05	10.194
0.1256	0.085	0.0813	0.0838	0.0136	0.0613	0.0488	9.5362
<b>0.1256</b>	<b>0.0863</b>	<b>0.084</b>	<b>0.0867</b>	<b>0.0145</b>	<b>0.0564</b>	<b>0.0504</b>	<b>9.8847</b>
<b>0</b>	<b>0.001</b>	<b>0.0019</b>	<b>0.0033</b>	<b>0.0007</b>	<b>0.0042</b>	<b>0.0015</b>	<b>0.27</b>

DÍA	1	2	5	6	7	14	21	28	35
	0.5463	0.0915	0.1541	0.1003	0.0804	0.2038	0.093	0.0068	0.0525
III	0.395	0.0806	0.1358	0.0786	0.0875	0.1688	0.0794	0.0064	0.0463
	0.3875	0.0765	0.1402	0.0853	0.0677	0.18	0.0945	0.0055	0.0462
PROMEDIO	<b>0.4429</b>	<b>0.083</b>	<b>0.1434</b>	<b>0.0881</b>	<b>0.0785</b>	<b>0.1842</b>	<b>0.089</b>	<b>0.0062</b>	<b>0.0483</b>
DESV.EST.	<b>0.0732</b>	<b>0.006</b>	<b>0.0078</b>	<b>0.0091</b>	<b>0.0082</b>	<b>0.0146</b>	<b>0.0068</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.0029</b>
	0.475	0.325	0.1456	0.065	0.0387	0.0925	0.007	0.0575	0.0612
IV	0.4437	0.3062	0.1395	0.0656	0.0375	0.0906	0.007	0.0587	0.06
	0.475	0.3287	0.109	0.075	0.0375	0.0896	0.007	0.0537	0.0862
PROMEDIO	<b>0.4646</b>	<b>0.32</b>	<b>0.1314</b>	<b>0.0685</b>	<b>0.0379</b>	<b>0.0909</b>	<b>0.007</b>	<b>0.0566</b>	<b>0.0691</b>
DESV.EST.	<b>0.0148</b>	<b>0.0099</b>	<b>0.016</b>	<b>0.0046</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0012</b>	<b>0</b>	<b>0.0021</b>	<b>0.0121</b>
	0.405	0.2925	0.142	0.0725	0.0437	0.0875	0.0065	0.0525	0.0562
V	0.4437	0.3362	0.1489	0.0762	0.04	0.0937	0.0071	0.0562	0.0587
	0.4437	0.3212	0.145	0.0675	0.04	0.0937	0.0071	0.0562	0.0575
PROMEDIO	<b>0.4308</b>	<b>0.3166</b>	<b>0.1453</b>	<b>0.0721</b>	<b>0.0412</b>	<b>0.0916</b>	<b>0.0069</b>	<b>0.055</b>	<b>0.0575</b>
DESV.EST.	<b>0.0182</b>	<b>0.0181</b>	<b>0.0028</b>	<b>0.0036</b>	<b>0.0017</b>	<b>0.0029</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.0017</b>	<b>0.001</b>

42	49	56	63	70	77	85	% F LIBERADO
0.0675	0.1255	0.0825	0.0788	0.0175	0.0588	0.055	9.0709
0.0513	0.1255	0.0688	0.0763	0.0129	0.0463	0.0438	7.5431
0.0512	0.1255	0.15	0.075	0.015	0.055	0.0475	7.7751
<b>0.0567</b>	<b>0.1255</b>	<b>0.1004</b>	<b>0.0767</b>	<b>0.0151</b>	<b>0.0534</b>	<b>0.0488</b>	<b>8.1297</b>
<b>0.0077</b>	<b>0</b>	<b>0.0355</b>	<b>0.0016</b>	<b>0.0019</b>	<b>0.0052</b>	<b>0.0047</b>	<b>0.6722</b>
0.0762	0.0762	0.0775	0.08	0.0133	0.0465	0.0475	8.3055
0.0772	0.0825	0.075	0.08	0.0612	0.0575	0.05	9.1587
0.0748	0.08	0.07	0.0787	0.0623	0.045	0.0462	8.4751
<b>0.076</b>	<b>0.0796</b>	<b>0.0742</b>	<b>0.0796</b>	<b>0.046</b>	<b>0.05</b>	<b>0.0479</b>	<b>8.6464</b>
<b>0.001</b>	<b>0.0026</b>	<b>0.0031</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.023</b>	<b>0.006</b>	<b>0.0016</b>	<b>0.3688</b>
0.0729	0.0812	0.0737	0.0775	0.0135	0.045	0.0462	8.1826
0.0772	0.0812	0.0787	0.0812	0.013	0.0512	0.0475	8.2636
0.0746	0.0787	0.0725	0.0787	0.0675	0.0475	0.0487	8.4513
<b>0.075</b>	<b>0.0804</b>	<b>0.075</b>	<b>0.0791</b>	<b>0.0313</b>	<b>0.0479</b>	<b>0.0475</b>	<b>8.2992</b>
<b>0.002</b>	<b>0.0012</b>	<b>0.0027</b>	<b>0.0015</b>	<b>0.0256</b>	<b>0.0025</b>	<b>0.001</b>	<b>0.1125</b>

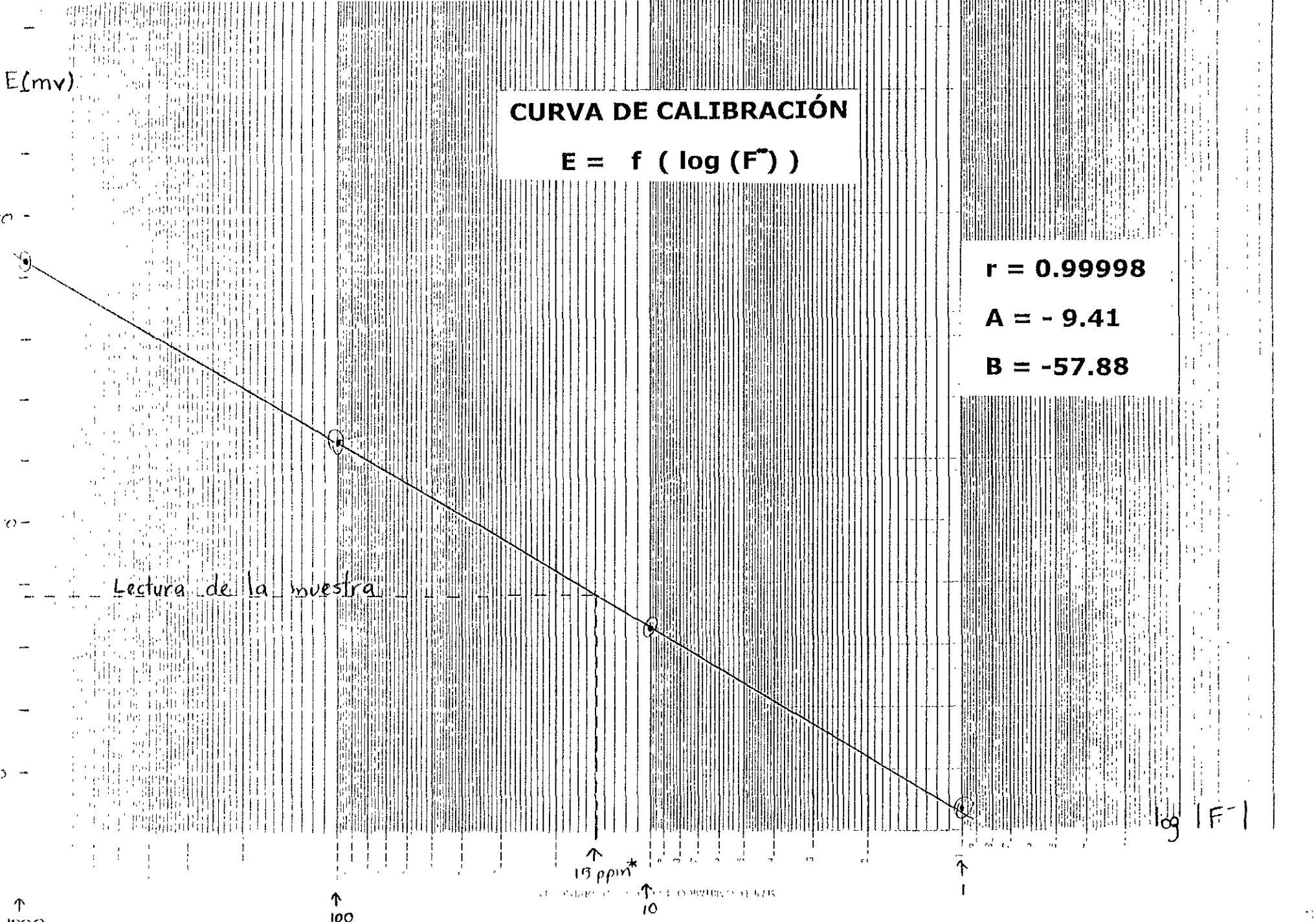
J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA

E (mv)

**CURVA DE CALIBRACIÓN**  
 **$E = f ( \log (F) )$**

**$r = 0.99998$**   
 **$A = -9.41$**   
 **$B = -57.88$**

Lectura de la muestra



↑  
13 ppm\*

↑  
100

↑  
10

log |F|

Ecuación de la recta:

$$Y = m x + b$$

Donde:

Y corresponde al potencial leído (E (mv))

M = pendiente de la recta

B = ordenada al origen

X = variable

Metiendo los datos experimentales a la calculadora y pidiendo la regresión lineal se obtuvieron los siguientes datos:

$$r = - 0.99998$$

$$A = - 9.41$$

$$B = - 57.88$$

Con estos datos se expresa la ecuación de la recta

$$E = - 57.88 x - 9.41$$

Para obtener el valor de la concentración de la muestra problema, sustituimos el valor de potencial medido en la ecuación de la recta y se despeja x.

$$-78.3 = - 57.88 x - 9.41$$

$$-78.3 + 9.41 = - 57.88 x$$

$$-78.33 + 9.41 / -57.88 = 15.15 \text{ ppm (mg/L)}$$

Si se compara el valor calculado por la ecuación de la recta de calibración (15.15 ppm) con el obtenido gráficamente (15 ppm) se observa una diferencia atribuida a la escala seleccionada en la gráfica. DE lo anterior se puede concluir que se obtienen datos más precisos a través de la ecuación de la recta, razón por la cual todos los datos obtenidos en el presente trabajo se obtuvieron por medio de la curva de regresión por considerarse más precisos.



Para calcular ppm (mg/Kg) de fluoruro en el cemento, se aplicó el siguiente algoritmo:

$$\text{ppm (mg/Kg)} = \frac{\text{Curva ppm (mg/L) X 250}}{\text{Peso de la muestra}}$$