

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

E.A.P. DE ODONTOLOGÍA

**“SORCIÓN Y SOLUBILIDAD DEL CEMENTO
IONÓMERO DE VIDRIO Y EL CEMENTO IONÓMERO
DE VIDRIO MODIFICADO CON RESINA”**

TESIS

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

AUTOR

Raisa Jordana Geraldine Severino Lazo

ASESOR

Dr. CD. Gerardo Rubén Ayala de la Vega

Lima-Perú

2015

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. CD. Víctor Manuel, Chumpitaz Cerrate

PRESIDENTE

CD. Esp. Liliana, Terán Casafranca

MIEMBRO

Dr. CD. Gerardo Rubén, Ayala de la Vega

MIEMBRO ASESOR

A Dios, por permitirme cumplir esta meta, por darme las fuerzas para seguir adelante y afrontar las dificultades del camino, enseñándome a aprender de las adversidades y a no desfallecer en el intento.

A mis Padres, Ruperto y Fanny, que lo son todo para mí, por siempre brindarme su apoyo y confianza en cada paso que doy, por su motivación en cada momento de duda, por sus enseñanzas, valores y su eterna paciencia que me ha permitido ser una persona de bien, por inspirarme a seguir mis sueños y por el amor incondicional que me brindan cada día.

A mis Hermanos y a toda mi familia, por el apoyo constante e incondicional en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

“El camino del conocimiento se hace...camino al andar, pero este camino está lleno de piedras a las cuales hay que pasar por encima sino te tropiezas y caes, felizmente existen personas que han caminado más que uno y ellos por experiencia son los encargados de enseñarnos a no tropezar o a levantarnos luego de un tropiezo y porque no...a curar las heridas si el tropiezo o las caídas fueron muy fuertes..., todas estas personas en mención, llevan nombres y son conocidos como padres, hermanos, profesores, amigos, colegas, compañeros y familia en general. A todos ellos gracias por enseñarme a andar en este camino...del conocimiento”.

Gracias:

Al Dr. Gerardo R. Ayala de la Vega, por su interés, dedicación, sus sabios consejos, orientación y apoyo continuo para la realización de esta tesis, así como también por toda su paciencia, enseñanzas y experiencias compartidas.

A la Dra. Fanny Lazo Manrique integrante del Laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM quien me brindó las instalaciones, las herramientas, el apoyo y la constante ayuda en los análisis que hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

Al Biólogo, Ruperto Severino López, por las críticas oportunas, correcciones y el apoyo invaluable en el desarrollo de este presente trabajo.

A la Bióloga, Margarita Velásquez Reinoso y al Mg. Dan Vivas Ruiz, quienes me brindaron su ayuda desinteresada para la ejecución de este trabajo.

A la Mg. Cecilia Rodríguez Vargas, por su generosa disponibilidad de tiempo, contribución, consejos y enseñanzas para poder concluir con éxito este trabajo.

A los miembros del Laboratorio de Equipamiento Especializado de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM, por la ayuda y el tiempo prestado para el análisis de microscopía electrónica requeridos en este trabajo.

Expreso mi sincero reconocimiento y gratitud a todos mis maestros de la Facultad de Odontología, por su amistad y por orientar mis pasos durante mi formación profesional.

Así también un agradecimiento especial a cada persona que de uno u otro modo contribuyeron y me brindaron su apoyo incondicional, sugerencias y ánimos para culminar este trabajo.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar las diferencias en la sorción y solubilidad de un cemento ionómero de vidrio convencional y un cemento ionómero de vidrio modificado con resina a los 7, 15 y 30 días

Materiales y Método: 24 discos de cada cemento fueron preparados y divididos en 3 subgrupos (7, 15 y 30 días) de 8 discos, seleccionados al azar. Se utilizó el protocolo establecido por la ISO 4049 para los test de sorción y solubilidad. Los discos fueron colocados en una estufa a 37 °C hasta obtener una masa constante (m_1), luego fueron inmersos en 10 ml de agua destilada. Los discos fueron retirados del agua destilada en los días indicados, y pesados (m_2), luego desecados y vueltos a pesar (m_3). Al finalizar estos procesos, se evaluó su morfología en un microscopio electrónico de barrido.

Resultados y Conclusiones: El cálculo de sorción y solubilidad se realizó mediante expresiones matemáticas interrelacionadas. Los test de Krustal Wallis, T-Student y U. de Mann-Whitney ($p < 0,05$), mostraron diferencias estadísticamente significativas en ambos grupos tanto para sorción como solubilidad. El cemento ionómero de vidrio modificado con resina presentó los valores más altos de sorción ($142,3195 \pm 13,9402$), mientras que el ionómero convencional obtuvo los valores más altos de solubilidad ($36,4286 \pm 14,5941$).

Palabras Claves: Sorción, solubilidad, cemento ionómero de vidrio, cemento ionómero de vidrio modificado con resina.

SUMMARY

The aim of this study was to determine differences in sorption and solubility of a conventional glass ionomer cement and a resin-modified glass ionomer cement at 7, 15 and 30 days.

Materials and Methods: 24 discs of each material were prepared and divided into 3 subgroups (7, 15 and 30 days) of 8 discs, randomly selected. The protocol established by the ISO 4049 for water sorption and solubility test was used. The discs were placed in an oven at 37 °C to constant mass (m_1), then were immersed in 10 ml of distilled water. The discs were removed from the distilled water on the days indicated, and weighed (m_2), then dried and re-weighed (m_3). At the end of these process, their morphology was evaluated in a scanning electron microscope.

Results and Conclusions: The sorption and solubility calculation was performed using mathematical expressions interrelated. The Krustal Wallis test, T-Student and U. de Mann-Whitney ($p < 0,05$) showed statistically significant differences in both groups for both sorption and solubility. The resin-modified glass ionomer cement showed the highest sorption values ($142,3195 \pm 13,9402$), while the conventional ionomer obtained the highest solubility values ($36,4286 \pm 14,5941$).

Keywords: Sorption, solubility, glass ionomer cement, resin-modified glass ionomer cement.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
2.1 Área Problema	15
2.2 Delimitación	15
2.3 Formulación.....	16
2.4 Objetivos	16
2.4.1 Objetivo General	16
2.4.2 Objetivos Específicos	16
2.5 Justificación.....	17
2.6 Limitaciones.....	17
III. MARCO TEÓRICO	18
3.1 Antecedentes	18
3.2 Bases Teóricas	24
3.2.1 Sorción.....	24
3.2.2 Solubilidad.....	25
3.2.3 Generalidades de los Ionómeros de Vidrio	26
3.2.3.1 Origen	26
3.2.3.2 Composición	28
3.2.3.3 Reacción Química	29
3.2.3.4 Clasificación.....	32
3.2.3.5 Propiedades	33
3.2.3.6 Ventajas	34
3.2.3.7 Desventajas	36
3.2.4 Cemento Ionómero de Vidrio Convencional (IVC)	36
3.2.4.1 Propiedades	37
3.2.4.2 Indicaciones	38
3.2.4.3 Contraindicaciones.....	39
3.2.4.4 Manipulación y Técnica de cementación	39
3.2.4.5 Presentación	40
3.2.5 Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina (IVMR).....	41
3.2.5.1 Composición	41
3.2.5.2 Propiedades	42
3.2.5.3 Indicaciones	43
3.2.5.4 Contraindicaciones.....	44
3.2.5.5 Presentación	44
3.2.5.6 Manipulación y Técnica de cementación	44
3.3 Hipótesis	45
3.4 Operacionalización de Variables.....	46
IV. METODOLOGÍA.....	47

4.1	Tipo de Investigación	47
4.2	Población y Muestra	47
4.2.1	Muestra	47
4.2.2	Tipo de Muestreo	47
4.2.3	Sistema de selección para formar los grupos	47
4.3	Procedimientos y Técnica.....	47
4.3.1	Fabricación de los discos.....	47
4.3.2	Procedimiento	51
4.3.3	Volumen.....	53
4.3.4	Test de Sorción	53
4.3.5	Test de Solubilidad	53
4.3.6	Microscopía Electrónica de Barrido	53
4.4	Procesamiento de Datos	55
4.5	Análisis de Resultados.....	56
V.	RESULTADOS	57
5.1	Resultados de Sorción	58
5.2	Resultados de Solubilidad	62
5.3	Resultados de la Microscopía Electrónica de Barrido	65
VI.	DISCUSIÓN.....	69
VII.	CONCLUSIONES.....	74
VIII.	RECOMENDACIONES.....	75
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
X.	ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Proceso de Sorción.....	25
Figura N° 2. Cemento Ionómero de Vidrio Convencional GC Gold Label.....	48
Figura N° 3. Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina GC Fuji Plus.....	49
Figura N° 4. Preparación de los discos de ionómero.....	50
Figura N° 5. Pulido de los discos.....	50
Figura N° 6. Colocación de los frascos rotulados con los discos en la estufa Incucell MMM Group.....	52
Figura N° 7. Medidas de peso de los discos en la balanza analítica æ ADAM.....	52
Figura N° 8. Proceso de Galvanización en el SPI MODULE™.....	54
Figura N° 9. Microscopio Electrónico de Barrido Inspect™ S50 FEI Company.....	55
Figura N° 10. Superficie del Cemento Ionómero de Vidrio Convencional.....	65
Figura N° 11. Superficie del Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina.....	66
Figura N° 12. Fisuras del Cemento Ionómero de Vidrio Convencional.....	66
Figura N° 13. Fisuras del Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina.....	67
Figura N° 14. Micro gap del Cemento Ionómero de Vidrio Convencional.....	67
Figura N° 15. Micro gap del Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov.....	57
Tabla 2. Prueba de Krustal Wallis.....	58
Tabla 3. Sorción a los 7 días.....	59
Tabla 4. Sorción a los 15 días.....	60
Tabla 5. Sorción a los 30 días.....	61
Tabla 6. Solubilidad a los 7 días.....	62
Tabla 7. Solubilidad a los 15 días.....	63
Tabla 8. Solubilidad a los 30 días.....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sorción a los 7 días.....	59
Gráfico 2. Sorción a los 15 días.....	60
Gráfico 3. Sorción a los 30 días.....	61
Gráfico 4. Solubilidad a los 7 días.....	62
Gráfico 5. Solubilidad a los 15 días.....	63
Gráfico 6. Solubilidad a los 30 días.....	64

I. INTRODUCCIÓN

Desde el desarrollo de los ionómeros de vidrio en 1969 por Wilson y Kent, este material ha sufrido cambios en su composición y por ende en su estructura, modificando sus propiedades físicas y químicas. Considerado por los odontólogos como el cemento de uso cotidiano, por su adhesividad, alta estética y liberación de flúor.

Con el desarrollo de nuevos materiales, y el avance de la Odontología y nuevas tecnologías, el ionómero de vidrio no podía dejar de ser parte de este cambio, y es así que en su evolución se fue incorporando elementos de las resinas compuestas, para mejorar sus características, tener mayores ventajas y propiedades, lo que hizo que este nuevo cemento también modificara su estructura, siendo el resultante el Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina, que al tener una estructura diferente, presenta cambios significativos en el éxito del tratamiento.

La selección adecuada de un agente cementante es una decisión importante en una serie de pasos que determinan el éxito a largo plazo de las restauraciones fijas. Las propiedades de sorción y solubilidad de los materiales afectan directamente este criterio de selección.

La solubilidad del agente cementante influye tanto en la tasa de degradación como en la biocompatibilidad del material a la estructura dentaria. La sorción produce cambios dimensionales, tinción y rupturas en la integridad de los márgenes. Tanto la solubilidad como la sorción, contribuyen a la pérdida de la integridad marginal, propiedades de superficie y la estética, dando como resultado el fracaso del tratamiento. Estudios previos han demostrado que la gran cantidad de sorción de agua es causa de preocupación, ya que afecta el comportamiento de propiedades como la resistencia, flexión mecánica, dureza y estabilidad mecánica.

El objetivo del presente estudio fue investigar las diferencias en la sorción y solubilidad del cemento ionómero de vidrio convencional y el cemento ionómero de vidrio modificado con resina, sometidos a un medio líquido durante diferentes períodos de tiempo.

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Área Problema

Uno de los objetivos de la odontología restauradora es conseguir la adhesión entre el material restaurador y la estructura dentaria, y esto se consigue gracias a los cementos dentales.

Por mucho tiempo se ha buscado un material cementante que dentro de sus propiedades tenga una excelente adhesión al diente, y nos proporcione longevidad en el tratamiento a realizar, que nos garantice la continua integración del sellado marginal y que evite que los agentes externos como los microorganismos y la saliva conduzcan al fracaso del tratamiento. En estos últimos años, el cemento ionómero de vidrio constituye un material de elección por los odontólogos, y por ello también el que más ha experimentado cambios para mejorar sus características y propiedades.

La adición de una resina al ionómero convencional potencializa sus propiedades originales como: su compatibilidad biológica, efecto anticariogénico, aumento de la capacidad de adhesión, rigidez similar a la dentina, alta resistencia compresiva, estabilidad química y dimensional y gran capacidad óptica. Así como también modifica sus propiedades físico-químicas, como la sorción y solubilidad, y esta información nos proporciona datos para lograr mayor éxito en el tratamiento a realizar.

2.2 Delimitación

Existen diversos materiales para la cementación de un material restaurador a la estructura dentaria, uno de ellos los cementos de ionómero de vidrio, cuyo propósito es conseguir una adecuada adhesión.

Con el fin de aumentar las propiedades ventajosas del cemento ionómero de vidrio se desarrolló el cemento ionómero de vidrio modificado con resina, en el cual se combina cristales de polialquenoato.

Estos materiales expuestos al medio bucal sufren un proceso de sorción y solubilidad en mayor o menor cantidad, lo que conlleva a una degradación de los mismos, lo cual afecta su calidad y propiedades, repercutiendo en el éxito de nuestro tratamiento.

El presente trabajo busco determinar la sorción y solubilidad del cemento ionómero de vidrio convencional y del modificado con resina, ya que dichas estructuras son diferentes y por ende sus propiedades también lo son, teniendo así toda la información para poder tomar la mejor decisión y lograr un tratamiento exitoso en nuestra práctica clínica.

2.3 Formulación

¿La sorción y solubilidad del cemento ionómero de vidrio convencional será diferente a la de un cemento ionómero de vidrio modificado con resina?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- Determinar las diferencias en la sorción y solubilidad entre el cemento ionómero de vidrio convencional y el cemento ionómero de vidrio modificado con resina.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar la sorción del cemento ionómero de vidrio convencional medido en los tiempos 7,15 y 30 días.
- Identificar la sorción del cemento ionómero de vidrio modificado con resina medido en los tiempos 7, 15 y 30 días.
- Identificar cuál de los dos cementos presenta mayor o menor sorción.
- Identificar la solubilidad del cemento ionómero de vidrio convencional medido en los tiempos de 7, 15 y 30 días.

- Identificar la solubilidad del cemento ionómero de vidrio modificado con resina medido en los tiempos de 7, 15 y 30 días.
- Identificar cuál de los dos cementos presenta mayor o menor solubilidad.

2.5 Justificación

Debido a la actual exigencia en la práctica de la odontología restauradora, fue necesaria la aparición de nuevos materiales dentales, que ayuden a aumentar la tasa de éxito en los tratamientos; por ello los cementos de ionómero de vidrio se han convertido en uno de los materiales idóneos.

Conforme evoluciona y avanza la odontología, el cemento de ionómero de vidrio ha sufrido cambios a través de los años, y es así que surge el cemento ionómero de vidrio modificado con resina. El uso de ambos cementos crece agigantadamente en nuestra práctica clínica, es por esto que conocer las propiedades de estos materiales es fundamental para el odontólogo.

El estudio busco determinar la sorción y solubilidad de dos cementos de ionómero de vidrio, e identificar cuál de ellos ofrece mejores propiedades, lo que nos llevaría a obtener mejores resultados en nuestros tratamientos, más específicamente en el aspecto referido a la cementación de un material restaurador a la estructura dentaria.

2.6 Limitaciones

- Condiciones atmosféricas al preparar los cementos.
- Tiempo del procesamiento de las muestras.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Cattani-Lorente *et al.* (1998)¹, estudiaron las propiedades físicas de un compómero (Detrey Dentsply) y un cemento ionómero de vidrio modificado con resina (GC) fueron comparados, y el efecto de sorción de estas propiedades fue estudiado, utilizando dos discos por cada cemento para medir la sorción, estos discos tenían las medidas de 10 mm de diámetro x 1 mm de espesor; los cuales fueron colocados en 50 ml de agua destilada por 30 días. Los resultados mostraron que el ionómero modificado con resina obtuvo un valor mayor de sorción comparado con el compómero. Durante las primeras 24 horas la cantidad de agua sorbida por los materiales fue significativamente menor que la sorbida a los 5 días y al mes, pero el ionómero rápidamente se saturó, mientras que el compómero continuó tomando agua hasta el mes.

Gemalmaz *et al.* (1998)², evaluaron la solubilidad de ionómeros de vidrio cementantes inmersos en agua destilada en tempranas etapas después del mezclado. Utilizaron cuatro ionómeros de vidrios comerciales (Ketac-Cem, Fuji Ionomer I, AquaCem y AquaMeron), por cada cemento usaron cinco discos de 5 mm de diámetro x 2 mm de espesor; los discos fueron colocados en un humidificador un minuto después de la mezcla. Después de 2, 5 y 8 minutos fueron sumergidos en 50 ml de agua destilada por 3 horas a 37°C, para luego ser desecados a 130°C por 2 horas. Los resultados mostraron que la solubilidad fue mayor a los 3 minutos después de la inmersión.

Quackenbush *et al.* (1998)³, determinó *in vitro* la solubilidad del cemento ionómero de vidrio modificado con resina (Vitremer Luting 3M) con diferentes proporciones de polvo y líquido de ácido poliacrílico con polímero fotoiniciador; se realizaron 30 discos, los cuales fueron divididos en 3 grupos de 10, el primer grupo constituido por una porción de polvo y una gota de líquido, al segundo grupo le adicionó otra gota de líquido y el tercer grupo tuvo 3 gotas de líquido; todos los discos fueron inmersos en saliva artificial

por 30 días, y cada día todos los grupos eran inmersos en una solución de pH 4.,4 por 30 minutos, lavados con agua desionizada y luego colocados en saliva artificial nuevamente; mostrando que el primer grupo perdió menos masa que el tercer grupo, por lo que la solubilidad disminuye a medida que el polvo de vidrio de aluminosilicato se incrementa.

Cattani-Lorente *et al.* (1999)⁴, realizaron un estudio con el objetivo de comparar diferentes propiedades y el efecto de sorción en diferentes cementos ionómeros de vidrio convencionales y modificados con resina, las muestras realizadas fueron colocadas en agua destilada y medidas a las 24 h. Los resultados mostraron que el cemento ionómero de vidrio convencional sorbe durante las primeras 24 h una gran cantidad de agua comparados con ionómeros de vidrio modificados con resina, a los 7 y 15 días el ionómero convencional seguía manteniendo una mayor sorción con respecto al modificado con resina.

Knobloch *et al.* (2000)⁵, investigaron la sorción en agua y la solubilidad en ácido láctico de tres cementos resinosos y tres cementos ionómero de vidrio modificados con resina. Se utilizaron cuatro discos de cada cemento de 15 mm de diámetro x 0,5 mm de espesor; los cuales fueron colocados en agua destilada por 7 días, y en ácido láctico 0,01 M (pH 4,0) para la solubilidad. Los resultados mostraron que todos los cementos ionómeros de vidrio modificados con resina por su naturaleza hidrofílica mostraron mayores valores de sorción y de solubilidad.

Vaca *et al.* (2003)⁶, determinaron la sorción y solubilidad de cuatro resinas compuestas y dos ionómeros modificados con resina; se utilizaron cinco discos de 15 mm de diámetro x 0,85 mm de espesor de cada material; los discos fueron sumergidos en agua destilada a 37°C y cada 1, 6 y 24 horas fueron pesados, y luego en intervalos de 48 horas hasta que su peso se estabilizó. Los resultados mostraron que el ionómero modificado con resina presentó los valores más altos de sorción mientras que las resinas compuestas los más bajos.

Bashir et al. (2005)⁷, tuvieron como propósito evaluar la solubilidad *in vivo* luego de 3 meses de cuatro tipos de agentes cementantes: ionómero de vidrio (3M), cemento resinoso (Reliance), cemento autoadhesivo (3M) y cemento fotopolimerizable (MR lock LC), para lo cual se utilizó pequeños tubos de 1,2 mm de diámetro y 3 mm de profundidad, los cuales fueron llenados con los cementos, un cemento por cada tubo, estos tubos fueron colocados en las bandas de las primeras molares de nueve pacientes (6 mujeres y 3 varones) de una edad promedio de 15,6. Los resultados mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre los cementos.

Ribeiro et al. (2006)⁸, evaluaron la solubilidad y desintegración de dos cementos ionómero de vidrio modificados con resina (Vitremmer Luting 3M, Fuji II LC) y dos compómeros (Dyract, M4 Compoglass), así como la necesidad de utilizar protectores de superficie; las muestras fueron sumergidas en 50 ml de agua destilada y desionizada a una temperatura de 37°C. Los resultados mostraron que el ionómero modificado con resina Vitremmer 3M mostró los niveles más altos de solubilidad, mientras que el compómero Dyract los más bajos niveles, además los resultados mostraron que con un recubrimiento se disminuyeron los niveles de solubilidad y desintegración.

Beriat et al. (2007)⁹, compararon la solubilidad de tres diferentes ionómeros de vidrio modificados con resina (Advance, Vitremmer y Protec-Cem), para lo cual se empleó diez discos de cada cemento, de 15 mm de diámetro x 1 mm de espesor y colocados en agua destilada por 7 días. Los resultados mostraron que el cemento Protec-Cem obtuvo mayor solubilidad con respecto al Vitremmer y este al Advance.

Hajmiragha et al. (2007)¹⁰, evaluaron la solubilidad de tres cementos: policarboxilato, fosfato de zinc y cemento ionómero de vidrio, en saliva artificial. Se utilizaron veinte discos por cada cemento de 10 mm de diámetro x 4 mm de espesor, los cuales fueron divididos en grupos de diez e inmersos en saliva artificial a un pH 3 y 5 por 10 días. Para ambos pH la solubilidad para el ionómero de vidrio fue significativamente menor,

mientras que el policarboxilato mostro la mayor pérdida de material de todos los cementos probados. La solubilidad fue mayor en el ambiente más ácido.

Keyf et al. (2007)¹¹, compararon la sorción y solubilidad de cuatro cementos provisional, tres cementos permanentes y cinco cementos restaurativos; se utilizaron seis discos de 15 mm de diámetro x 1,5 mm de espesor por cada material, los cuales fueron inmersos en agua destilada hasta obtener una masa constante, la cual fue obtenida pesando cada día las muestras; además se utilizó la microscopia electrónica para evaluar la topografía y aspereza de la superficie. Los resultados mostraron diferentes valores de sorción y solubilidad de todos los materiales. Se encontró que el fosfato de zinc y el policarboxilato de zinc fueron los más estables; entre los cementos evaluados el cemento ionómero de vidrio mostró los valores más altos de sorción y solubilidad.

Geetha et al. (2011)¹², observaron el efecto del contacto temprano del agua en la solubilidad del fosfato de zinc, cemento ionómero de vidrio convencional, cemento resinoso y cemento ionómero modificado con resina, cuando son inmersos en saliva artificial, para ellos se utilizaron cinco discos de cada cemento de 5 mm de diámetro x 2 mm de espesor y colocados en 50 ml de saliva artificial a una temperatura de 37°C. Los resultados mostraron que el cemento ionómero de vidrio modificado con resina mostró la mayor solubilidad después de los 3 minutos de inmersión, pero dentro de los 9 minutos el que mostró mayor solubilidad fue el cemento ionómero de vidrio convencional, mientras que los cementos resinosos fueron los de menor valor de solubilidad y los menos sensibles a la temprana contaminación del agua.

Graciano et al. (2011)¹³, evaluaron *in vitro* la resistencia a la solubilidad de tres cementos ionómeros de vidrio comerciales (Vidrion C, Ionomaster y Meron), se usaron quince discos de cada cemento de 8 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, estos ionómero eran usados en la cementación de bandas ortodónticas, el análisis de solubilidad se llevó a cabo por la pérdida de material con la diferencias de pesos, en

primer lugar las muestras se secaron y pesaron, para luego ser inmersas en 18ml de agua destilada a 36°C, la pérdida de peso del material se evaluó a las 24, 48, 72h y una semana. Los resultados no mostraron diferencias significativas, sin embargo, se mostró resistencia a la solubilidad después de 7 días, el Meron mostro menores valores de solubilidad en comparación con los otros cementos.

Gemalmaz et al. (2012)¹⁴, realizaron un estudio clínico cuyo objetivo fue evaluar la desintegración de los agentes cementantes: fosfato de zinc (Phosphate Kulzer), ionómero de vidrio (Ketac Cem), ionómero modificado con resina (Fuji Plus) y resina cementante (Calibra), se colocó un soporte en boca que contenía cuadro cavidades de 1,4 mm de diámetro x 2 mm de espesor, dicho soporte fue soldado en una banda ortodóntica y expuesta a las condiciones de la cavidad oral en doce pacientes con edad promedio de 26 años. La pérdida total de volumen fue evaluada mediante un scanner óptico a los 6, 12 y 18 meses. El fosfato de zinc fue el que perdió mayor masa, es decir obtuvo mayor solubilidad, mientras que en los otros agentes no hubo diferencias significativas. Los autores indicaron que las condiciones intraorales son considerablemente menos agresivas que las condiciones experimentales de laboratorio.

Pincelli et al. (2012)¹⁵, compararon resinas autoadhesiva de cementación (Biscem y RelyX Unicem) con otros materiales a base de resina (Bifix, Allcem, Enforce, C&B y Cement Post) y cementos ionómeros de vidrio (Meron) con respecto a la sorción y solubilidad. Se prepararon ocho especímenes por cada material de 15 mm de diámetro x 0,5 mm de espesor, la sorción y solubilidad fueron determinados por ciclos de desecación, inmersión en agua y desecación nuevamente y medidos. Los resultados mostraron que el cemento ionómero de vidrio mostro los niveles más altos de sorción, y no hubieron diferencias significativas en cuanto a solubilidad.

Espinosa et al. (2013)¹⁶, determinaron *in vitro* la disolución de ocho cementos comerciales (Tenacin, Durelon, Ketac Cem, GC Fuji 1, GC Fuji Plus, GC Fuji Cem, RelyX y RelyX ARC) de cinco diferentes tipos utilizados en la clínica (uno de fosfato de zinc,

uno de carboxilato de zinc, dos de ionómero de vidrio convencional, tres de ionómero de vidrio modificado con resina y uno de resina). Se obtuvieron treinta muestras de cada cemento, cuyas medidas eran de 11 mm de diámetro x 2 mm de espesor, las cuales se sumergieron en ácido acético al 0,01% (pH 3,8) fresco durante 18 meses. Las muestras fueron pesadas mensualmente obteniendo las diferencias de peso. Los resultados mostraron que el RelyX ARC no presentó disolución y demostró ser estadísticamente diferente a los siete cementos estudiados. Entre los tres cementos ionómero de vidrio modificado con resina no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Sorción

La sorción es una propiedad mecánica, que puede definirse como un proceso donde interactúa una fase líquida con una sólida, y comprende en el detalle dos mecanismos: adsorción, y absorción.¹⁷

La adsorción es el mecanismo por el cual entidades individuales (átomos, iones o moléculas) son atrapadas o retenidas sobre la superficie de un sólido.¹⁷ La teoría del fenómeno de adsorción fue desarrollada por Langmuir quien consideró que la superficie del adsorbente contiene un número fijo de lugares de adsorción y cada lugar puede adsorber una sola molécula, esta adsorción se da por enlaces débiles de Van der Waals y dipolares. Además las moléculas del adsorbato no son restringidas a sitios específicos y son libres para cubrir la superficie total del adsorbente y se origina por la atracción entre dipolos.¹⁸

En contraposición la absorción, es el proceso donde la sustancia (líquido) es succionada hasta el interior del sorbente y allí retenida. La absorción puede causar alteraciones dimensionales (expansión), facilita el ingreso de microorganismos, pigmentos, y favorece la liberación de compuestos solubles del interior de la estructura, con lo cual pueden verse afectadas las condiciones relativas a la compatibilidad del material con el medio con el que contacta.¹⁹

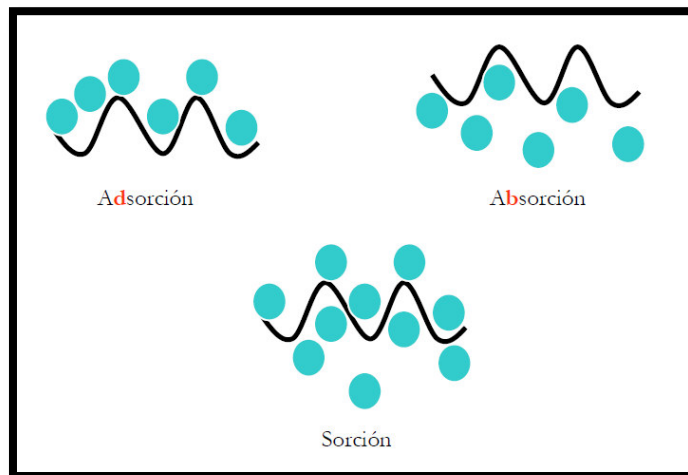


Figura N° 1. Proceso de Sorción.²⁰

Existe una clara diferencia entre el fenómeno de adsorción y absorción, en el segundo existe una penetración física de una fase en la otra; sin embargo es factible que ambos sucedan simultáneamente, y en este caso hablamos de sorción.²⁰

Una de las formas más sencillas de cuantificar la sorción sufrida por un material consiste en monitorizar la variación de masa (registrando los cambios de peso) que experimenta durante un lapso de inmersión en un líquido.¹⁹

3.2.2 Solubilidad

Esta propiedad química se puede definir cuando un compuesto se disuelve en un solvente, se puede disolver máximo una cantidad de soluto en una cantidad dada de solvente a una temperatura determinada. Esta máxima cantidad se denomina "solubilidad".²¹

Esta propiedad química no es inherente a los materiales dentales, en múltiples ocasiones, durante la manipulación y uso, los materiales dentales entran en contacto con diversos agentes químicos, tanto provenientes del mismo organismo, como los fluidos biológicos y de la dieta, como de otros materiales. Los materiales pueden

interactuar de diversas maneras con el medio, disolverse, liberar componentes tóxicos, sufrir erosiones en presencia de ácidos o decolorarse por la absorción de sustancias presentes en los fluidos, así como corroerse o pigmentarse.²²

La solubilidad de los diferentes materiales depende de la estructura, del medio y de la velocidad de la relación entre estos dos factores; por ejemplo, los materiales orgánicos de alto peso molecular pueden considerarse inertes ante las soluciones acuosas como la saliva, pero son fácilmente disueltos por el alcohol y otros solventes orgánicos.²²

Algunos materiales, en especial los polímeros, tienden a absorber agua del medio y liberar componentes solubles. La absorción puede causar alteraciones dimensionales como la expansión del material, facilitar el ingreso de microorganismos y pigmentos, y favorecer la liberación de compuestos solubles del interior de la estructura, con lo cual puede verse afectadas las condiciones relativas a la compatibilidad del material con el medio biológico con el que contacta.²²

Dentro de los factores que pueden afectar la solubilidad de los materiales dentales tenemos la temperatura; como vimos anteriormente, la temperatura de la solución influye sobre la solubilidad de un soluto en un solvente dado. Al aumentar la temperatura usualmente aumenta la solubilidad para muchas sustancias; sin embargo, para otras puede haber una disminución. La mejor manera de determinar la influencia de la temperatura sobre la solubilidad de un soluto, es determinarla experimentalmente frente a la temperatura y construir una gráfica de solubilidad vs temperatura para obtener lo que se denomina una “curva de solubilidad”.²¹

3.2.3 Generalidades de los Ionómeros de Vidrio

3.2.3.1 Origen

Los ionómeros de vidrio surgen a finales de los sesenta, en 1969 en Inglaterra. Los ionómeros surgieron en el intento de unificar las ventajas de los silicatos y de los

polycarboxilatos, evitando sus inconvenientes, y a su vez creando un material más estético y me mejor comportamiento en la cavidad oral.^{23,24}

Este nuevo cementos vio la luz pública luego de algunas pruebas en el laboratorio de química, en Londres, en 1971 por Wilson y Kent, luego de que decidieran usar el ácido polialquenoico como el líquido para el polvo del cemento de silicato, lo cual fue un evento sorprendente y una base para el descubrimiento; su función fue como material restaurativo, al momento de su lanzamiento fue identificado como cemento ASPA (aluminio silicato de poliacrilato).^{24, 28}

La relación de aluminio a sílice en el polvo de este cemento ha aumentado en comparación con el polvo del cemento de silicato usado inicialmente; lo que da lugar a un aumento en la reactividad del vidrio, que reacciona más rápido con el ácido poliacrílico. En el cemento ionomérico inicial, el líquido era una solución acuosa de ácido poliacrílico al 50%, lo que lo convierte en forma de gel sólo después de unos meses a causa de la presencia de enlaces de hidrógeno intermoleculares; este proceso fue eliminado mediante el uso de copolímeros en lugar de homopolímeros. En la actualidad el líquido contiene un ácido acrílico acuoso o un copolímero de ácido/ácido acrílico maleico.²⁸

El primer cemento ASPA tenía un inapropiado fraguado y características estéticas, y esto fue evidente en 1972, con la incorporación del isómero positivo del ácido tartárico mejorando las propiedades de manipulación del cemento, así como su tiempo de fraguado, Wilson declaró que era posible controlar la deposición de aluminio con el ácido tartárico y, por tanto, un material clínico eficaz y es así que fue comercializado como ASPA II (ácido poliacrílico de alumino silicato).²⁸

En 1976, Graham J. Mount, y F. N. Doubleday descubrieron que esté material hidrofílico tenía un enorme potencial, siendo su ventaja: la adhesión a largo plazo hacia la

estructura dentaria, así como su baja expansión térmica, y su mínima contracción, pero lo más importante su propiedad anticariogénica por la liberación de flúor, lo que minimiza la reincidencia de caries.²⁴

Durante 1988, Purton y Rodda demostraron que el cemento no sólo liberaba iones de fluoruro, sino que también de calcio y fosfato, lo que recientemente fue confirmado por Ngo *et al.*, demostrando la posibilidad de remineralización de la dentina por el cemento de ionómero de vidrio.

En 1998, Antonucci *et al.* introducen los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina, con lo que se pretendía combinar las mejores propiedades de los ionómero de vidrio y los composites.²⁴

3.2.3.2 Composición

La composición clásica del cemento de ionómero de vidrio está formada por un líquido y un polvo.²⁴

El polvo de este cemento está constituido por:

- Vidrio de fluoraluminosilicato cálcico soluble en ácido.
- Óxido de silicón.
- Óxido de aluminio.
- Fluoruro de calcio
- En menor cantidad encontramos: fosfato de aluminio, fluoruro de aluminio, fluoruro de sodio, y sustancias opacificadoras.²⁴

Todos estos componentes se funden en bruto entre 1100-1500°C, obteniéndose un vidrio uniforme que se tritura hasta conseguir el polvo de uso clínico; el tamaño de las partículas oscila entre 13 y 19 µm en los cementos y hasta 20-50 µm en los restauradores.²⁴

El polvo de vidrio de silicato es soluble en ácido, que al ser atacado es capaz de liberar gran cantidad de iones (de ahí el nombre de ionómero); la cantidad de flúor en peso final es de aproximadamente un 20% lo que proporciona el poder anticariogénico, además de retrasar la gelificación, aumentando así el tiempo de trabajo.²⁴

Mientras que el líquido está constituido por:

- Soluciones acuosas de ácidos poliacrílicos a 50% o un copolímero de acrílico y ácido itacónico.
- Agua desionizada (por esto son llamados hidrofraguables).²⁴

El líquido es algo viscoso y tiende a gelificarse con el tiempo, es muy importante la cantidad de agua que contienen estos ionómeros, si es demasiado se hace frágil, si es muy poca dificulta la reacción y la hidratación de la pulpa. El ácido tartárico mejora sus propiedades de manipulación e incrementan el tiempo de trabajo, y disminuye el tiempo de fraguado.²⁴

3.2.3.3 Reacción Química

Se basa en una reacción ácido-base entre los ácidos policarboxílicos del líquido, como donador de protones, y las partículas de vidrio de silicato de aluminio fluorado del polvo, como receptor de protones, lo que lleva a la formación de agua y de una sal de estructura nucleada. Esta sal forma una matriz que retiene los núcleos de partículas de vidrio sin reaccionar formándose un material compuesto pero no homogéneo, estas partículas están rodeadas por una interfase que las separa de la matriz, siendo aquí donde se dará el intercambio iónico entre el poliácido y el vidrio.^{23, 24,32}

Esta sal formada tiene tres diferentes estadios:

- A) La liberación y transporte de los ionómeros de vidrio, después de efectuarse el ataque de los ácidos.

- B) Unión iónica de cationes y polianiones con precipitación de las sales, generando gelación y endurecimiento.
- C) La hidratación de las sales con formación y endurecimiento.³²

El ácido ataca el vidrio y salen iones de calcio, estroncio, zinc, flúor y aluminio; y queda como núcleo la estructura silíceo del vidrio. Primero los iones bivalentes de calcio y estroncio, luego los de aluminio constituirán la matriz nucleada del ionómero como policarboxilato de calcio y aluminio. El flúor queda en libertad y puede salir del ionómero como fluoruro de sodio, mecanismo de liberación del fluoruro de sodio y del flúor; esto se debe a que algunos de los iones de sodio pueden reemplazar a los iones de hidrógeno de los grupos carboxilos y el resto se combina con los iones de flúor para formar el fluoruro de sodio dispersado en el cemento fraguado.²³

Las cadenas de ácido poliacrílico se enlazan transversalmente por los iones de calcio y forman una masa sólida, en las siguientes 24 horas se forma una nueva fase donde los iones de aluminio se enlazan a la mezcla, esto conduce a un fraguado rígido; los iones de sodio y flúor no participan en el enlace.²⁴

El ácido tartárico mejora las características de trabajo, fraguado, aumenta la fuerza cohesiva y la resistencia a la compresión. Mientras, que el ácido itacónico reduce la viscosidad del líquido y también lo hace más resistente al congelamiento.²⁴

Para sintetizar podemos decir que la reacción de fraguado implica 4 etapas:

- A) La descomposición del polvo: las superficies de las partículas de vidrio son atacadas por el ácido, cationes metálicos se liberan en la solución y se forman las capas de gel de silicato en la superficie de las partículas.
- B) Gelificación: con un aumento en la concentración de cationes, el valor del pH de fase acuosa aumenta, lo que se traduce en una mayor ionización del ácido carboxílico. En un punto específico, la estructura del gel se forma a través de

los débiles enlaces iónicos cruzados y la formación de puentes hidrógenos. El proceso de gelación del ionómero de vidrio se ha descrito como sigue: como resultado de un aumento de la ionización, los grupos carboxilato de cadenas de polímero se cargan, se repelen entre sí, se desenrollan y asumen una configuración más lineal. La progresión de la reacción de los cationes metálicos con los grupos carboxilato resulta en un aumento de la viscosidad; parece que la difusión de estos cationes ejerce el efecto principal en la reacción de gelificación del cemento.

- C) Endurecimiento: la formación de enlaces cruzados en las cadenas de polímero como resultado de la liberación de cationes metálicos conduce al endurecimiento del cemento. El material final se compone de partículas de vidrio sin reaccionar rodeados por la matriz de sal que contiene los enlaces cruzados.
- D) Maduración: la reacción química continúa después de fraguar y las fuerzas de adhesión se incrementan. Aunque gran parte de la fuerza se alcanza después de 24 horas, un aumento en los valores de fuerza de adhesión junto al módulo de Young continúa unos meses después, como resultado de la difusión de cationes hacia los lugares ácidos.²⁸

Los ionómeros de vidrio modificados con resina fotopolimerizables endurecen a los 20-30 segundos y los autopolimerizables tardan 2-3 minutos; mientras que los convencionales demoran entre 4-7 minutos debido a que contienen más aluminio para que sea menos soluble.(1) Pero la reacción química del cemento ionómero de vidrio es bastante lenta, el fraguado inicial puede ser alcanzado a los 4 minutos; el fraguado final y la resistencia a la pérdida de agua puede llegar hasta más o menos las dos semanas para los de fraguado rápido y probablemente 6 meses para los de fraguado lento.²⁴

Los ionómeros de vidrio de fraguado fotopolimerizables requieren 24 horas para obtener un fraguado completo y que desarrolle sus propiedades físicas, por lo que en este

tiempo el material no debe ser sometido a ninguna tensión, ni exponerse al medio bucal.²⁴

El ionómero de vidrio llevan a cabo una prolongada reacción de endurecimiento, lo más importante es su estado inicial hidrofílico que dura alrededor de 1 hora, y es susceptible a los agentes contaminantes de la humedad o ser deshidratado si es expuesto al aire.²⁴

3.2.3.4 Clasificación

Es difícil encontrar una única clasificación sobre los ionómeros de vidrio; sin embargo, una de las más aceptadas es la propuesta por Wilson y Mc. Lean en 1988.

- A) Tipo I: Selladores.
- B) Tipo II: Restauradores.
- C) Tipo III: Protectores.

Otra clasificación que se ha realizado es la de Phillips en 1998.

- A) Tipo I: Para cementación.
- B) Tipo II: Material restaurador.
- C) Tipo III: Para base.

Además, recientemente Phillips ha anexado en su última edición, y menciona sin clasificar los ionómeros de vidrio disponibles en versiones fotocurables, tales como:

- Cemento ionómero de vidrio modificado por resinas.
- Cemento ionómero de vidrio modificado para metal (cermet).
- Los cementos I y II también pueden ser utilizados como selladores de fosas y fisuras.²⁴

Debido a todas estas clasificaciones Mc Lean ideó una nueva clasificación de acuerdo a su aplicación clínica, muy similar a las anteriores pero integrándolas:³²

- A) Ionómero de vidrio
 - a) Tipo I: Agentes cementantes.
 - b) Tipo II: Materiales de restauración:
 - II.1. Estéticos
 - II.2. Reforzados:
 - Cementos con mezcla de aleación de plata.
 - Cementos cermet.
 - c) Tipo III: Materiales de fraguado rápido:
 - III.1. Recubrimientos (liner) – relación polvo-líquido 1:5 a 1.
 - III.2. Base – relación polvo-líquido 3:1 (sustituto de dentina).
 - III.3. Selladores de fosas y fisuras.
- B) Ionómero de Vidrio modificado por resina
 - a) Autopolimerizables.
 - b) Fotopolimerizables.³²

El término de ionómero de vidrio se aplica por lo general a los convencionales, en tanto al modificado por resina, también se le conoce como híbrido. Muchos autores creen necesario denominarlos químicamente y según las normas internaciones (ISO y la ADA) como: cementos basados en ácidos polialquenoicos o polialquenoatos.²³

3.2.3.5 Propiedades

El ionómero de vidrio, presenta distintas características, lo cual le brinda diferentes propiedades tanto biológicas, físico-mecánicas como químicas.

El ionómero de vidrio es biocompatible ya que la molécula ácida, es de un peso molecular lo suficiente elevado para que no puede penetrar en los túbulos dentinarios.²³

El pH del ionómero inicialmente es ácido, pero en pocos minutos se acerca a la neutralidad; siendo esta reacción inocua para la pulpa dentaria.²³

La liberación de flúor le otorga al ionómero de vidrio la propiedad anticariogénica, ya que además de liberar fluoruro de sodio, actúa como un reservorio si el paciente recibe aportes adicionales por vía tópica o enjuagatorios. La mayor parte del flúor se libera durante las primeras horas y días, con el tiempo estos valores disminuyen, pero la posibilidad de actuar como reservorio compensa las pérdidas.²³

Se ha demostrado clínicamente la gran capacidad de adhesión del ionómero de vidrio a las estructura dentaria; pero experimentalmente no supera los 10MPa.²³ Los ionómero de vidrio son polielectrolíticos, con capacidad de adherirse a diversos materiales como el esmalte, la dentina, cemento, acero inoxidable, platino u oros galvanizados.²⁴

La rigidez conferida al ionómero de vidrio es similar a la dentina, suficiente para soportar las fuerzas masticatorias y de oclusión. También presenta resistencia a la compresión y a la tensión.²³

Su bajo coeficiente de expansión exotérmica, similar a la dentina hace que las microfiltraciones sean mínimas.^{29, 32} Además de poseer una estabilidad química y dimensional, que es alcanzada en un ambiente húmedo.^{23, 29}

3.2.3.6 Ventajas

El ionómero de vidrio nos ofrece una gran gama de ventajas, siempre y cuando el odontólogo haga una buena manipulación de este material, respetando las indicaciones del fabricante.

El ionómero de vidrio muestra una fácil manipulación por su sencillo mezclado, así como una buena consistencia fluida.²⁶

Una buena adhesión a la estructura dentaria así como a bases de metal. Además como una liberación y recarga constante de flúor, minimizando la reincidencia de caries.²⁶

Los ionómeros de vidrio por su capacidad de renovar las uniones rotas, tiene mejores propiedades de sellado cavitario y resistencia a la microfiltración en períodos largos, esto se debe a su bajo coeficiente de expansión térmica que es similar al del diente, actuando como un buen aislante térmico.²⁴

El ionómero de vidrio se vuelve más fuerte con la progresión de la reacción, así como también más resistente a la humedad.²⁸ El ionómero de vidrio modificado con resina es menos susceptible a la temprana erosión durante el fraguado.²⁶

La fuerza compresiva incrementa de 200 MPa después de las 24 horas a 400 MPa después de un año.²⁸ Los ionómeros modificados con resina presentan mayor resistencia a las fuerzas de compresión y tensión.²⁶

Una gran ventaja es la disminución en el tiempo clínico de fraguado, y la existencia de una menor sensibilidad a la desecación.²⁴

A pesar de que el ionómero de vidrio tiene un pH ácido, este ácido es débil el cual se neutraliza rápidamente, por lo que las partículas de ionómero de vidrio son bastante grandes, con lo que se logra un buen sellado dentinario, evitando irritación en la pulpa, también produce mínimos daños al tejido pulpar ya que el ácido poliacrílico es mucho más débil que el ácido fosfórico, es decir que los iones COOH son menos tóxicos que los iones H del ácido fosfórico; además el alto peso molecular del ácido poliacrílico limita su difusión en el interior de los túbulos dentinarios.^{24,29}

Cuando los ionómeros de vidrio se utilizan como sustitutos dentinarios como en la denominada técnica sándwich, reducen el grosor del composite, reduciendo la contracción de polimerización.²⁴

Usado como bases en restauraciones clase III, los ionómeros de vidrio pueden mejorar la estética, porque la transmisión de luz del ionómero es cercana a la dentina.²⁴

Otra gran ventaja es su relativo bajo costo en el mercado con buenos resultados y una buena estética.²⁶

3.2.3.7 Desventajas

Comparado con otros materiales, una de sus desventajas es su menor dureza, así como la lentitud con la que se desarrollan sus últimas propiedades máximas.²⁴

Su baja rigidez del cemento en un principio para cementar restauraciones cerámicas sujetas a carga masticatoria, porque la deformación elástica del cemento produce fractura de la prótesis de cerámica frágil.²⁴

Es también otra desventaja de este material el equilibrio hídrico, y si esto no es controlado por el odontólogo, se pierden muchas propiedades.²⁴ Además microfracturas pueden ocurrir si el material queda excesivamente seco.²⁶ Y puede haber sensibilidad al agua durante las primeras 24 horas.³²

Si bien el cemento ionómero de vidrio se puede adherir a las estructuras dentarias, su grado de adhesión disminuye con los metales, esta adhesión es mayor a los metales no preciosos como el acero inoxidable, óxido de estaño; y menor a metales preciosos como la plata-paladio, oro y la porcelana; por lo que se sugiere acondicionar estas superficies para favorecer la retención.³²

Si bien el ionómero de vidrio es compatible, en ocasiones se puede presentar sensibilidad de la pulpa durante las dos primeras semanas.²⁴

3.2.4 Cemento Ionómero de Vidrio Convencional (IVC)

El tamaño de las partículas de este cemento va desde 15 μm a menos, es por eso que son adecuados para la cementación de colados. Este cemento es bastante translúcido y se asemeja a la estructura dentaria.

Su fraguado en la cavidad oral es un poco más rápido, la conservación es muy buena; y su tiempo de trabajo es largo antes de volverse viscoso, es por eso que el cemento fluye, sin embargo, la restauración necesita mantenerse bajo presión durante el fraguado.²⁴

El fraguado de este cemento se dispone en dos etapas: La formación de sales de calcio que proporcionan el fraguado inicial y la formación de sales de aluminio las horas siguientes.²⁴

3.2.4.1 Propiedades

Las propiedades pueden variar en cierto grado dependiendo de la marca del cemento, sin embargo para lograr el desarrollo de todas las propiedades se necesita una buena manipulación, siguiendo las características de fábrica.

El tiempo de fraguado de este cemento es de alrededor de 7 minutos, su resistencia a la compresión a las 24 horas es de 86 MPa; su resistencia a la tracción en el mismo período de tiempo es de 6.2 MPa; su resistencia a la tensión es de 3 a 8 MPa, y su grosor de película va desde los 9 a 21 μm .

El ionómero presenta una ligera a moderada respuesta pulpar dada entre las dos primeras semanas, un módulo de elasticidad de 7.3 GPA.

Este cemento se adhiere a la estructura del diente por una reacción de los grupos carboxilos del poliácido en el calcio del diente.

Este cemento se caracteriza por una menor solubilidad en boca, así como una reducida carga ácida.²⁴

3.2.4.2 Indicaciones

La exposición a la saliva, sangre o agua debe ser evitada al menos por 10 minutos después del mezclado para prevenir pérdida marginal del cemento.²⁶

Se recomienda acondicionar la superficial de la estructura dentar, para favorecer la adhesión del cemento, es decir la utilización de un primer, que puede ser el ácido poliacrílico o el mismo líquido del cemento por 10-20 segundos; algunas marcas comerciales vienen con sus propios primers.³²

Si se ha utilizado un cemento provisional a base de eugenol, se recomienda limpiar todo rastro del eugenol de la superficie, ya que esto altera las características del material, o utilizar un cemento provisional libre de eugenol.²⁴

Se deben tomar precauciones para proteger la pulpa cuando se cementan las restauraciones y existen áreas profundas en la preparación, colocando una capa delgada de hidróxido de calcio.²⁴

Debido a su potencial adhesivo y adecuado espesor de película, este cemento ionómero de vidrio puede ser utilizado en el cementado de coronas y prótesis fijas metálicas, metalocerámicas, y libres de metal.³⁴

Para las cerámicas reforzadas como IPS Empress 2 (Ivoclar), In ceram Alumina (Vita), In ceram Zirconia (Vita), Procera (Nobel Biocare), Cercon Zirconia (Dentsply-Degussa) y Lava Zirconia (3M Espe), este cemento también está indicado.³⁴

El cemento ionómero de vidrio convencional no sólo está indicado en la cementación de restauraciones, sino que puede ser usando en la ortodoncia, en la cementación de brackets y bandas ortodóncicas, en las situaciones clínicas en las que se necesite la realización de pequeños movimientos.³⁴

3.2.4.3 Contraindicaciones

No es recomendable para cementar postes fibras de vidrio, ya que la vibración de la preparación dentaria del muñón puede reducir la retención proporcionada por el cemento; sin embargo si esto se realiza pasada 24-48 horas es posible su uso.²⁶

No está indicado para la cementación de restauraciones de cerámica feldespática.³⁴

3.2.4.4 Manipulación y Técnica de cementación

Existen varios pasos a seguir para manipular y colocar adecuadamente este cemento, algunos pasos varían de acuerdo a la marca de cemento a utilizar.

La preparación debe estar pulida, para eliminar residuos de barro dentinario, así como para la creación de microretenciones mecánicas.

Luego se debe limpiar la superficie de la preparación, lavar y secar con rollos de algodón, mas no con la jeringa triple ya que esto podría producir una severa deshidratación de la dentina, afectando las características del cemento, así mismo no secar con gasa ya que este material tiene una propiedad de sorción, por lo que también deshidrata la dentina.

Colocar el primer sobre la preparación con un microbrush, si no se cuenta con un primer se puede utilizar el líquido del cemento, durante 10-20 segundos, esto permite eliminar el barro dentinario residual, e impregnar los tejidos y favorecer la humectación del cemento.^{23, 24}

La preparación del cemento comienza agitando bien el polvo y el líquido dentro de sus envases. El polvo y el líquido se deben depositar en una loseta que no sea de vidrio o en un block de mezcla, a temperatura ambiente o refrigerada, esto ayuda a alargar el tiempo de trabajo. Se debe colocar la cantidad que el fabricante indica, por lo general la

proporción es de 1:2; el frasco cuenta gotas se mantendrá en posición vertical al suministrar el líquido, el porción del polvo se divide en dos o tres partes; el tiempo de mezcla no debe ascender a los 30-45 segundos y se utiliza una espátula de plástico, abarcando la mayor área posible de la loseta.^{23, 24}

Inicialmente la mezcla parecerá muy espesa, pero en la medida que las partículas se disuelven, se torna menos viscosa; el mezclado es rápido y la reacción libera poco calor, la consistencia es brillante y cremosa. Una vez que se obtenga la consistencia indicada, que debe ser fluida y homogénea, se colocará el cemento en las paredes de la restauración, más no en oclusal, ya que el cemento colocado en las paredes al momento de ser cementado escurrirá hacia oclusal y cervical, abarcando todas las áreas y minimizando los excesos. Se debe mantener una presión constante a la hora de la cementación, se puede colocar un rollo de algodón entre el diente y el antagonista y pedirle al paciente que muerda, los excesos se retiran antes que endurezca el cemento con un microbrush o con un explorador.^{23, 24}

Evitar que el cemento entre en contacto con el agua y saliva durante la aplicación y el fraguado.

Los instrumentos utilizados deben ser colocados en agua fría para su limpieza, así mismo los recipientes del polvo y líquido del cemento deben cerrarse inmediatamente para evitar su hidratación.

3.2.4.5 Presentación

El cemento ionómero de vidrio se presenta convencionalmente como polvo y líquido, pero también existen en el mercado cápsulas pre-dosificadas en envases metálicos, sensibles a la luz, cambios de temperatura y humedad; estas cápsulas contienen el polvo y el líquido separados por una membrana, que debe romperse antes del mezclado

automático en un vibrador o algún amalgamador mecánico.²³ Este tipo de cemento es de tipo autopolimerizable.

En el mercado existen diferentes marcas, entre las más conocidas tenemos: Fuji (GC), Ketac (3M), Meron (VOCO), Ionomax Tipo 1 (Prothoplast), Vivaglas Cem (Ivoclar).²³

3.2.5 Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina (IVMR)

Quizás ningún otro material ha experimentado tantas modificaciones desde su presentación como el ionómero de vidrio; no solo en su estructura y composición, sino que también en sus indicaciones y aplicaciones clínicas. La introducción del cemento ionómero de vidrio modificado con resina representan un intento de mejorar las propiedades del ionómero convencional, y de combinar las mejores propiedades de estos y de las resinas.^{24, 31}

Los ionómeros de vidrio modificados con resina fueron producidos por la adición de metacrilato al ácido poliacrílico.²⁸

Estos cementos tienen el mismo vidrio liberador de iones como partículas de relleno utilizado en el ionómero de vidrio convencional, pero en tamaños más pequeños. Además poseen en su estructura 5% de componentes resinosos (21-41% de HEMA) y pequeñas cantidades de fotoiniciadores. La reacción de fraguado inicial es activada por la luz, que es seguida por la reacción ácido-base después de la absorción de agua.^{28, 34}

3.2.5.1 Composición

En los ionómeros modificados con resina se ha adicionado un catalizador y activador, y en el líquido se ha agregado copolímeros carboxílicos, un monómero hidrofílico soluble, y radicales de metacrilato como iniciadores. En el caso de los fotopolimerizables estos contienen además un foto iniciador.²³

La modificación del cemento ionómero de vidrio convencional al modificado con resina implica grupos acrilatos en la parte poliácida del cemento convencional. La reacción de establecimiento ácido-base del cemento es suplementada por una reacción de polimerización de la resina de los monómeros como el HEMA (hidroxi-etil-metacrilato) y el bis-GMA (bis-Glicidildimecrilato) o de cadenas sobre la molécula de poliácidos iniciada por la luz visible. Algunos de los materiales también tienen unos componentes resinosos autocurados adicionales. Una red de trabajo interpenetrante se forma combinando la reacción cruzada ácido-base del ion poliácido metálico con la polimerización cruzada del sistema monómero.³¹

Entonces los cementos de ionómeros modificados con resinas son el resultado de ordenar con radicales metacrilatos las largas cadenas químicas de los ionómeros tradicionales, al ser cadenas tan largas se producen menos enlaces durante el endurecimiento, y por tanto se contraerán menos que las resinas, al aplicar la luz se establecerán los enlaces químicos entre los grupos metacrilatos de otras moléculas y a la vez se dará una reacción de endurecimiento más lenta, ácido-base propia de los ionómeros de vidrio.²⁴

El fraguado es más rápido gracias a la polimerización de los grupos metacrilato mediante la luz alógena, protegiéndolo de la humedad, disminuyendo la solubilidad y reduciendo la sensibilidad operatoria.²⁴

3.2.5.2 Propiedades

La adición de componentes de resina fotocurable y en algunos sistemas la incorporación de resinas de autocurado, han conducido a una mayor resistencia al contacto temprano con la humedad, a la desecación y a mejorar las características mecánicas.³¹

Muchos estudios han informado que este cemento ionómero de vidrio modificado con resina puede liberar fluoruro a una velocidad comparable al ionómero convencional; sin

embargo, esto no sólo se debe a la formación de derivados del fluoruro con su reacción con el ácido acrílico, sino que también depende del tipo y la cantidad de la resina utilizada en la polimerización con la luz. La liberación de flúor durante las primeras 24 horas es máxima de 5-35 µg/cm² dependiendo del entorno. La liberación de flúor diaria comienza con 8 ppm a 15 ppm en el primer día y disminuye en 1-2 ppm en el séptimo día, logrando su estabilización a los 10 días a 3 semanas.²⁸

La adhesión mejorada a la dentina se debe a la una unión química del componente del ácido poliacrílico y la formación de una capa híbrida del componente HEMA hidrofílico.³¹

Los cementos de ionómero de vidrio con la incorporación de resinas consiguen aumentar las propiedades físicas, la resistencia a la compresión, tensión diametral, resistencia a la fractura, erosión y agrietamiento de la superficie. Además produce menos contracción de polimerización y posee un coeficiente de expansión térmica más similar al de la dentina.²⁴

Comparado este cemento con el cemento ionómero de vidrio convencional, proporciona mayor tiempo de trabajo, producción rápida de dureza, mayor resistencia a la solubilidad, y una reducción de translucidez del material.²⁴

El cemento ionómero de vidrio modificado con resina presenta más opciones de colores y lisura superficial, permitiendo así un mejor acabado estético.²⁴

3.2.5.3 Indicaciones

Este tipo de cemento está indicado cuando la preparación es retentiva, está indicado para su uso en las mismas estructuras que para el ionómero convencional, como en puentes, incrustaciones metálicas, como también en coronas metálicas o metal-cerámica y libres de metal. También es usado en la cementación de bandas en ortodoncia.²⁴

El diente debe estar bien aislado, y el material mantenerse seco por 7-10 minutos, para minimizar pérdida del cemento en los márgenes debido a su temprana solubilidad.²⁶

3.2.5.4 Contraindicaciones

No es recomendable para cementar todas las restauraciones cerámicas o postes que son susceptibles al grabado, por la posibilidad de la expansión higroscópica.²⁶

Tampoco se recomienda para la cementación de coronas de silicato o veneres, esto para evitar la posible expansión y la fractura de la cerámica.⁴²

3.2.5.5 Presentación

Además de la presentación polvo-líquido, estos cementos se encuentran en el mercado en cápsulas que ya hemos mencionado, o en la presentación de pasta-pasta, la cual utiliza un sistema de clicker, siendo fáciles de usar, asegurando una correcta proporción del material; además de presentar más opciones de color que los cementos de ionómero convencionales. Este cemento se encuentra en presentaciones de autopolimerizado y fotopolimerizables también.³⁴

3.2.5.6 Manipulación y Técnica de cementación

Si el profesional prefiere tener mayor control sobre el tiempo de fraguado del material, sin duda los cementos ionoméricos resinosos fotoactivados son los más indicados.³⁴

Para la utilización de este tipo de cemento es necesario primero elegir correctamente el color, luego proceder a aislar el campo operatorio, limpiar la cavidad y grabar la superficie dental, algunos cementos vienen con su primer el cuál debe utilizarse siguiendo las instrucciones del fabricante, otros autores recomiendan el uso de ácido poliacrílico al 10 o 25%, seguido de secado con aplicaciones de aire y fotopolimerización. Sin embargo, otro tratamiento de superficie dentaria sugerido es la

de hibridación con ácido fosfórico a 37% y un sistema adhesivo, este procedimiento aumenta la capacidad de unión a la estructura dental y mejora el sellado marginal.^{34, 35}

El profesional debe manipular este material de acuerdo con su forma de presentación, si es autopolimerizable se procede igual que con el cemento ionómero de vidrio convencional. Si el sistema es fotopolimerizable y es pasta-pasta, clicker, se dispensa la cantidad necesaria y se coloca en el block de mezcla para su espatulado en el tiempo indicado por el fabricante alrededor de 30-40 segundos abarcando la mayor área posible, luego se lleva a la restauración, se coloca sobre la estructura dentaria, se retiran los excesos y se fotoactiva según lo indica por el fabricante manteniendo una ligera presión sobre la restauración.³⁴

3.3 Hipótesis

La sorción y solubilidad del cemento ionómero de vidrio convencional es mayor que el del cemento ionómero de vidrio modificado con resina.

3.4 Operacionalización de Variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	VALOR
VARIABLES INDEPENDIENTES						
CEMENTO IONÓMERO DE VIDRIO	Cualitativa	Material utilizado para la cementación de restauraciones a la estructura dentaria, con diferente composición, consistencia y presentación.	CEMENTO IONÓMERO DE VIDRIO CONVENCIONAL	Nombre comercial, marca y composición.	Nominal	Si / No
			CEMENTO IONÓMERO DE VIDRIO MODIFICADO CON RESINA			Si / No
TIEMPO	Cuantitativa	Magnitud física con la que medimos la duración de eventos.		Días	Intervalo	7, 15 y 30 días
VARIABLES DEPENDIENTES						
SORCIÓN	Cuantitativa	Ganancia de masa sobre el volumen de las muestras sumergidas en agua destilada a 37°C		Microgramos de ganancia de masa	Razón	$\mu\text{g}/\text{mm}^3$
SOLUBILIDAD	Cuantitativa	Pérdida de masa sobre el volumen de las muestras sumergidas en agua destilada a 37°C		Microgramos de pérdida de masa	Razón	$\mu\text{g}/\text{mm}^3$

IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de Investigación

El presente estudio es de tipo experimental, prospectivo y longitudinal, el cual se evaluó en diferentes momentos (7, 15 y 30 días).

4.2 Población y Muestra

4.2.1 Muestra

El estudio se realizó con 48 discos de cemento ionómero de vidrio convencional ($n = 24$) y cemento ionómero de vidrio modificado con resina ($n = 24$).

4.2.2 Tipo de Muestreo

El tamaño de la muestra se determinó por el tipo de muestreo no probabilístico y por conveniencia, determinando la cantidad de discos necesarios para el estudio en las investigaciones revisadas en los antecedentes; y tomando la norma internacional estandarizada ISO 4049⁴³ como un indicador para el tamaño de la muestra.

4.2.3 Sistema de selección para formar los grupos

Se formó dos grupos, uno por cada cemento (IVC e IVMR), cada grupo constituido por 24 discos, se dividió en tres subgrupos (7, 15 y 30 días), los discos seleccionados para cada subgrupo se realizaron de forma aleatoria.

4.3 Procedimientos y Técnica

4.3.1 Fabricación de los discos

Las muestras fueron confeccionadas siguiendo las indicaciones para la preparación de discos de la ISO 4049, se utilizó un molde metálico, con las medidas estandarizadas de $15,0 \pm 0,1$ mm de diámetro y $1,0 \pm 0,1$ mm de profundidad.⁴³

Se preparó el material de acuerdo a las indicaciones del fabricante como lo recomienda la ISO 4049. Para el cemento ionómero de vidrio convencional se utilizó la presentación de polvo-líquido de nombre comercial GC Gold Label (GC Corporation); la cual nos indica que para la preparación de una porción se utiliza 1 cucharada rasa de polvo y 2 gotas de líquido, vertidas del frasco en posición vertical y presionado ligeramente, una vez dispensado el polvo y líquido necesario (3 porciones) en el block de mezcla, se divide el polvo en dos partes iguales, se mezcla la primera parte con todo el líquido por 5 segundos con una espátula de plástico, y se incorpora la segunda parte restante y se mezcla todo otros 15 segundos (total 20 segundos).



Figura N° 2. Cemento Ionómero de Vidrio Convencional GC Gold Label.

Para el cemento ionómero de vidrio modificado con resina se utilizó también la presentación de polvo-líquido de nombre comercial GC Fuji PLUS (GC Corporation); la cual nos indica que para la preparación de una porción se utiliza 1 cucharada rasa de polvo y 3 gotas de líquido, vertidas de igual manera el frasco en posición vertical y presionado ligeramente, una vez dispensado el polvo y líquido necesario (3 porciones) en el block de mezcla, con una espátula de plástico se divide el polvo en dos partes iguales, una parte se mezcla con todo el líquido por 15 segundos. Luego se agrega la otra parte y se mezcla por otros 15 segundos (total 30 segundos).



Figura N° 3. Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina GC Fuji Plus.

Se recubrió el molde metálico con teflón y se colocó sobre una platina de vidrio; una vez que se obtuvo la mezcla de los cementos, estas fueron inyectadas en el molde mediante el Sistema Centrix de la marca Maquira, y se colocó otra platina de vidrio encima y se esperó el tiempo de fraguado indicado por el fabricante.



Figura N° 4. Preparación de los discos de ionómero de vidrio.

Una vez que se obtuvieron los discos, estos fueron pulidos con motor de baja velocidad y discos de carburo, para así poder retirar cualquier excedente que no haya fraguado, y medidos con un vernier manual para verificar el tamaño del disco.

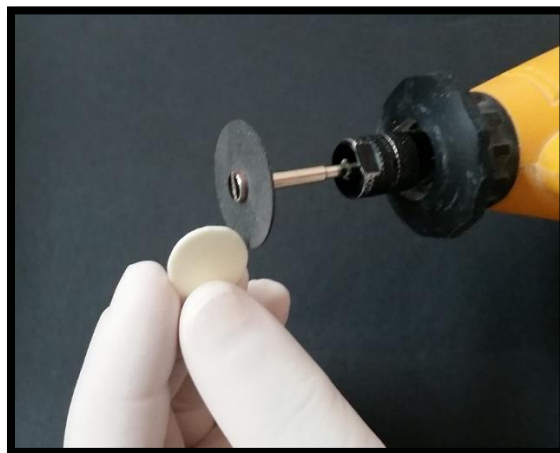


Figura N° 5. Pulido de los discos.

Se calculó el área del disco en milímetros cuadrados (mm^2), y luego el volumen (V) en milímetros cúbicos (mm^3).

4.3.2 Procedimiento

La preparación de los discos para las pruebas de sorción y solubilidad se llevaron a cabo en el Laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM. Se contó con el apoyo de una docente del mismo laboratorio, quién fue la única encargada de medir las muestras en la balanza analítica, para minimizar el riesgo de error.

Conforme lo establecido por la ISO 4049, los discos fueron transferidos a una estufa (Incucell MMM Group) a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta que se obtuvo un valor de masa constante, a la que llamaremos m_t . Para las medidas de peso se utilizó una balanza analítica marca æ ADAM.

Se colocó los discos en pequeños frascos rotulados, los cuales contenían 10 ml de agua destilada, la cual fue transportada por medio de una pipeta graduada, y estos frascos fueron colocados en una estufa a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en la que permanecieron los días establecidos (7, 15 y 30 días). La ISO toma como período de tiempo 7 días, y en este estudio se utilizó esa indicación y se evaluó al doble de tiempo 15 días y a los 30 días, ya que investigaciones pasadas nos sugieren cambios significativos en este período de tiempo.

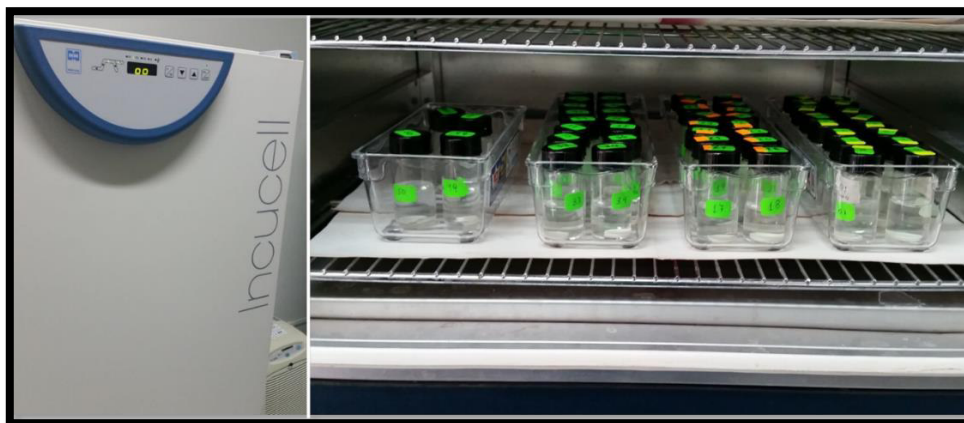


Figura N° 6. Colocación de los frascos rotulados con los discos en la estufa Incucell MMM Group.

Después de haber estado sumergidos los discos por los días establecidos para cada subgrupo, se retiraban del agua destilada, se lavaban con agua destilada, se secaba la superficie hasta que quedaba libre de humedad visible, se exponían al aire por 15 segundos, y se pesaban 1 minuto después de la remoción del agua; a este peso lo llamamos m_2 .

Luego los discos eran colocados en la estufa a 37 °C hasta obtener una masa constante nuevamente, lo que denominamos m_3 .



Figura N° 7. Medidas de peso de los discos en la balanza analítica æ ADAM.

4.3.3 Volumen

Todos los discos seleccionados tenían las especificaciones dadas por la ISO 4049, por lo que el valor del volumen, se logró mediante la fórmula:

$$V = \pi \times r^2 \times h \quad (mm^3)$$

Al tener las mismas dimensiones todos los discos seleccionados, el volumen encontrado fue el mismo para todos ellos.

4.3.4 Test de Sorción

Se calculó la sorción de agua en microgramos por milímetro cúbico ($\mu g/mm^3$), usando la siguiente ecuación:

$$W_{sp} = (m_2 - m_3) / V \quad (\mu g/mm^3)$$

4.3.5 Test de Solubilidad

Se calculó la solubilidad en microgramos por milímetro cúbico ($\mu g/mm^3$), usando la siguiente ecuación:

$$W_{sl} = (m_1 - m_3) / V \quad (\mu g/mm^3)$$

4.3.6 Microscopía Electrónica de Barrido

Realizadas las pruebas experimentales anteriormente mencionadas, se procedió a realizar la prueba de microscopia electrónica de barrido. Se utilizó un disco de cada cemento que no había sido sometido a ningún tratamiento, discos iniciales, pero que cumplían con los criterios de inclusión; también se utilizó un disco de cada cemento que fueron sometidos a los procesos mencionados durante un tiempo de 30 días.

Los discos seleccionados fueron llevados al Laboratorio de Equipamiento Especializado de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM, donde se realizó la prueba de microscopía electrónica de barrido.

Para poder observar las muestras en el microscopio electrónico, los discos tuvieron que pasar por un proceso de galvanización con oro de 24 K, a través del equipo SPI MODULE™ Sputter/Carbon Coater, las muestras fueron rotuladas antes de entrar a este procedimiento que tuvo una duración aproximada de 5 minutos, los discos fueron colocados en una bomba al vacío, en la cual se introducía un gas de argón en la campana de vacío, provocando que los átomos de argón impacten en la lámina de oro y se desprendan átomos de dicha lámina los cuales eran atraídos hacia los discos, en los cuales quedaban depositados en forma de película metálica proporcionando un espesor de recubrimiento, esto se realizó para obtener tener una superficie conductora de electrones y así lograr una mejor calidad de imagen de la superficie de los discos.



Figura N° 8. Proceso de Galvanización en el SPI MODULE™ Sputter/Carbon Coater.

Luego del proceso de galvanización los discos fueron colocados en el microscopio electrónico de barrido Inspect™ S50 FEI Company, en un pequeño espacio, al cual se le hace el vacío después de cerrada la puerta, esto para evitar la dispersión de electrones, luego las imágenes son cargadas al software del equipo y visualizadas a través de un monitor.



Figura N° 9. Microscopio Electrónico de Barrido Inspect™ S50 FEI Company.

4.4 Procesamiento de Datos

Los datos fueron recolectados por medio de una ficha para cada subgrupo. En esta ficha se anotaron los datos obtenidos de las medidas de los discos, como el volumen, también las pesadas en los días establecidos para cada subgrupo, y el valor final de los Test de Sorción y Solubilidad. (Anexo N° 1 y 2)

4.5 Análisis de Resultados

Los datos recolectados se procesaron mediante el paquete estadístico SPSS 21.0 para Windows, donde se realizó una estadística descriptiva: medidas de tendencia central (mínimo, máximo, media y desviación estándar).

Se realizó la Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para poder observar la distribución de los datos, y la cual nos determinó que un grupo de datos seguía una distribución normal, por lo que en ellos se aplicó pruebas paramétricas; mientras que en el otro grupo de datos que no seguía una distribución normal, se aplicaron pruebas no paramétricas.

Al obtener datos que no seguían una distribución normal, se utilizó la Prueba de Kruskal Wallis, para conocer si había diferencias estadísticamente significativas para la variable de Sorción, así como para la variable de Solubilidad, para ambos grupos.

Para el análisis de datos paramétricas se utilizó la prueba de T-Student para Muestras Independientes, y para los datos no paramétricas se utilizó la prueba U. de Mann-Whitney; ambas pruebas para comparar subgrupos (7, 15 y 30 días) de ambos cementos e identificar las diferencias estadísticamente significativas entre los mismos.

Todas las pruebas fueron trabajadas a un nivel de confianza de 95%.

V. RESULTADOS

Una vez obtenidos los datos y vaciados a la malla estadística del paquete SPSS 21.0 para Windows, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para identificar la distribución de los datos, donde se siguió la regla de $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula, la cual nos dice que los datos siguen una distribución normal.

	Tipo de Ionómero	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Sorción	IVC 7	0,250	8	0,150
	IVMR 7	0,241	8	0,189
	IVC 15	0,180	8	0,200
	IVMR 15	0,220	8	0,200
	IVC 30	0,320	8	0,016
	IVMR 30	0,235	8	0,200
Solubilidad	IVC 7	0,262	8	0,114
	IVMR 7	0,320	8	0,016
	IVC 15	0,140	8	0,200
	IVMR 15	0,179	8	0,200
	IVC 30	0,224	8	0,200
	IVMR 30	0,262	8	0,113

Tabla 1. Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

Al realizarse la prueba de Krustal Wallis para ambas variables, se encontró un $p = 0,000$ ($p < 0,05$) lo que nos indica que si existen diferencias significativas para la variable Sorción, así como para la variable Solubilidad, para ambos grupos.

	Tipo de Ionómero	Mínimo	Máximo	\bar{x}	D.S.	p^*
Sorción	IVC 7	119,9671	151,0907	131,8506	10,2396	0,000
	IVMR 7	151,0907	230,3143	177,7579	24,6466	
	IVC 15	99,5953	114,3083	106,4566	5,3465	
	IVMR 15	121,6648	202,0202	163,0449	22,8153	
	IVC 30	102,9906	119,9671	113,3887	5,2122	
	IVMR 30	123,3624	160,1448	142,3195	13,9402	
Solubilidad	IVC 7	19,8059	34,5188	23,3426	4,8372	0,000
	IVMR 7	-9,6200	5,0929	0,2121	5,2297	
	IVC 15	16,9764	22,0694	19,3107	1,7750	
	IVMR 15	5,0929	15,2788	9,5492	3,5717	
	IVC 30	23,7670	67,3400	36,4286	14,5941	
	IVMR 30	-9,0541	-2,2635	-4,5270	2,3816	

* Prueba de Krustal-Wallis; $p < 0,05$

Tabla 2. Prueba de Krustal Wallis

5.1 Resultados de Sorción

La prueba T-Student fue usada para comparar las medias en casos en que las muestras cumplieran con la normalidad y homogeneidad de varianzas, y en los otros casos la prueba U. de Mann-Whitney. Los resultados pueden ser observados a continuación en las diferentes tablas y gráficos.

Los valores mínimos, máximos, media de sorción y desviación estándar se muestran en las diferentes tablas a continuación; para el subgrupo de 7 días de ambos grupos (IVC e IVMR), se muestran en la Tabla 3.

Tipo de Ionómero	n	Min.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
IVC	8	119,9671	151,0907	131,8506	10,2396	0,000
IVMR	8	151,0907	230,3143	177,7579	24,6466	

*p: Prueba T-Student para Muestras Independientes; $p < 0,05$.

Tabla 3. Sorción a los 7 Días.

Se observa que si existen diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,000$) entre el Cemento Ionómero de vidrio convencional y el modificado con resina para la variable Sorción a los 7 días. Se puede observar que el Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina tiene una mayor Sorción ($177,7579 \pm 24,6466$) comparado con el Cemento Ionómero de Vidrio Convencional ($131,8506 \pm 10,2396$) a los 7 días.

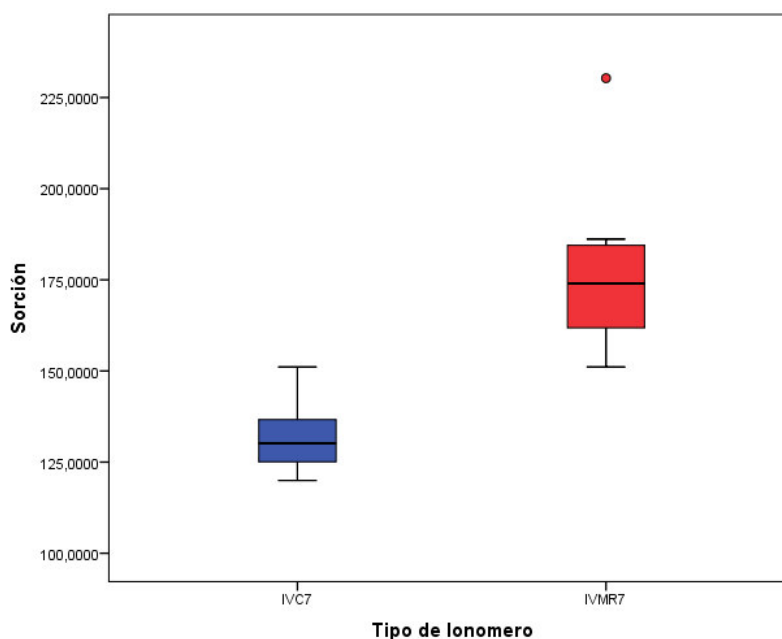


Gráfico 1. Sorción a los 7 Días.

En la Tabla 4 se muestran los valores mínimo, máximo, media de Sorción y desviación estándar para el subgrupo de 15 días para ambos cementos

Tipo de Ionómero	n	Min.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
IVC	8	99,5953	114,3083	106,4566	5,3465	0,000
IVMR	8	121,6648	202,0202	163,0449	22,8153	

*p: Prueba T-Student para Muestras Independientes; $p < 0,05$.

Tabla 4. Sorción a los 15 Días.

Se observa la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,000$) entre ambos cementos para la sorción a los 15 días. En esta tabla se puede observar que el Cemento Ionómero de Vidrio Convencional tiene una menor Sorción ($106,4566 \pm 5,3465$) que el Ionómero Modificado con Resina ($163,0449 \pm 22,8153$).

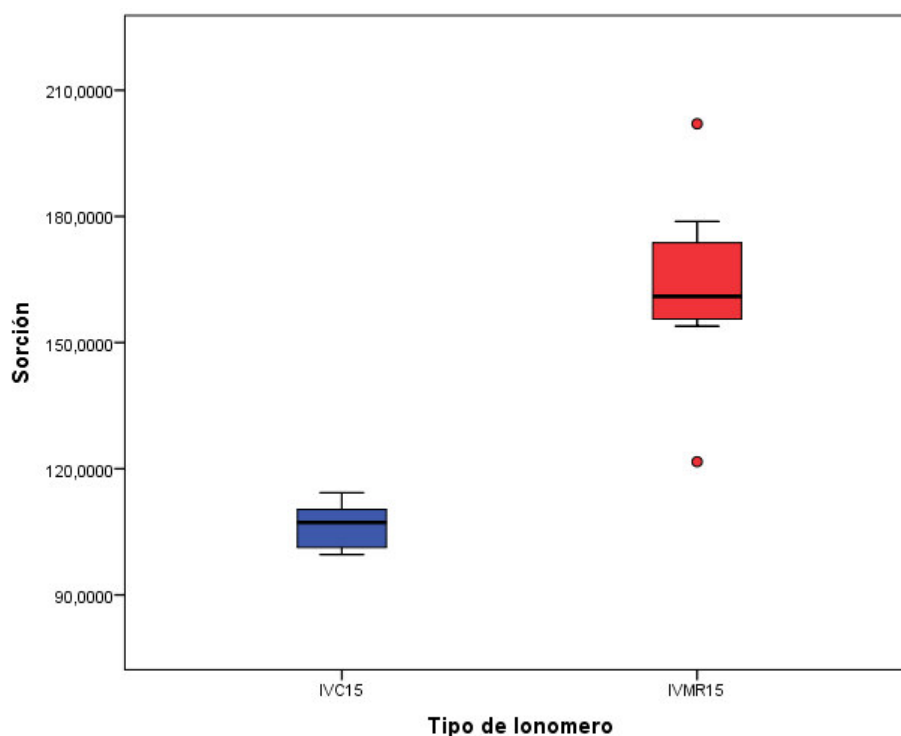


Gráfico 2. Sorción a los 15 Días.

Finalmente, luego de 30 días, aún existe diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,001$) entre ambos cementos para la sorción; observamos que el Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina continúa teniendo una mayor sorción ($142,3195 \pm 13,9402$) en comparación con el ionómero convencional ($113,3887 \pm 5,2122$).

Tipo de Ionómero	n	Min.	Máy.	\bar{x}	D.S.	p^*
IVC	8	102,9906	119,9671	113,3887	5,2122	0,001
IVMR	8	123,3624	160,1448	142,3195	13,9402	

* p : Prueba U. de Mann-Whitney; $p < 0,05$.

Tabla 5. Sorción a los 30 Días.

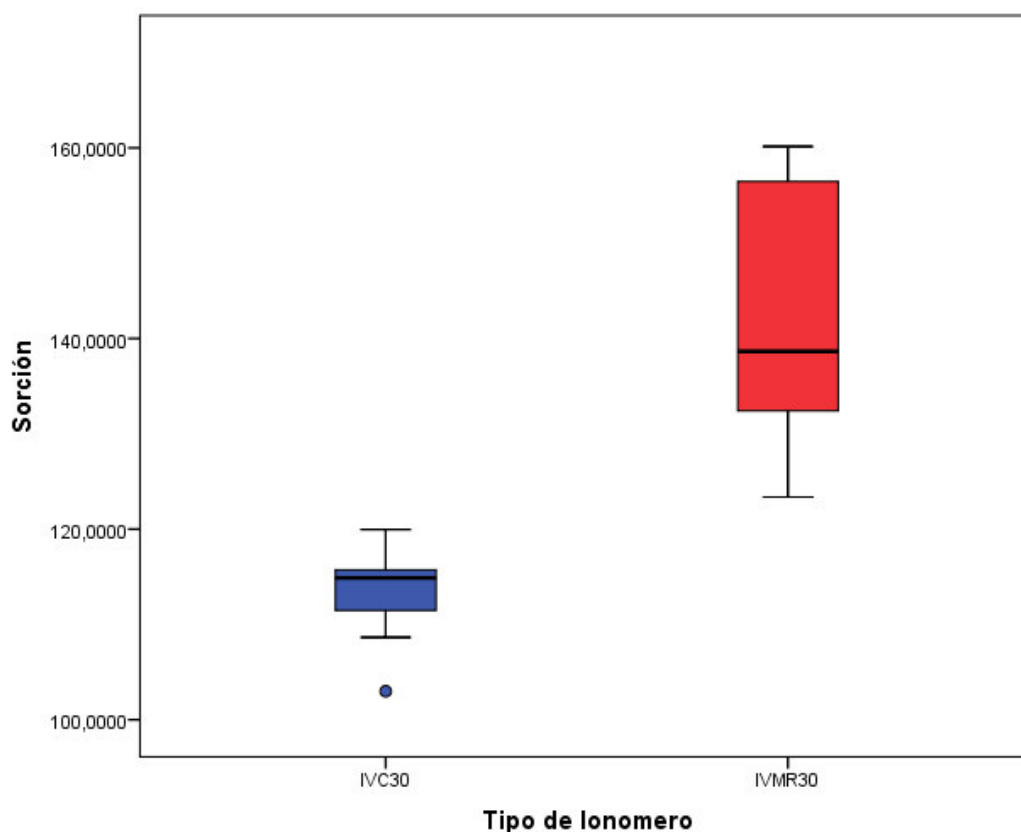


Gráfico 3. Sorción a los 30 Días.

5.2 Resultados de Solubilidad

Al igual que para la variable Sorción, la prueba T-Student fue usada para comparar las medias en casos en que las muestras cumplieran con la normalidad y homogeneidad de varianzas, y en los otros casos U. de Mann-Whitney. Los resultados pueden ser observados a continuación en las diferentes tablas y gráficos.

Tipo de Ionómero	n	Min.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
IVC	8	19,8059	34,5188	23,3426	4,8372	0.001
IVMR	8	-9,6200	5,0929	0,2121	5,2297	

*p: Prueba U. de Mann-Whitney; $p < 0,05$.

Tabla 6. Solubilidad a los 7 Días.

Se observa que el Cemento de Ionómero de Vidrio Convencional ($23,3426 \pm 4,8372$) tiene un valor mayor de solubilidad a los 7 días comparado con el Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina ($0,2121 \pm 5,2297$).

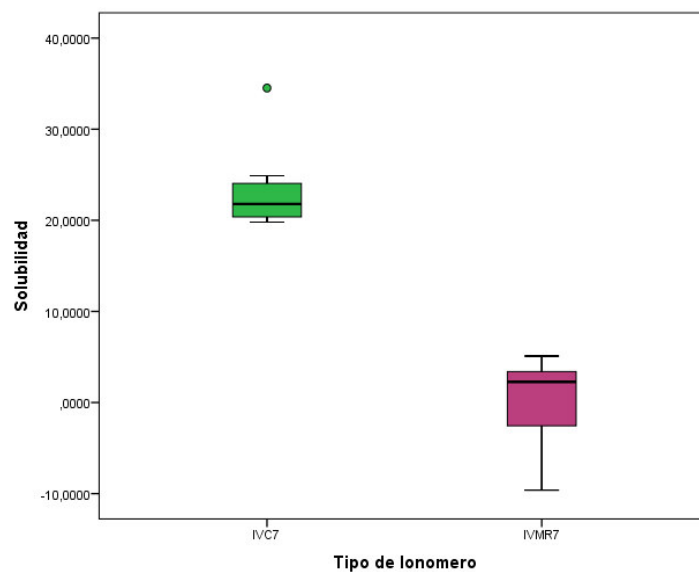


Gráfico 4. Solubilidad a los 7 Días.

Tipo de Ionómero	n	Min.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
IVC	8	16,9764	22,0694	19,3107	1,7750	0,000
IVMR	8	5,0929	15,2788	9,5492	3,5717	

*p: Prueba T-Student para Muestras Independientes; $p < 0,05$.

Tabla 7. Solubilidad a los 15 Días.

Luego de 15 días, el Cemento Ionómero de vidrio Convencional ($19,3107 \pm 1,7750$) continúa teniendo mayor Solubilidad que el Cemento Modificado con Resina ($9,5492 \pm 3,5717$).

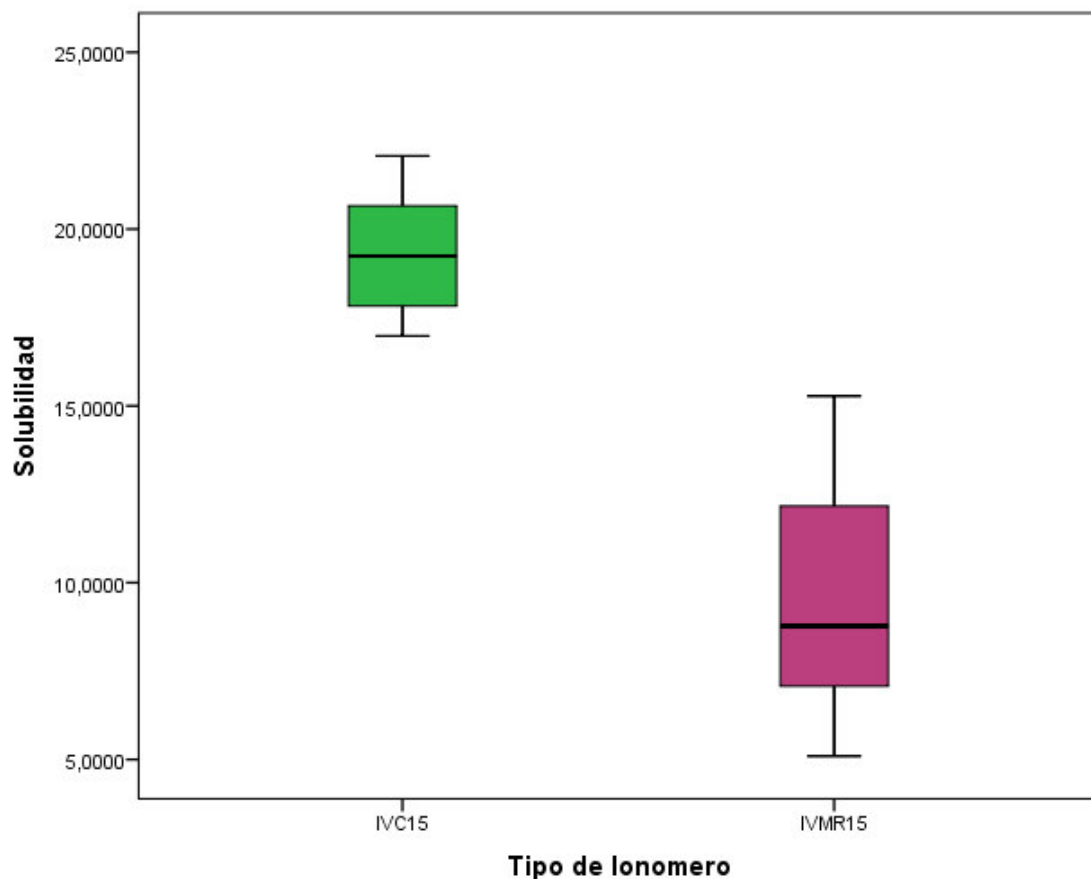


Gráfico 5. Solubilidad a los 15 Días.

Tipo de Ionómero	n	Min.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
IVC	8	23,7670	67,3400	36,4286	14,5941	0,000
IVMR	8	-9,0541	-2,2635	-4,5270	2,3816	

*p: Prueba T-Student para Muestras Independientes; $p < 0,05$.

Tabla 8. Solubilidad a los 30 Días.

Al finalizar los 30 días, el Cemento Ionómero de Vidrio Convencional mantuvo una mayor Solubilidad ($36,4286 \pm 14,5941$), mientras que el Cemento Ionómero de Vidrio Modificado con Resina no obtuvo algún valor de Solubilidad, sino que obtuvo ganancia de masa ($-4,5270 \pm 2,3816$).

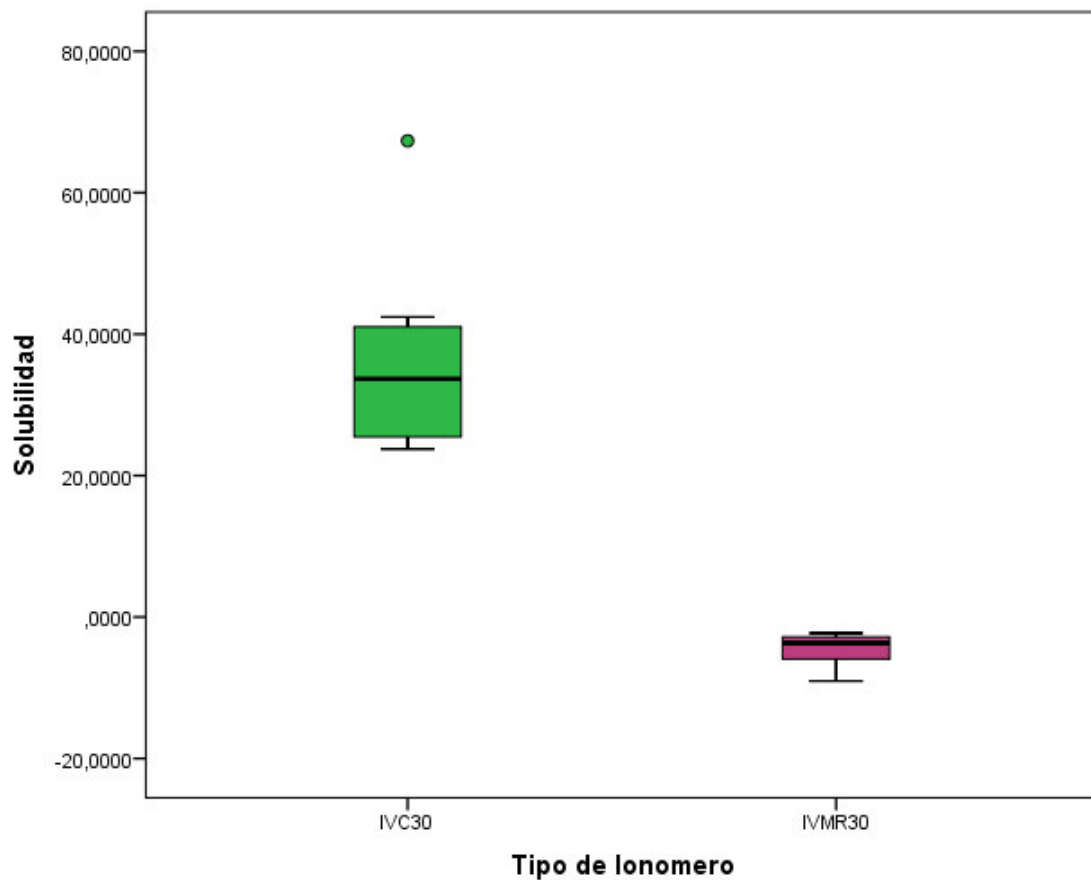


Gráfico 6. Solubilidad a los 30 Días.

5.3 Resultados de la Microscopía Electrónica de Barrido

Con el objetivo de evaluar el efecto del agua sobre el IVC y el IVMR, las muestras fueron examinadas mediante microfotografías de microscopía electrónica de barrido. Esta prueba permitió la observación y caracterización superficial de los discos de cemento ionómero de vidrio convencional y modificado con resina iniciales y luego de haber sido inmersos en agua durante 30 días y haber pasado el proceso de desecación (solubilidad 30 días). A continuación se muestran los resultados.

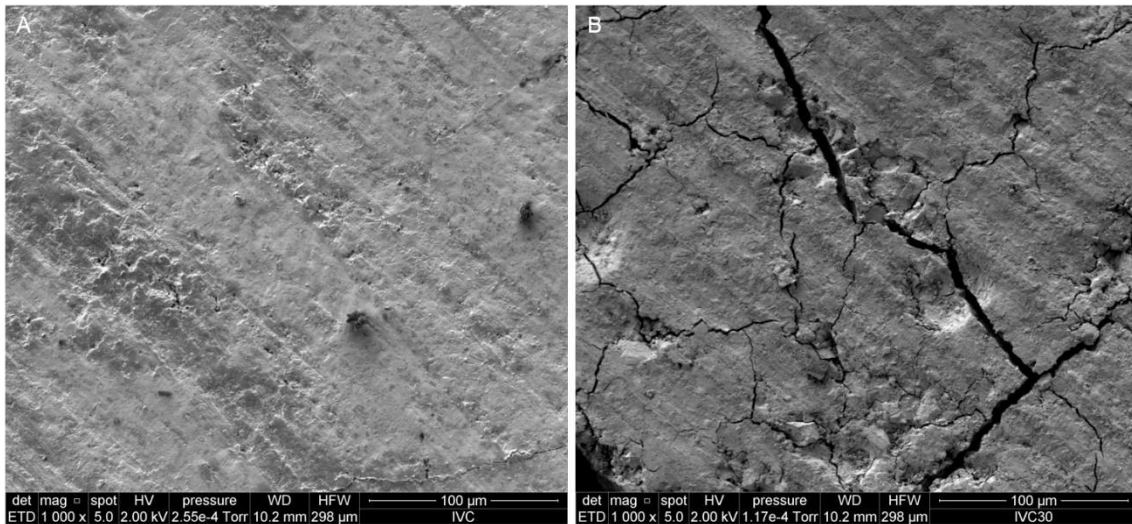


Figura N° 10. Superficie del Cemento Ionómero de Vidrio Convencional.

(A) Muestra Inicial; (B) Solubilidad a los 30 días.

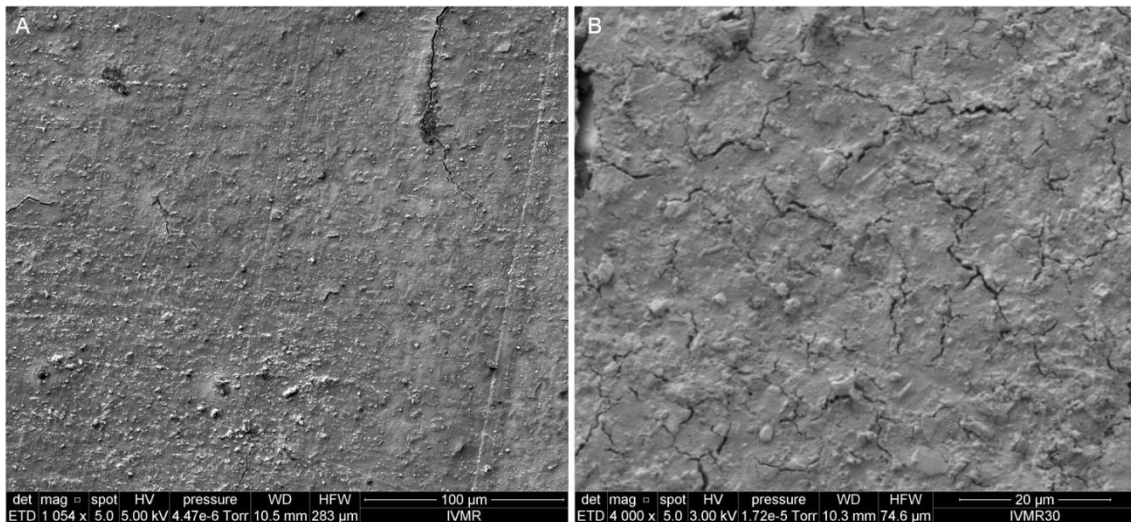


Figura N° 11. Superficie del Cemento ionómero de Vidrio Modificado con Resina.

(A) Muestra Inicial; (B) Solubilidad a los 30 días.

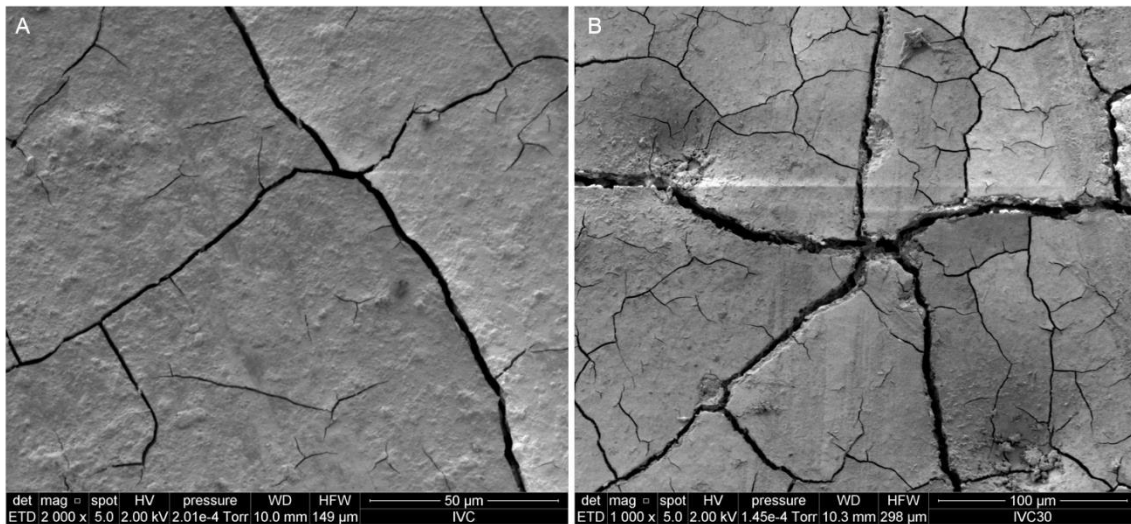


Figura N° 12. Fisuras del Cemento ionómero de Vidrio Convencional. (A) Muestra

Inicial; (B) Solubilidad a los 30 días.

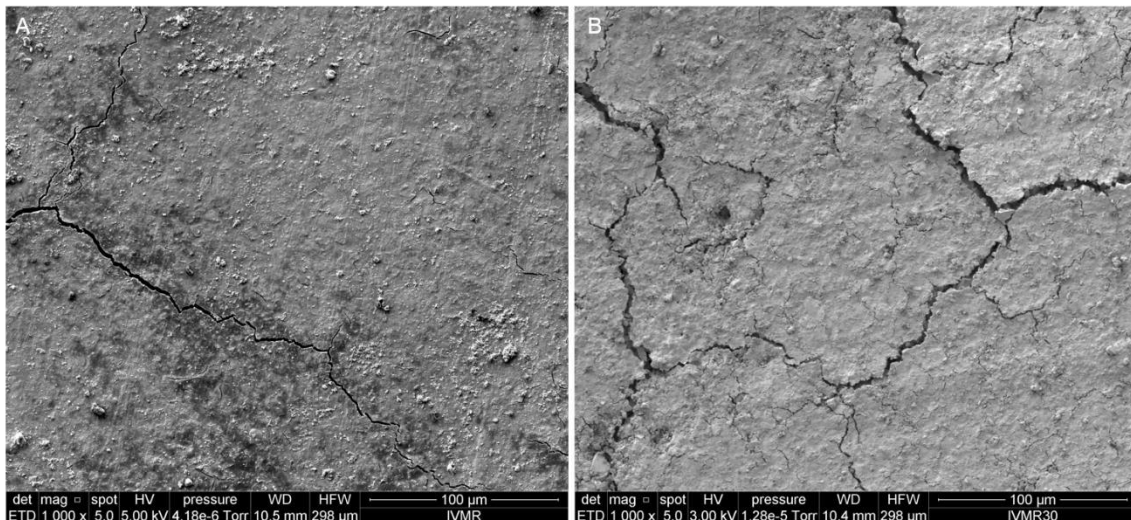


Figura N° 13. Fisuras del Cemento ionómero de Vidrio Modificado con Resina.

(A) Muestra Inicial; (B) Solubilidad a los 30 días.

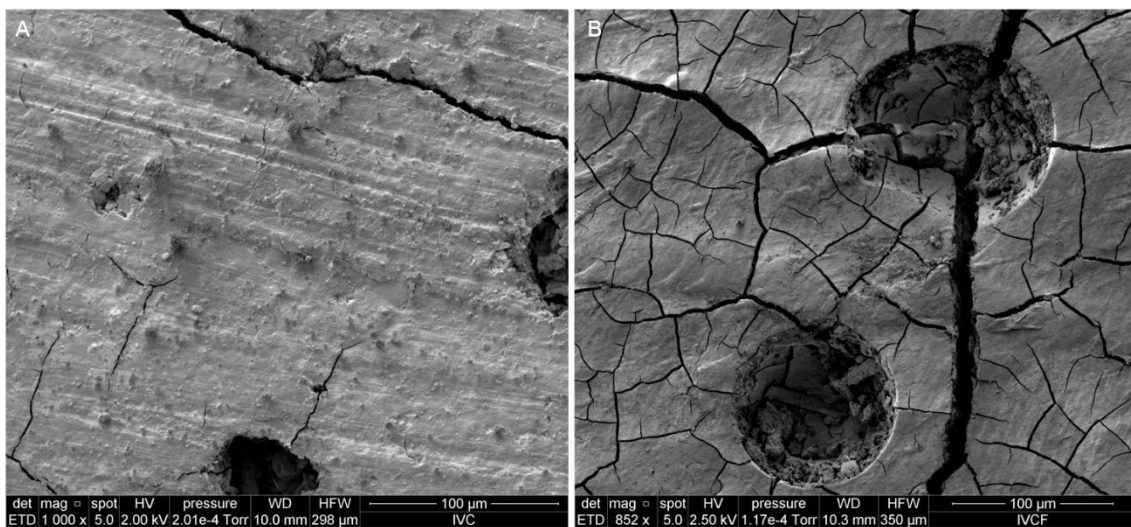


Figura N° 14. Micro gap del Cemento ionómero de Vidrio Convencional. (A)

Muestra Inicial; (B) Solubilidad a los 30 días.

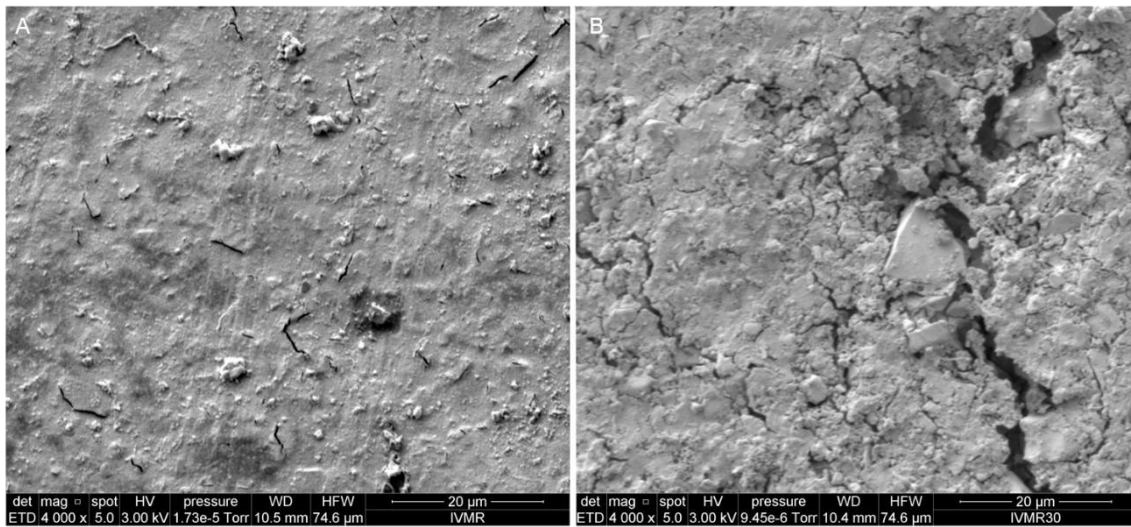


Figura N° 15. Micro gap del Cemento ionómero de Vidrio Modificado con Resina.

(A) Muestra Inicial; (B) Solubilidad a los 30 días.

VI. DISCUSIÓN

Los cementos a base de ionómero de vidrio son ampliamente utilizados en la práctica clínica de los odontólogos, ya que gracias a su estructura y composición generan muchas ventajas, además de su fácil manejo y adquisición. Este cemento ha sufrido cambios a lo largo de los años, evolucionando para obtener mejores propiedades y resultados, es así como ahora tenemos el cemento ionómero de vidrio modificado con resina; sin embargo el éxito de un tratamiento depende, en gran parte, de las propiedades de los materiales que empleamos.

Estos materiales, una vez expuestos al medio oral, van a sufrir un proceso de sorción y solubilidad en mayor o menor cantidad, que conlleva a una degradación de los mismos, que afecta a la calidad y longevidad de nuestros tratamiento.

En la presente investigación se evaluó las propiedades de sorción y solubilidad del cemento ionómero de vidrio convencional y del cemento ionómero de vidrio modificado con resina, siguiendo la metodología especificada por la ISO 4049. Muchos autores han confirmado la importancia de estudiar estas propiedades en estos materiales (Cattani *et al.*⁴, Beriat *et al.*⁹, Hajmiragha *et al.*¹⁰, Keyf *et al.*¹¹). Ya que es de vital importancia, pues alteran la estructura de los materiales, afectando las propiedades mecánicas, ópticas y biocompatibilidad, calidad y por ende el tiempo de sobrevivencia de nuestros tratamientos. (Cattani *et al.*¹, Vaca *et al.*⁶, Keyf *et al.*¹¹)

Los resultados de la presente investigación, ponen en manifiestos las diferencias entre estos dos materiales para la sorción y solubilidad. Los trabajos de investigación publicados que evalúen la sorción y solubilidad son muchos, sin embargo, tratar de comparar nuestros resultados con los estudios existentes no es tarea fácil, debido a las diferencias en los materiales evaluados y la metodología utilizada.

Los resultados de esta investigación, muestran que para el proceso de sorción del cemento ionómero de vidrio modificado con resina obtuvo los más altos valores, y aún más en los primeros 7 días ($\bar{x} = 177,7579 \pm 24,6466$), concordando con las investigaciones de Cattani *et al.*⁴, quien sostiene que son en las primeras 24 horas donde este cemento absorbe la mayor cantidad de agua, debido a una fácil difusión del agua a través de su matriz resinosa. Knobloch *et al.*⁵, también encontró una cantidad de sorción alta en los primeros 7 días para este cemento, observando también una expansión higroscópica de este material. Vaca *et al.*⁶ sostiene que la sorción acontece fundamentalmente en la matriz resinosa, por esto que son las primeras horas donde este material capta la mayor cantidad de agua. Contrario a esto, Pincelli *et al.*¹⁵, encontró que el cemento ionómero de vidrio convencional es quién obtiene la mayor cantidad de agua luego de 7 días.

Cattani *et al.*⁴, sostiene que los ionómeros de vidrio convencionales son materiales complejos constituidos por Ca y Al en una matriz poliacrítica con partículas de vidrio embebidas en la matriz, mientras que el ionómero de vidrio modificado con resina está constituido por aluminio-fluoruro-silicato de vidrio y una matriz de ácido poliacrílico, que además tiene partículas de HEMA, lo que aumenta sus propiedades; gracias a esta composición es que el cemento ionómero de vidrio modificado con resina contiene grupos OH hidrofílicos los cuales absorben una mayor cantidad de agua, es por esto que en esta investigación este cemento continuó presentando valores más altos que el cemento ionómero de vidrio convencional para los 15 y 30 días.

Sin embargo, si bien el cemento ionómero de vidrio convencional no obtuvo los valores más altos de sorción, este cemento obtuvo su valor más alto a los 7 días ($\bar{x} = 131,8506 \pm 10,2396$).

Bashir *et al.*⁷, investigó la sorción en estos materiales por 3 meses, encontrando que luego de 3 meses no existía diferencias estadísticamente significativas.

Existe una íntima relación entre la sorción y la solubilidad, pues el agua absorbida al reaccionar con las partículas del material, produce una separación, contribuyendo a su liberación. La solubilidad es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad de los materiales; además los agentes cementantes requieren un mayor periodo de tiempo para completar su reacción y poder establecerse, por lo que son más susceptibles en sus primeras horas.

Ribeiro *et al.*⁸, indica que la reacción ácido-base de los ionómeros, produce que las partículas vítreas sean atacadas por el ácido, y así liberar los iones de Ca y Al, seguidos de ligaciones iónicas y precipitación de sales, formándose una estructura de partículas de vidrio circundada por una sal en forma de gel. Esta reacción puede ser dividida en dos fases, la primera donde se produce la disolución del policarboxilato de Ca, que se extiende por 60 minutos después de la manipulación, es el periodo más crítico ya que el material es más susceptible a la contaminación del ambiente; y una segunda fase donde se forman cadenas de policarboxilato de Al, más resistentes y menos solubles, este periodo puede extenderse desde las 24 horas hasta los 6 meses. Así también, Gemalmaz *et al.*², informa que luego de la manipulación del cemento ionómero de vidrio convencional, es a los 3-6 minutos donde ocurre una mayor solubilidad, disminuyendo a los 9 minutos.

Es por ello que el cemento ionómero de vidrio convencional si bien mostro menores valores de sorción, muy por el contrario mostró los valores más altos de solubilidad, llegando a su pico más alto a los 30 días ($\bar{x} = 36,4286 \pm 14,5941$). Esto también es indicado por Bashir *et al.*⁷, quién concluyo que al ponerse en contacto el ionómero de vidrio con el agua, se librea iones de Ca y Al de la matriz, y a su vez iones de Na y aniones los cuales pasan a formar agua salada soluble, lo que produce una mayor liberación de material, es decir mayor solubilidad, sin embargo también sostiene que el pH juega un rol muy importante, ya que un pH ácido genera mayor solubilidad, lo mismo que sostiene Hajmiragha *et al.*¹⁰

En contraposición, si bien el cemento ionómero de vidrio modificado con resina muestra los valores más altos de sorción, en cuanto a solubilidad muestra valores muy bajos a los 7 y 15 días, siendo su pico más alto a los 15 días ($\bar{x} = 9,5492 \pm 3,5717$), sin embargo luego de 30 días este material no mostró signo de solubilidad sino más bien ganancia de masa ($\bar{x} = -4,5270 \pm 2,3816$).

Ribeiro *et al.*⁸, explica que esto se debe gracias a las partículas de HEMA agregadas en la composición de cemento, ya que sus moléculas hidrofílicas se comportan como un hidrogel sintético, capaces de absorber grandes cantidades de agua y retenerlas en su estructura, eso concuerda con lo hallado en esta investigación, ya que es a los 30 días que el cemento ionómero de vidrio modificado con resina tiene el menor valor de sorción, esto quiere decir que las partículas llegan a saturarse y comienza el proceso de retención de líquido. Y esto concuerda con Beriat *et al.*⁹, quién encontró que la cantidad de resina afecta la cantidad de solubilidad, ya que cuando comparo diversos cementos a base de resina, los que tenían mayor cantidad de resina obtuvieron los valores más bajos de solubilidad, concordando con lo estudiado por Knobloch *et al.*⁵ y Vaca *et al.*⁶

Opuesto a esto Geetha *et al.*¹², y Pincelli *et al.*¹⁵, en sus investigaciones encontraron que es el cemento ionómero de vidrio modificado con resina quién obtuvo mayor solubilidad con respecto al ionómero convencional. También, Quackenbush *et al.*³, en su investigación concluye que la solubilidad disminuye proporcional al incremento del polvo de aluminosilicato, y es en el cemento ionómero de vidrio convencional donde se encuentra en mayor proporción, coincidiendo con lo citado por Geetha y Pincelli.

Y es Gemalmaz *et al.*¹⁴, quien en su investigación de 18 meses en el cemento ionómero de vidrio modificado con resina, quién encuentra que luego de 6, 12 y 18 meses no hay diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de material de este cemento.

En cuanto a los resultados de microscopía electrónica de barrido Keyf *et al.*¹¹, determinó que la superficie del ionómero de vidrio convencional luego de ser inmerso en agua y ser sometido a estas prueba, presentó cambios en su superficie, como mayor porosidad, fisuras y una superficie rugosa. Lo mismo que se encontró en esta investigación.

Adicionalmente los microfotografías evidencian una clara diferencia entre ambos cementos, por un lado el cemento ionómero de vidrio convencional inicialmente presentaba una superficie parcialmente lisa, con pequeños micro gaps y fisuras leves, sin embargo luego de 30 días y haber pasado el proceso de solubilidad, la superficie es otra, presentado mayores rugosidades, gaps más grandes y profundos, así como fisuras extensas con múltiples ramificaciones. (Figuras N° 10, 12 y 14)

Por otro lado, las microfotografías del cemento ionómero de vidrio modificado con resina iniciales, nos muestran una superficie mucho más lisa que el otro cemento, casi no presenta micro gaps y las fisuras son muy leves y no profundas; y luego de 30 días inmersos en agua y haber pasado la prueba de solubilidad, las microfotografías muestran una superficie rugosa, con pequeños montículos de material, las fisuras solo llegaron a profundizarse, y dentro de los micro gaps se encontró residuos del mismo material, teniendo así una clara evidencia que luego de 30 días este cemento presento una expansión higroscópica. (Figuras N° 11,13 y 15)

VII. CONCLUSIONES

- Se estableció que bajo las normas de la ISO 4049 es el cemento ionómero de vidrio modificado con resina el cual obtuvo los valores más altos de sorción en los 3 tiempos determinados (7,15 y 30 días).
- Se estableció que bajo las normas de la ISO 4049 es el cemento ionómero de vidrio convencional, el cual obtuvo los valores más altos de solubilidad en los 3 tiempos determinados (7,15 y 30 días).
- Se evidenció que es a los 7 días, en que ambos cementos obtuvieron sus valores máximos de sorción.
- Se evidenció que luego de 30 días, el cemento ionómero de vidrio modificado con resina, empezó a retener líquido en su estructura, obteniendo ganancia de masa.
- Se pudo observar que luego de 30 días inmersos en agua, estos cementos presentan cambios significativos en sus superficies.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda siempre seguir las indicaciones del fabricante para la manipulación de los materiales.
- Se recomienda realizar este estudio simulando las condiciones de la cavidad oral.
- Se recomienda evaluar estas propiedades en cortos períodos, para poder identificar los momentos críticos de estos materiales.
- Se recomienda también evaluar estas propiedades con la misma metodología en otros materiales cementantes.
- Se recomienda realizar estudios con la misma metodología, y con una gama mayor de materiales *in vivo*.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. M. A. Cattani-Lorente, V. Dupuis, F. Moya, J. Payan, J-M. Meyer. Comparative study of the physical properties of a polyacid-modified composite resin and a resin-modified glass ionomer cement. *Academy of Dental Materials*. 1998; Vol. 15:21-32p.
2. Deniz Gemalmaz, Binnaz Yoruc, Mutlu Ozcan, Hasan N. Alkumru. Effect of early water contact on solubility of glass ionomer luting cements. *Journal of Prosthet Dent*. 1998; Vol. 80:474-478p.
3. Brett M. Quackenbush, Kevin J. Donly, Theodore P. Croll. Solubility of resin modified glass ionomer cement. *Journal of Dentistry for Children*, 1998 Set-Oct. Vol. 65(5):310-312p.
4. M. A. Cattani-Lorente, V. Dupuis, F. Moya, J. Payan, J-M. Meyer. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Academy of Dental Materials*. 1999; Vol. 15:71-78p.
5. L. A. Knobloch, R. E. Kerby, K. McMillen, N. Clelland. Solubility and sorption of resin-based luting cements. *Academy of Operative Dentistry*. 2000 Setiembre- Octubre. Vol. 25(5):434-440p.
6. Vaca M. J., Ceballos L., Fuentes M. Y., Osorio R., Toledano M., García-Godoy F. Sorción y solubilidad de materiales formulados con resina. *Avances en Odontoestomatología*. 2003; Vol. 19(6):283-289p.
7. Bashir M. Saad, Toros Alcan. In vivo disintegration of luting cements. *OHDMBSC*. 2005 Setiembre. Vol. 4(3):34-44p.
8. José Carlos Rabelo Ribeiro; Ueide Fernando Fontana; Marcos Ribeiro Moyses; Andréa Candido dos Reis; Sérgio Candido Dias; João Gustavo Rabelo Ribeiro. Evaluación de la solubilidad y desintegración de cementos de ionómero de vidrio modificados con resina y compómeros en función de protección superficial. *Revista de Odontología da UNESP*. 2006; Vol. 35(4):247-252p.

9. Beriat, Nilufer, Tulunoglu Ibrahim. Evaluation of the Solubility of resin-modified glass ionomer cements. *Rev. Fac. Odontología Univ. Hacettepe*. 2007; Vol. 30(3):3-7p.
10. H. Hajmiragha, S. Nokar, M. Alikhasi, S. Nikzad, H. Dorriz. Solubility of three luting cements in dynamic artificial saliva. *Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences*. 2008; Vol. 5(3):95-98p.
11. Filiz Keyf, S. Hakan Tuna, Murat Sen, Agnes Safrany. Water sorption and solubility of different luting and restorative dental cements. *Turk J. Med Sci*. 2007; Vol. 37(1):47-55p.
12. Patil k Geetha, Manasali Bheema Setty, Biradar Baswaraj. Comparison of the solubility of luting cements immersed in artificial saliva- An Invitro Study. *Indian Journal of Dental Sciences*. 2011 Diciembre; Vol. 3:38-41p.
13. Graciano Ariane Ximenes, Terada Raquel Sano Suga, Terada Hélio Hissachi. Evaluation of solubility of glass ionomer cement used for orthodontic band cementation. *Ortodontia*. 2011 Julio-Agosto; Vol. 44(4):315-319p.
14. Deniz Gemalmaz, Cornelis H. Pameijer, Mark Latta, Ferah Kuybulu, and Toros Alcan. In Vivo Disintegration of Four Different Luting Agents. *International Journal of Dentistry*. 2012; Vol. 2012:1-6p.
15. Larissa Pincelli Chaves, Fabiana Mezzaroba Ortenzi Graciano, Odair Bim Júnior, Ana Paula Ribeiro do Vale Pedreira, Adriana Pigozzo Manso, Linda Wang. Water interaction with dental luting cements by means of sorption and solubility. *Braz. Dent. Sci*. 2012 Octubre-Diciembre; Vol. 15(4):29-35p.
16. Espinosa R., Valencia R., Ceja I., Teyechea F. Disolución de agentes dentales de cementación: Estudio in vitro. *Rodyb*. 2013 Enero-Abril; Vol. 2(1):1-10p.
17. Schwarzenbach, R.P., P.M. Gschwend and D.M. Imboden. *Environmental Organic Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 1993.

18. Farid Bernardo Cortés Correa. Adsorción de agua en materiales compuestos y en zeolita [Tesis de Doctorado]. [Medellín]: Universidad Nacional de Colombia; 2009. 9-18p.
19. Macchi Ricardo Luis. Materiales Dentales. 4ta Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2007. Vol. 13(38):36-37p.
20. Richard Dockree. Measurement of water sorption isotherms of materials using combined real-time humidity and microwave resonance measurement. Rev. of National Physical Laboratory.2011; Vol 10:1-10p.
21. Riaño C. Néstor. Fundamentos de química analítica básica. Análisis cuantitativo. Manizales: Editorial Universidad de Caldas; 2007. 26-31p.
22. Bona AD, Pinzetta C, Rosa V. Microfiltración de restauraciones sándwich ionómero de vidrio grabadas con ácido. Journal Mínima Intervención en Odontología. 2009; Vol. 2(1):207-214p.
23. Cabrera Villalobos Yanelys, Álvarez Llanes Marina, Gómez Mariño Mercedes, Casanova Rivero Yanett. En busca del cemento adhesivo ideal: los ionómeros de vidrio. AMC [revista en la Internet]. 2010 Feb [citado 2015 Enero 06]; 14(1): Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552010000100016&lng=es.
24. Oyuqui López Castillo. Clasificación de los cementos de ionómero de vidrio y otras alternativas de su uso. [Tesis de bachiller]. [Veracruz]: Universidad Veracruzana; 2001. 60p.
25. Upadhyay S., Rao A., Shenoy R. Comparison of the Amount of Fluoride Release from Nanofilled Resin Modified Glass Ionomer, Conventional and Resin Modified Glass Ionomer Cements. Journal of Dentistry (Tehran, Iran). 2013; Vol. 10(2):134-140p.
26. Lad P. P., Kamath M., Tarale K., Kusugal P. B. Practical clinical considerations of luting cements: A review. Journal of International Oral Health : JIOH. 2014; Vol. 6(1):116-120p.

27. Konde S, Raj S, Jaiswal D. Clinical evaluation of a new art material: Nanoparticulated resin-modified glass ionomer cement. *Journal Int. Soc. Prev. Community Dent.* 2012 Julio-Diciembre; Vol. 2(2):42–47p.
28. Maryam Khorouchi, Fateme Keshani. A review of glass ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent. Res. J. (Isfahan).* 2013 Julio-Agosto; Vol. 10(4):411–420p.
29. Victor Lahoud Salem. Cementos a base de Vidrio Ionomérico. *Odontol. San Marquina.* 1998; Vol. 1(1):47-49p.
30. Roberto Pachas M., Neila Sofía Villa, Johan Escolano, Alirio Pérez, Néstor Díaz. *Acta Odontológica Venezolana.* 2011; Vol 49(2):1-8p.
31. Gil P. M. de los A., Sáenz Guzmán Mabel. Compómero: ¿Vidrio ionomérico modificado con resina o resina modificada con Vidrio ionomérico? revisión de la literatura. *Acta odontol. venez [revista en la Internet].* 2001 Ene [citado 2015 Enero 06]; 39(1):57-60p. Disponible en:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652001000100010&lng=es.
32. Carlos Carrillo Sánchez. Actualización sobre los cementos de ionómero de vidrio, 30 años (1969-1999). *Rev. ADM.* 2000 Marzo-Abril; Vol. 57(2):65-71p.
33. Berrios Quina EJ., Porto Neto ST. Respuesta pulpar frente a diferentes agentes cementantes. *Rev. Estomatol. Herediana.* 2004, Vol. 14(1-2):84-88p.
34. Nocchi Conceição, Ewerton. *Odontología Restauradora: Salud y Estética.* 2da Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2008.187-202p.
35. Barrancos, Mooney Julio. *Operatoria dental: integración clínica.* 4ta Edición. Patricio Barrancos. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2006. 755-770p.
36. J. W. Nicholson. *The Chemistry of Medical and Dental Materials.* Londres: The Royal Society of Chemistry; 2002. 148-185p.

37. Harry F. Albers. Tooth-Colored Restoratives. 9na Edición. Canadá: Editorial BC Decker; 2002. 43-80p.
38. Gottfried Schmalz y Dorthe Arenholt-Bindslev. Biocompatibility of Dental Materials. Alemania: Editorial Springer; 2009. 149-159p.
39. Graham J. Mount. An Atlas of Glass-Ionomer Cements: A clinician's guide. 3ra Edición. Editorial Martin Dunitz; 2001. 1-17p.
40. Macchi Ricardo Luis. Materiales Dentales. 4ta Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2007. Vol. 13(38):139-156p.
41. Kenneth W. Aschheim. Esthetic dentistry: A clinical Approach to techniques and materials. 3ra Edición. St. Louis, Missouri: Editorial Elsevier Mosby; 2015. 55-280p.
42. Geissberg, Marc. Esthetic dentistry in clinical private. 1ra Edición. Iowa, EEUU: Editorial Wiley-Blackwell; 2010. 267-287p.
43. International Standard ISO 4049: Dentistry-Polymer-based restorative materials. Fourth Edition; 2009 (E).

X. ANEXOS

ANEXO N° 1. Ficha de recolección de datos de Sorción para un subgrupo

Tipo de Ionómero	N° Muestra	Masa 2 (µg)	Masa 3 (µg)	VALOR DE SORCIÓN $W_{sl} = (m_2 - m_3)/v$
<input type="checkbox"/> IVC <input type="checkbox"/> IVMR	1			
	2			
	3			
Subgrupo	4			
<input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 30	5			
	6			
	7			
	8			

ANEXO N° 2. Ficha de recolección de datos de Solubilidad para un subgrupo

Tipo de Ionómero	N° Muestra	Masa 1 (µg)	Masa 3 (µg)	VALOR DE SOLUBILIDAD $W_{sl} = (m_1 - m_3)/v$
<input type="checkbox"/> IVC <input type="checkbox"/> IVMR	1			
	2			
	3			
Subgrupo	4			
<input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 30	5			
	6			
	7			
	8			