



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.588>

**Recibido:** 2025-12-05

**Aceptado:** 2025-12-17

**Publicado:** 2026-01-06

**Sorción y resistencia a la disolución ácida de ionómeros de vidrio modificados con resina: Equia Forte y Fuji Triage. Estudio in vitro**

**Sorption and resistance to acid dissolution of resin-modified glass ionomers: Equia Forte and Fuji Triage. In vitro study**

**Autores**

**Gabriela Salome Recalde Mejía<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0009-0009-6498-7469>

[gabirecalde79@gmail.com](mailto:gabirecalde79@gmail.com)

**Universidad Central del Ecuador**

Quito-Ecuador

**Flor Corina Vaca Palacios<sup>2</sup>**

<https://orcid.org/0009-0002-6997-3858>

[florvaca970@gmail.com](mailto:florvaca970@gmail.com)

**Universidad Central del Ecuador**

Quito-Ecuador

**Cómo citar**

Recalde Mejía, G. S., & Vaca Palacios, F. C. (2026). Sorción y resistencia a la disolución ácida de ionómeros de vidrio modificados con resina: Equia Forte y Fuji Triage. Estudio in vitro. *ASCE MAGAZINE*, 5(1), 131–150.



## Resumen

El estudio evaluó la resistencia a la sorción y disolución ácida de dos ionómeros de vidrio modificados con resina (RMGIC) debido a su relevancia en la durabilidad de las restauraciones dentales ante ambientes húmedos y ácidos. La investigación buscó comparar el comportamiento de los RMGIC Equia Forte y Fuji Triage mediante un modelo experimental in vitro. El diseño incluyó la elaboración de 20 discos de cada material con dimensiones estandarizadas, sometidos a inmersión en agua destilada (24 h) y luego en ácido cítrico al 3% (24 h), midiendo el peso inicial, post-sorción y post-disolución con balanza analítica. El análisis estadístico utilizó pruebas de normalidad Shapiro-Wilk, Mann-Whitney y Kruskal-Wallis con nivel de significancia de 0.05. Los resultados mostraron que ambos materiales presentaron un aumento de peso por sorción estadísticamente no significativo. Sin embargo, Equia Forte demostró mayor resistencia a la disolución ácida ( $p=0.0006$ ), mientras que Fuji Triage experimentó mayor degradación ( $p=0.004$ ). Se concluyó que, aunque ambos RMGIC absorben humedad, Equia Forte presenta mejor desempeño frente a medios ácidos, lo que sugiere una mayor durabilidad clínica en entornos orales con alta actividad cariogénica o exposición frecuente a bebidas ácidas.

**Palabras clave:** Biomateriales Dentales, Ionómero De Vidrio, Sorción, Disolución Ácida, Odontología Restauradora, Materiales Dentales, Investigación In Vitro.



## Abstract

The study evaluated the resistance to sorption and acid dissolution of two resin-modified glass ionomers (RMGICs) due to their relevance in the durability of dental restorations in humid and acidic environments. The research sought to compare the behavior of the RMGICs Equia Forte and Fuji Triage using an experimental in vitro model. The design included the elaboration of 20 discs of each material with standardized dimensions, subjected to immersion in distilled water (24 h) and then in 3% citric acid (24 h), measuring the initial weight, post-sorption and post-dissolution with an analytical balance. The statistical analysis used Shapiro-Wilk, Mann-Whitney and Kruskal-Wallis normality tests with a significance level of 0.05. The results showed that both materials presented a statistically non-significant sorption weight gain. However, Equia Forte demonstrated greater resistance to acid dissolution ( $p=0.0006$ ), while Fuji Triage experienced greater degradation ( $p=0.004$ ). It was concluded that, although both RMGICs absorb moisture, Equia Forte performs better against acidic media, suggesting greater clinical durability in oral environments with high cariogenic activity or frequent exposure to acidic beverages.

**Keywords:** Dental Biomaterials, Glass Ionomer, Sorption, Acid Solution, Restorative Dentistry, Dental Materials, In Vitro Research.



## Introducción

La evolución en el campo de la odontología restauradora ha dado lugar al desarrollo de una amplia gama de biomateriales dentales destinados a mejorar la durabilidad y funcionalidad de las restauraciones dentales (Singer et al., 2023). Entre estos, los biomateriales dentales restauradores juegan un papel crucial en la reparación de dientes dañados o perdidos, ofreciendo soluciones que buscan imitar la estructura y función de los tejidos dentales naturales. No obstante, a pesar de los avances significativos, la eficacia y longevidad de estos biomateriales están sujetas a diversos factores, entre los que destacan su capacidad de sorción y su resistencia a la disolución ácida.

De hecho, la sorción de líquidos por parte de los biomateriales dentales es un fenómeno crítico que puede influir en su comportamiento clínico, afectando tanto la integridad estructural como la adhesión al tejido dental (Aydın et al., 2020). La capacidad de un biomaterial para absorber líquidos puede alterar sus propiedades mecánicas y su durabilidad en la cavidad oral, donde los cambios de temperatura y la exposición a diferentes sustancias son frecuentes. Además, la resistencia a la disolución ácida es fundamental, dado que el ambiente bucal está sometido a ataques ácidos provenientes de alimentos y bebidas, así como de productos metabólicos bacterianos (Hurtado et al., 2024).

En este contexto, la búsqueda de un biomaterial idóneo para el reemplazo del tejido dental y la alta demanda de materiales dentales con adecuadas propiedades adhesivas, mecánicas y preventivas de caries ha llevado al desarrollo de cementos de ionómero de vidrio (GIC), como biomateriales con características distintivas con respecto a otros materiales restauradores. Principalmente caracterizados por su capacidad cariostática y antibacteriana debido a la liberación de fluoruros (Young & Kang, 2020).

En el transcurso del tiempo han registrado varias adaptaciones en su formulación, provocando cambios en sus propiedades físico-químicas. Sin embargo, investigaciones han reportado diversas limitaciones de los GIC como: fragilidad, microfiltración, baja resistencia al desgaste, pigmentación y especialmente capacidad de absorber y perder agua (Cosio et al., 2020).

Cabe señalar que la introducción de los ionómeros de vidrio modificados con resina (RMGIC), representó una mejora en el tiempo de trabajo, propiedades mecánicas y aceptable estética (Saleh et al., 2024). La mayor desventaja es la naturaleza hidrofílica por la presencia del metacrilato de polihidroxietilo (HEMA), que genera una mayor sorción de agua y por consiguiente expansión higroscópica. La sorción es la responsable de la afectación en las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los biomateriales dentales y en especial en los RMGIC (Xingyun et al., 2024). Asimismo, la presencia de ácidos intrínsecos o extrínsecos con un nivel de pH bajo, afectan negativamente las restauraciones dentales, causando erosión, microfiltración, pérdida del sellado marginal y de las propiedades físicas y químicas de los RMGIC (Nica et al., 2022). Además de la lixiviación de los principales componentes formadores de la matriz, causando recidiva en la caries dental.

Por estas razones, los datos en la presente investigación permitirán conocer los porcentajes de peso por sorción y peso por la acción del ácido cítrico al 3% de dos tipos de RMGIC. La presente investigación significa un aporte para la comunidad odontológica proporcionando el porcentaje de peso por sorción y peso por acción del ácido cítrico al 3% de dos tipos de RMGIC (Equia Forte y Fuji Triage). Permitiendo mantener los resultados presentes durante la elección del tipo de ionómero de vidrio de foto curado en la realización de restauraciones dentales. Beneficiando a los pacientes al proporcionar un RMGIC idóneo que presente una mayor resistencia a la sorción y disolución ácida. Evitando la degradación del biomaterial, pérdida de la integridad, microfiltración y en consecuencia la recidiva de caries dental.

Es importante considerar que la elección de un RMGIC adecuado para la realización de una restauración dental, genera controversia por: las condiciones propias de humedad en boca, el frecuente consumo de bebidas ácidas, los antecedentes de reflujo gastroesofágico y trastornos alimentarios actualmente registrados (Wanderley et al., 2018). Por esta razón, la presente investigación aportará datos del tipo de RMGIC con menor ganancia de peso por sorción y mayor resistencia a la disolución ácida, como aspecto a considerar durante la elección de este en la práctica odontológica. Además, la presente investigación aportará el porcentaje de peso ganado por sorción y pérdida de peso por acción del ácido cítrico 3% de

dos tipos de RMGIC (Equia Forte y Fuji Triage), aportando una serie de resultados como referencia para futuras investigaciones.

Para comprender mejor el fundamento de este estudio, es necesario revisar el marco teórico. Los GIC son biomateriales dentales de restauración y fijación. Introducidos en “1972 por Wilson y Kent como biomateriales de obturación dental translúcidos”. Basados en la utilización de vidrio de silicato en forma de polvo y ácido poliacrílico en forma de líquido. Considerados materiales dentales biomiméticos por su similitud a la estructura dental en cuestiones de expansión térmica. Usados comúnmente como: biomateriales de restauración, revestimientos de cavidades y sellado de fosas y fisuras. Adheridos mediante adhesión química al tejido dental con liberación prolongada de fluoruro (Ver Figura 1) (Singer et al., 2023).

Sin embargo, aunque los GIC presentan varias características interesantes, las desventajas significativas incluyen una deficiente estabilidad hidrolítica, baja resistencia a la flexión, durabilidad limitada, baja resistencia exotérmica, sensibilidad a la humedad, requerimiento inmediato de protección con barniz posterior a su colocación y tenacidad a la fractura deficiente (Ghilotti et al., 2023). Las limitaciones clínicas que presentan son: fraguado prolongado, textura rugosa y deshidratación que reducen las propiedades mecánicas de la restauración dental. Es por esta razón que se ha implementado el uso de RMGIC para mejorar la resistencia mecánica, mejorar las propiedades físicas y reducir la liberación de fluoruros (Saleh et al., 2024).

En cuanto a los RMGIC, son GIC con capacidad de fotopolimerizar, debido a la adición de una resina fotosensible (Ghilotti et al., 2023). La modificación consiste en metacrilato de 2-hidroxi-etilo (HEMA) y foto iniciador como elementos aditivos que permiten la polimerización por radicales libres. Los RMGIC se conforman por un 80% vidrio ionomérico y 20% resina de fotocurado. La reacción de polimerización es ácido-básica entre el ácido poliacrílico y el ion filtrable del polvo, seguida de la reacción de polimerización fotoquímica. La característica fundamental es el BIS-GMA o

hidroxietilmetacrilato (HEMA), como elemento aditivo en su composición (Nica et al., 2022).

Sobre los fenómenos estudiados, Aydin et al. (2020) mencionan a la sorción como adherencia de sustancias que provoca que los biomateriales restauradores se vean afectados en sus propiedades: físicas, mecánicas y químicas. Es considerada un factor determinante en el fracaso clínico de los biomateriales dentales de restauración que no pueden mantenerse bajo control de manera completa. Principalmente se ha evidenciado una alta hipersensibilidad de sorción en GIC convencionales y RMGIC. Por otro lado, Nica et al. (2022) en su estudio argumentaron que los ácidos intrínsecos o extrínsecos afectan negativamente las restauraciones dentales elaboradas a partir de cementos de ionómero de vidrio. Debido al bajo nivel de pH generando erosión, pérdida del sellado marginal, filtración, pérdida de sus propiedades fisicoquímicas y caries recidivante.

Con base en lo anterior, el objetivo general de esta investigación es comparar la resistencia de sorción y disolución ácida del ionómero de vidrio modificado con resina: Equia Forte y Fuji Triage. Los objetivos específicos son: Conocer el peso del ionómero de vidrio modificado con resina Fuji Triage antes y después de la sumersión en agua destilada; conocer el peso del ionómero de vidrio modificado con resina Equia Forte antes y después de la sumersión en agua destilada; conocer el peso del ionómero de vidrio modificado con resina Fuji Triage antes y después de la sumersión en ácido cítrico al 3%; conocer el peso del ionómero de vidrio modificado con resina Equia forte antes y después de la sumersión en ácido cítrico al 3%; y comparar los valores del peso del ionómero de vidrio modificado con resina de las marcas Equia Forte y Fuji triage antes y después de la sorción y disolución ácida.

Finalmente, la hipótesis de investigación plantea que existe una alta resistencia en la sorción y disolución ácida del ionómero de vidrio modificado con resina Equia Forte en relación con el ionómero de vidrio modificado con resina Fuji Triage. Por el contrario, la hipótesis nula establece que no existen diferencias estadísticamente significativas en la resistencia de



sorción y disolución ácida entre los ionómeros de vidrio modificados con resina: Equia Forte y Fuji Triage.

## **Material y Métodos**

### **Diseño del estudio**

El presente estudio tuvo un diseño experimental in vitro de enfoque cuantitativo. La investigación se basó en la necesidad de evidenciar el fenómeno de sorción y disolución ácida del ionómero de vidrio modificado con resina (RMGIC) de las marcas Equia Forte y Fuji Triage.

### **Población y muestra**

La muestra se conformó por un muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta consistió en 20 discos de RMGIC Equia forte y 20 discos de RMGIC Fuji Triage, ambos con  $10,0 \pm 0,1$  mm de diámetro y  $1,5 \pm 0,1$  de profundidad.

### **Criterios de selección**

Las muestras cumplieron con criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión fueron: muestras de RMGIC elaboradas a partir de Equia Forte en cápsulas; muestras de RMGIC elaboradas a partir de Fuji Triage en cápsulas; muestras homogéneas de ionómero en aspecto de forma y peso inicial; y muestras con  $10,0 \pm 0,1$  mm de diámetro y  $1,5 \pm 0,1$  mm de profundidad. Los criterios de exclusión fueron: muestras de RMGIC con defectos de forma; muestras de RMGIC con peso distinto; y muestras de RMGIC con burbujas.

### **Operacionalización de variables**

Las variables de estudio fueron:

**Tabla 1***Operacionalización de variables de estudio*

Variable	Definición	Tipo	Clasificación	Indicador	Escala
Sorción	Proceso físico-químico en el que una sustancia se adhiere a otra (Aydın et al., 2020).	Dependiente	Cualitativa nominal	Peso inicial	Gramos
				Peso por sorción de humedad	Gramos
Resistencia a la disolución ácida	Capacidad intrínseca del biomaterial para resistir la disolución o separación de micro fragmentos frente a medios ácidos (Cosio et al., 2020).	Dependiente	Cualitativa nominal	Peso inicial	Gramos
				Peso resultante de la acción del ácido cítrico al 3%	Gramos
Ionómero de vidrio de fotocurado (RMGIC)	Biomaterial a base de silicato de vidrio en polvo y ácido poliacrílico líquido, modificado con partículas de resina (Branco et al., 2020).	Independiente	Cualitativa nominal	Equia Forte	Gramos
				Fuji Triage	Gramos

## Materiales y equipos

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- RMGIC marca Equia Forte cápsulas;
- RMGIC marca Fuji Triage cápsulas;
- Aplicador de cápsulas (capsule applicator), como medio dispensador de los biomateriales empleados;
- Discos metálicos con medidas de  $10,0 \pm 0,1$  mm de diámetro y  $1,5 \pm 0,1$  mm de profundidad, empleados como moldes para la elaboración de la muestra;
- Lámpara de fotocurado: “WOODPECKER Led B” con potencia de luz halógena de  $1000 \text{ Mw/cm}^2$ ;
- Agua destilada en presentación líquida, medio empleado para la prueba de sorción por Humedad.

- Ácido cítrico al 3% en presentación líquida, medio empleado para la prueba de resistencia a la disolución ácida;
- Tubos de ensayo, empleados como medios de contenedor para la inmersión de las muestras con sus respectivas soluciones;
- Pipeta 10ml
- Lija de agua 1200mg
- Horno calefactor configurado a una temperatura constante;
- Balanza de precisión como instrumento de medición del peso de las muestras expresado en microgramos;
- Ordenador portátil para el registro de datos y análisis estadístico.

### **Estandarización**

Se realizó una estandarización de los procedimientos para garantizar la confiabilidad de los datos. Los biomateriales utilizados fueron RMGIC en presentación cápsulas con dosificaciones exactas. La manipulación se efectuó según las instrucciones del fabricante. Se empleó un amalgamador previamente calibrado (4.000RPM) para activar cada biomaterial durante 10 segundos. La lámpara de fotocurado se utilizó según las normas del fabricante. El horno calefactor se configuró a una temperatura constante para simular las condiciones bucales. La balanza de precisión expresó los pesos en microgramos, valores que se transformaron posteriormente en gramos. La investigación contó con la tutoría de un especialista en el área de Rehabilitación Oral, quien capacitó en el manejo de los biomateriales y las pruebas, reduciendo la probabilidad de generación de sesgos.

### **Procedimiento experimental**

El procedimiento de recolección de datos se realizó en el laboratorio de biomateriales de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador. Inicialmente, siguiendo las indicaciones del fabricante, se diseñaron las 40 muestras. Se utilizó un amalgamador calibrado y un aplicador de cápsulas para dispensar el biomaterial sobre los discos metálicos que sirvieron como moldes.

Inmediatamente se inició el proceso de fotopolimerización por un periodo de 60 segundos. Las muestras se almacenaron durante 24 horas en un horno calefactor configurado a 37°C para simular las condiciones de temperatura y humedad presentes en boca y completar el proceso de polimerización. Posteriormente, se pulieron con lija de agua por 30 segundos de forma circular cada lado y se verificaron las medidas con un pie de rey.

El proceso de medición inició con el peso inicial de cada muestra de RMGIC con el uso de una balanza de precisión, obteniendo un valor expresado en microgramos (g) para su posterior registro en la matriz de recolección de datos. Después, se realizó la inmersión en agua destilada de cada una de las muestras por grupos (Equia forte y Fuji Triage) en su respectivo tubo de ensayo y su almacenamiento en el horno calefactor configurado a 37°C por 24 horas.

Transcurrido este tiempo, se secó cuidadosamente cada muestra con papel absorbente para una segunda medición con la balanza de precisión, obteniendo un peso por sorción expresado en mg. Tras registrar estos valores, se efectuó la inmersión de las muestras en ácido cítrico al 3% por grupos y su almacenamiento en el horno a 37°C por 24 horas.

Finalmente, se procedió a secar las muestras para una tercera medición, obteniendo un peso por disolución ácida expresado en mg.

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico, los datos obtenidos se registraron en una matriz de recolección de datos en Microsoft Excel 2016. Posteriormente, se exportaron al software estadístico “BioEstat 5.3”. El análisis incluyó estadística descriptiva. Se realizó una prueba de normalidad Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de la muestra, la cual indicó una distribución no paramétrica. Debido a esto, para el análisis inferencial y la comparación entre grupos se aplicó el test de Mann-Whitney y el test de Kruskal-Wallis. Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95% y una significancia de 0.05.

## Aspectos bioéticos

Los aspectos bioéticos se consideraron durante el desarrollo del estudio. El respeto por la persona y la comunidad se mantuvo, dado que la investigación fue de tipo experimental In Vitro en RMGIC sin la participación de seres humanos. No se aplicaron consideraciones sobre autonomía, confidencialidad o protección de población vulnerable por la misma razón. Los riesgos fueron mínimos y se minimizaron mediante una capacitación previa del personal en el manejo de biomateriales y equipos. Los investigadores declararon no presentar ningún tipo de conflicto de interés.

## Resultados

El presente estudio determinó el efecto de la sorción y disolución ácida después de sumergir en agua destilada y ácido cítrico al 3%, dos ionómeros de vidrio (EQUIA Forte® - GC, y Fuji TRIAGE® - GC). Para obtener los resultados las muestras se pesaron en una balanza analítica de precisión y se expresaron en gramos.

Los resultados de cada muestra (Tabla 2) se almacenaron en una tabla de Microsoft Excel conforme los grupos, se registraron los 3 tiempos de estudio: peso inicial, después del proceso de sorción y el peso final después del proceso descrito para la disolución ácida.

**Tabla 2**

*Resultados de las mediciones de peso (en gramos) para los RMGIC Equia Forte y Fuji Triage*

Muestra	Peso inicial (gr)	Peso por sorción (gr)	Peso por disolución ácida (gr)	Muestra	Peso inicial (gr)	Peso por sorción (gr)	Peso por disolución ácida (gr)		
RMGIC EQUIA Forte®	1	0.00025	0.00026	0.00021	RMGIC Fuji TRIAGE®	1	0.00026	0.00027	0.00023
	2	0.00026	0.00029	0.00021		2	0.00024	0.00026	0.00018
	3	0.00025	0.00027	0.00021		3	0.00027	0.00027	0.00023
	4	0.00025	0.00026	0.00021		4	0.00026	0.00027	0.00023
	5	0.00026	0.00027	0.00022		5	0.00026	0.00026	0.0002
	6	0.00026	0.00027	0.00022		6	0.00026	0.00028	0.00022
	7	0.00026	0.00027	0.0002		7	0.00025	0.00026	0.00021
	8	0.00027	0.00028	0.00022		8	0.00022	0.00023	0.00019
	9	0.00028	0.00029	0.00023		9	0.00024	0.00025	0.00018
	10	0.00026	0.00027	0.00022		10	0.00023	0.00023	0.00019

11	0.00027	0.00027	0.00023	11	0.00026	0.00027	0.00021
12	0.00028	0.00029	0.00024	12	0.00025	0.00027	0.0002
13	0.00025	0.00025	0.00021	13	0.00023	0.00023	0.00018
14	0.00025	0.00026	0.00021	14	0.00023	0.00023	0.00018
15	0.00026	0.00027	0.00022	15	0.00026	0.00027	0.00021
16	0.00026	0.00027	0.00024	16	0.00025	0.00027	0.0002
17	0.00025	0.00026	0.00023	17	0.00025	0.00026	0.00019
18	0.00027	0.00028	0.00022	18	0.00024	0.00025	0.00017
19	0.00027	0.00028	0.00022	19	0.00025	0.00026	0.0002
20	0.00027	0.00028	0.00022	20	0.00024	0.00025	0.0002

*Nota.* Datos brutos de la investigación.

Los datos se exportaron al software estadístico BioEstat® 5.3 (Brasil) para el análisis estadístico. En primer lugar, se realizó la estadística descriptiva (Tabla 3) con el propósito de determinar el tipo de test inferencial a aplicar. Todos los test se realizaron con un nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 3**

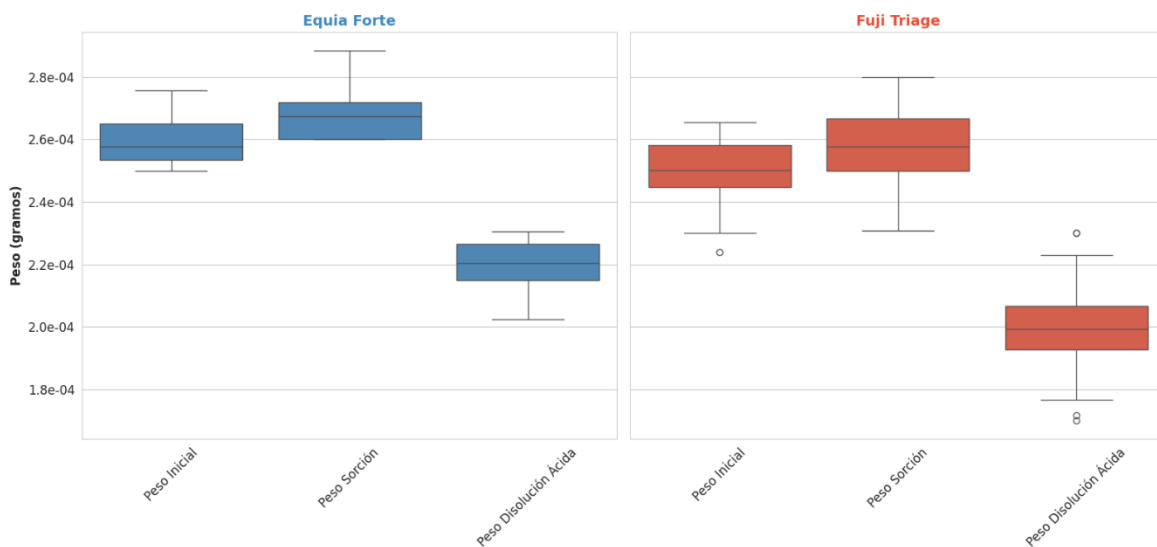
*Estadística Descriptiva RMGIC: Equia Forte (EF); Fuji Triage (FT); I: peso inicial; S: peso por sorción y DA: peso por disolución ácida.*

<b>Estadística</b>	<b>EF-I</b>	<b>EF-S</b>	<b>EF-DA</b>	<b>FT-I</b>	<b>FT-S</b>	<b>FT-DA</b>
n=	20	20	20	20	20	20
Mínimo	0.00025	0.00026	0.00020	0.00022	0.00023	0.00017
Máximo	0.00028	0.00029	0.00024	0.00027	0.00028	0.00023
Mediana	0.00026	0.00027	0.00022	0.00025	0.00026	0.00020
Varianza	0	0	0	0	0	0
Desvío Estándar	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00002

Para una mejor comprensión se realizó un gráfico estadístico a fin de observar los resultados de ambos grupos de estudio. Se observó que, en ambos RMGIC, el peso aumentó después de la sorción y disminuyó después de la disolución ácida (Gráfico 1).

**Gráfico 1**

*Estadística descriptiva de los pesos inicial, post-sorción y post-disolución ácida para Equia Forte y Fuji Triage.*



A continuación, para determinar si existió adherencia a la curva y homogeneidad de los resultados se estableció la normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk con un intervalo de confianza del 95%, siendo que las varianzas con  $p \geq 0.05$  se considerarían homogéneas.

**Tabla 4**

*Test de normalidad Shapiro-Wilk*

SHAPIRO-WILK	EF-I	EF-S	EF-DA	FT-I	FT-S	FT-DA
Media	0.00026	0.00027	0.00022	0.00025	0.00026	0.00020
W =	0.934	0.9344	0.9535	0.9058	0.8798	0.9379
p =	<b>0.2436</b>	<b>0.2481</b>	<b>0.4432</b>	<b>0.0525</b>	<b>0.0174</b>	<b>0.2835</b>

Se observó que los grupos presentaron valores superiores a  $p=0.05$ ; excepto en el grupo FT-S en que p fue de 0.0174 ( $< 0.05$ ), por lo tanto, se consideró no parametricidad (Tabla 4).

Mediante el test de normalidad se comprobó que los resultados presentaron una distribución no paramétrica, adicionalmente al comparar los grupos EF-DA con FT-DA se observó heterocedasticidad de las varianzas; por lo tanto, para el análisis estadístico inferencial de comparación entre grupos se utilizó el test de Mann-Whitney, con una significancia de 0.05.

**Tabla 5***Comparación entre grupos con el test de Mann-Whitney*

TEST MANN-WHITNEY	EF-I	FT-I	EF-S	FT-S	EF-DA	FT-DA
n=	20	20	20	20	20	20
Mediana=	0.00026	0.00025	0.00027	0.00026	0.00022	0.00020
p (unilateral) =	<b>0.004</b>		<b>0.0023</b>		<b>0.0006</b>	

Como se observa en la tabla 5, EF-I fue estadísticamente más pesado que FT-I ( $p=0.004$ ). El peso después de la sorción también fue superior de EF ( $p=0.0023$ ) así como después de la disolución ácida DA ( $p=0.0006$ ). Se demostró que los RMGIC del estudio si presentan fenómeno de sorción en comparación con el peso inicial. En conclusión, el RMGIC Fuji TRIAGE® recibió estadísticamente mayor degradación después de la disolución ácida que EQUIA forte®.

Adicionalmente en cada grupo (EF y FT) se realizó la estadística de las variables de sorción y disolución ácida en comparación con el peso inicial. Al ser tres grupos (I-S-DA) se utilizó el Test de Kruskal-Wallis con un intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 6***Comparación intragrupo mediante el test de Kruskal-Wallis*

KRUSKAL-WALLIS	p (Kruskal-Wallis)
<b>COMPARACIÓN EQUIA FORTE (método de Dunn)</b>	<b>&lt; 0.0001</b>
EF-I vs EF-S	ns
EF-I vs EF-DA	< 0.05
EF-S vs EF-DA	< 0.05
<b>COMPARACIÓN FUJI TRIAGE (método de Dunn)</b>	<b>&lt; 0.0001</b>
FT-I vs FT-DA	< 0.05
FT-S vs FT-DA	< 0.05

Se observó que en ambos grupos (EF y FT) no existe una diferencia significativa después de la sorción y si existe una diferencia estadísticamente significativa después de la disolución ácida (Tabla 6). En conclusión, NO existe un aumento significativo en el peso después de la sorción en ambos grupos (EF y FT); en cambio, SI existió una diferencia significativa del peso después de la disolución ácida, siendo además que la disolución de FT fue mayor.

## Discusión

Los ionómeros de vidrio modificados con resina tienen similares aplicaciones clínica que los ionómeros de vidrio convencionales. Se planteó comparar la resistencia de sorción y disolución ácida del ionómero de vidrio modificado con resina: Equia Forte y Fuji Triage.

A través de los resultados de la presente investigación se identificó que no existe diferencia significativa entre el valor de sorción de los ionómeros de vidrio modificado con resina Equia Forte y Fuji Triage posterior a la sorción ( $p < 0,05$ ), con un mayor aumento de peso posterior a la sorción con el grupo de Equia Forte. Esto puede relacionarse con la composición del Equia Forte. Este material basado en tecnología híbrida de vidrio, consiste en un GIC convencional altamente viscoso combinado con un material de recubrimiento de nano relleno (monómero de metacrilato de 2-hidroxietilo (HEMA) de baja viscosidad, monómero de éster de ácido fosfórico y fotoiniciador). A este monómero se atribuyen grupos hidrófilos, que actúan como hidrógeno y absorben mayores cantidades de agua.

Con esta información y los resultados del presente estudio se puede asumir que Equia Forte posee mayor cantidad de compuesto de este monómero en su composición en contraste con Fuji Triage. Además, se observó que los ionómeros de vidrio analizados sí presentan un fenómeno de absorción en comparación con su peso inicial, sin mostrar una diferencia significativa entre el peso inicial y el peso final (24 horas) de los dos grupos en estudio (Equia Forte y Fuji Triage). Un resultado similar fue reportado por Franco (2021), quien determinó que el grado de absorción del ionómero de vidrio modificado con resina híbrida (Equia Forte) desde su medida inicial hasta la final mostró un valor  $p = 0,095$ .

De acuerdo con Wanderley et al. (2018) las propiedades de absorción de agua y la solubilidad del ionómero de vidrio modificado con resina tienen un efecto sobre las características mecánicas del material, lo que afecta directamente el éxito de las restauraciones. Nica et al. (2022) indican que una de las desventajas del ionómero de vidrio modificado con resina es la naturaleza hidrófila del metacrilato de polihidroxietilo, lo que provoca una mayor captación de agua y, por ende, una plasticidad y expansión higroscópica incrementadas.

Respecto a la resistencia a la disolución por ácido cítrico, la investigación actual mostró una diferencia notable en el peso tras la disolución ácida en ambos grupos estudiados, donde la disolución de Fuji Triage fue más alta, mientras que la de Equia Forte fue la más baja. El resultado coincide con Perera et al. (2020) quienes evidenciaron que los ejemplares de Equia Forte presentaron una menor solubilidad en comparación con los discos de otras marcas al ser sometidos a una disolución de ácido cítrico al 10%. Los autores atribuyen esta resistencia a la composición del ionómero de vidrio modificado con resina híbrida (Equia Forte), que le confiere mayor tolerancia frente al ácido cítrico.

Es importante especificar que ambos grupos de la investigación tuvieron pérdida de masa por acción de disolución del ácido cítrico. Esto posiblemente se relaciona con la química elemental de la sustancia ácida conjuntamente con el pH (3,5-4,0), que presenta una constante de disociación más altas para el segundo y tercer protones, lo que permite un mayor intercambio de protones. Esto favorece que el ácido cítrico funcione mejor como quelante, lo que explica el marcado grado de disolución de los ionómeros de vidrio modificado con resina en ácido cítrico. Además, la disolución ácida provoca la pérdida de masa del material, lo que afecta negativamente a las propiedades mecánicas, lo que produce fallos en la interfaz diente/restauración, aumentando el riesgo de microfiltración marginal y conduce al fracaso de la restauración.

Con respecto a las limitaciones de la investigación, se identificó como un estudio In Vitro en el que el procedimiento es experimental. Se debe manejar los resultados con un indicio en los casos con pacientes. Para mejorar las condiciones experimentales y tratar que se asemeje a la exposición de la cavidad oral se expuso los especímenes de ionómero de vidrio modificado con resina a un almacenamiento por 24 horas en un horno calefactor para simular las condiciones de temperatura y humedad presentes en boca.

Las fortalezas del estudio consisten en que se estableció que las muestras de Equia Forte y Fuji Triage poseen la capacidad de sorción de la humedad, con un mayor valor de peso en el ionómero de vidrio modificado con resina Equia Forte, mientras que ambos materiales fueron afectados significativamente por la disolución del ácido cítrico. Con estos



parámetros, es necesario ampliar los estudios del Equia Forte tanto de sorción como de disolución empleando otras sustancias ácidas y bajo diferentes condiciones de tiempo de exposición. También es recomendable utilizar ionómero de vidrio modificado con resina que disponga un monómero distinto al HEMA, de esta forma se podrá comparar la incidencia de la sorción y disolución ácida con Equia Forte y Fuji Triage.

## Conclusiones

El presente estudio experimental in vitro compara la resistencia a la sorción y disolución ácida de los ionómeros de vidrio modificados con resina (RMGIC) Equia Forte y Fuji Triage. En respuesta a los objetivos planteados, se concluye que los RMGIC del grupo Equia Forte presentan un mayor aumento del peso por sorción al someterse a la inmersión en agua destilada, mientras que los RMGIC del grupo Fuji Triage muestran una mayor disolución ácida al someterse a la inmersión en ácido cítrico al 3%. Cabe destacar que ambos materiales evidencian un aumento del peso por sorción estadísticamente no significativo. Sin embargo, el RMGIC que resulta mayormente resistente a la disolución ácida es Equia Forte.

En consecuencia, el ionómero de vidrio de la marca Equia Forte tiene un mayor aumento de peso en comparación al ionómero de vidrio de la marca Fuji Triage. Además, este último también obtiene una mayor degradación ácida, mostrada en su pérdida de peso, en comparación con la marca Equia Forte. Por lo tanto, el RMGIC mayormente resistente a la sorción y disolución ácida, bajo las condiciones de este estudio, es Equia Forte.

Finalmente, en cuanto a las proyecciones de investigación, se recomienda implementar el protocolo de experimentación In Vivo de pruebas de sorción y resistencia a la disolución, evaluando el comportamiento de los RMGIC en la cavidad oral. Asimismo, es necesario incrementar distintas marcas de RMGIC en la muestra de futuros estudios con la finalidad de establecer una amplia comparación del comportamiento de los biomateriales dentales de restauración, frente a la resistencia de sorción y resistencia a la disolución ácida. De igual manera, se sugiere variar las concentraciones del ácido cítrico en las pruebas de resistencia



a la disolución ácida realizadas en los biomateriales dentales de restauración para evaluar un rango más amplio de condiciones clínicas.

### Referencias Bibliográficas

- Aydın, N., Karaoğlanoğlu, S., Aybala, E., Çetinkaya, S., & Erdem, O. (2020). Investigation of water sorption and aluminum releases from high viscosity and resin modified glass ionomer. *J Clin Exp Dent*, 1:12(9), e844-e851. <https://doi.org/10.4317/jced.56381>
- Branco, A., Colaco, R., Figueiredo, C., & Serro, A. (2020). A State-of-the-Art Review on the Wear of the Occlusal Surfaces of Natural Teeth and Prosthetic Crowns. *Materials (Basel)*, 13(16), 3525. <https://doi.org/10.3390/ma13163525>.
- Castro, M., Vega, Y., Cordell, G., & Rodríguez, A. (2021). Dental Applications of Carbon Nanotubes. *Molecules*, 26(15), 4423. <https://doi.org/10.3390/molecules26154423>.
- Cosío, H., García, G., & Lazo, L. (2020). Sorción de humedad y resistencia a la disolución ácida de dos ionómeros de vidrio de restauración: estudio in vitro. *Odontología Vital*, 2(33), 49-56. <https://doi.org/10.59334/ROV.v2i33.401>
- Franco, N. (2021). *Evaluación de las Propiedades Físico-Mecánicas de un Ionómero de Vidrio Híbrido y un Alcasite*. Grado de Especialista en Odontología Pediátrica, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/0954fc81-ce9a-4ec1-b18f-0710bea86094/content>
- Ghilotti, J., Mayorga, P., Sanz, J., Forner, L., & Llena, C. (2023). Remineralizing Ability of Resin Modified Glass Ionomers (RMGICs): A Systematic Review. *J Funct Biomater*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/jfb14080421>
- Hurtado, L., Santos, D., & Ramos, A. (2024). Materiales bioactivos restauradores en la odontología contemporánea: una visión actualizada. *Medicentro Electrónica*, 28(4). <https://medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/4029/3348>
- Nica, I., Stoleriu, S., Iovan, A., & Tărăboanță, I. (2022). Conventional and Resin-Modified Glass Ionomer Cement Surface Characteristics after Acidic Challenges. *Biomedicines*, 10(7), 1755. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10071755>
- Perera, D., Yu, S., Zeng, H., Meyers, I., & Walsh, L. (2020). Acid Resistance of Glass Ionomer Cement Restorative Materials. *Bioengineering (Basel)*, 7(4), 150. <https://doi.org/10.3390/bioengineering7040150>.
- Saleh, S., Hassan, N., & Algarni, A. (2024). Immediate and delayed micro shear bond strength evaluation of two glass ionomer cements to composite resin by using different bonding techniques—an in vitro study. *BDJ Open*, 10(94). <https://doi.org/10.1038/s41405-024-00283-8>
- Singer, L., Fouda, A., & Bourauel, C. (2023). Biomimetic approaches and materials in restorative and regenerative dentistry: review article. *BMC Oral Health*, 16(23), 105. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02808-3>.



- Wanderley, R., Gonçalves, J., Maciel, A., & Sales, F. (2018). Water sorption and solubility of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment considering the time and the pH of the storage solution. *RGO - Revista Gaúcha de Odontologia*, 66(1), 29-34. <https://doi.org/10.1590/1981-863720180001000043100>
- Xingyun, K., Yu, W., Hung, C., & Yiru, O. (2024). Updates on the clinical application of glass ionomer cement in restorative and preventive dentistry. *Journal of Dental Sciences*, 19(1), s1-s9. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2024.07.021>
- Young, E., & Kang, S. (2020). Current aspects and prospects of glass ionomer cements for clinical dentistry. *Yeungnam Univ J Med.*, 37(3), 169–178. <https://doi.org/10.12701/yujm.2020.00374>

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.