



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i4.4128>

Ciencias de la Salud
Artículo de Investigación

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Compressive Strength in the Stratification of a Glass Ionomer Restoration Exposed to Artificial Saliva of Different pH

Resistência à compressão na estratificação de um ionómero de vidro restaurador exposto a saliva artificial de diferentes pH

Bryan Paúl Rodríguez-Lloré^I
bryan_rodriguez_64@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-9226-9651>

Dolores Aracely Cedeño-Zambrano^{II}
dolores.cedeno@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1111-8832>

Correspondencia: bryan_rodriguez_64@hotmail.com

***Recibido:** 20 de septiembre de 2024 ***Aceptado:** 22 de octubre de 2024 * **Publicado:** 29 de noviembre de 2024

- I. Odontólogo, Maestrante en la Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Especialista en Estética y Operatoria Dental, Docente en la Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

La resistencia compresiva es una propiedad mecánica esencial en los materiales dentales, ya que define su capacidad para resistir fuerzas masticatorias sin fracturarse. Los ionómeros de vidrio de restauración son ampliamente utilizados en odontología debido a su versatilidad y propiedades adhesivas. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la resistencia compresiva de ionómeros de vidrio de restauración sumergidos en saliva artificial con diferentes niveles de pH durante 21 días. Esta investigación, de tipo observacional y cuantitativa, se desarrolló bajo un diseño in vitro, experimental y transversal. Se trabajó con una población de 30 muestras de ionómero de vidrio, divididas en tres grupos: el grupo 1 fue sumergido en saliva artificial con pH ácido, el grupo 2 con pH neutro y el grupo 3 con pH básico. Los resultados mostraron que las muestras del grupo 1, expuestas al pH ácido, presentaron la menor resistencia compresiva, con un promedio de 15.23 MPa, además de alteraciones estructurales que las volvieron más frágiles y porosas. En contraste, las muestras de los grupos 2 y 3, sometidas a pH neutro y básico, mostraron valores más altos y similares de resistencia compresiva, con medias de 22.30 MPa y 23.15 MPa, respectivamente. Se concluye que el pH de la saliva afecta significativamente la resistencia compresiva de los ionómeros de vidrio, siendo el pH ácido el más perjudicial para su integridad mecánica.

Palabras clave: Ionómero de vidrio; materiales odontológicos; pH; restauración; saliva.

Abstract

Compressive strength is an essential mechanical property of dental materials, as it defines their ability to resist masticatory forces without fracturing. Restorative glass ionomers are widely used in dentistry due to their versatility and adhesive properties. The present study aimed to evaluate the compressive strength of restorative glass ionomers immersed in artificial saliva with different pH levels for 21 days. This observational and quantitative research was developed under an in vitro, experimental and cross-sectional design. A population of 30 glass ionomer samples was used, divided into three groups: group 1 was immersed in artificial saliva with acidic pH, group 2 with neutral pH and group 3 with basic pH. The results showed that samples from group 1, exposed to acidic pH, presented the lowest compressive strength, with an average of 15.23 MPa, in addition to structural alterations that made them more fragile and porous. In contrast, samples from groups 2 and 3, subjected to neutral and basic pH, showed higher and similar values of compressive strength, with means of 22.30 MPa and

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

23.15 MPa, respectively. It is concluded that the pH of saliva significantly affects the compressive strength of glass ionomers, with acidic pH being the most detrimental to their mechanical integrity.

Keywords: Glass ionomer; dental materials; pH; restoration; saliva.

Resumo

A resistência à compressão é uma propriedade mecânica essencial nos materiais dentários, pois define a sua capacidade de resistir às forças mastigatórias sem fraturar. Os ionómeros de vidro restauradores são amplamente utilizados em medicina dentária devido à sua versatilidade e propriedades adesivas. O presente estudo teve como objetivo avaliar a resistência à compressão de ionómeros de vidro restauradores imersos em saliva artificial com diferentes níveis de pH durante 21 dias. Esta investigação observacional e quantitativa foi desenvolvida sob um desenho in vitro, experimental e transversal. Trabalhámos com uma população de 30 amostras de ionómero de vidro, divididas em três grupos: o grupo 1 foi imerso em saliva artificial com pH ácido, o grupo 2 com pH neutro e o grupo 3 com pH básico. Os resultados mostraram que as amostras do grupo 1, expostas ao pH ácido, apresentaram a menor resistência à compressão, com uma média de 15,23 MPa, para além de alterações estruturais que as tornaram mais frágeis e porosas. Em contraste, as amostras dos grupos 2 e 3, sujeitas a pH neutro e básico, apresentaram valores de resistência à compressão superiores e semelhantes, com médias de 22,30 MPa e 23,15 MPa, respetivamente. Conclui-se que o pH da saliva afeta significativamente a resistência à compressão dos ionómeros de vidro, sendo o pH ácido o mais prejudicial para a sua integridade mecânica.

Palavras-chave: Ionómero de vidro; materiais dentários; pH; restauração; saliva.

Introducción

La resistencia compresiva es una propiedad mecánica esencial en los materiales dentales, ya que define su capacidad para resistir fuerzas masticatorias sin fracturarse. Los ionómeros de vidrio de restauración son ampliamente utilizados en odontología debido a su versatilidad y propiedades adhesivas (Mosquera & Vélez, 2023). Los ionómeros de vidrio de restauración son materiales utilizados en la odontología moderna debido a su capacidad de liberación constante de flúor, su adhesión química al esmalte y dentina que ocurre de manera directa sin necesidad de materiales adhesivos, los ionómeros de vidrio de restauración son materiales temporales ampliamente utilizados

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

en situaciones donde se requiere reemplazar los tejidos dentales perdidos por el proceso de caries (Caso & Campos, 2021)

Los ionómeros de vidrio de restauración fueron desarrollados en el año de 1969 los cuales estaban conformados por polvo de cemento de silicato y líquido de cemento de policarboxilato de zinc; conocido en su momento como cemento ASPA por su conformación ya que básicamente estaba formado de aluminio, silicato y poliacrílico; con el avance de la odontología moderna estos cementos fueron modificados hasta la actualidad en donde están formados por polvo que es fluoraluminosilicato de calcio, líquido compuesto por ácidos copolímeros en solución acuosa, en relación 2:1 y agua que es el medio donde sucederá el cambio iónico de la solución (Abdallah et al., 2021; Caso & Campos, 2021a; Zavala-Alonso et al., 2021).

Se lo puede definir como un material dental a base de agua el cual resulta de la reacción ácido-base de sus componentes que otorgan una característica muy versátil a este material como agente restaurador, las modificaciones que han sufrido los ionómeros de vidrio para mejorar sus propiedades mecánicas a lo largo de la historia los han hecho más densos y han incluido una serie de materiales en su composición como son el uso de poliácidos alternativos, poliácidos deshidratados activados por agua, cerámicos, adiciones de metal, agentes antibacterianos y nuevas composiciones de vidrio (Caso & Campos, 2021).

Los ionómeros de vidrio de restauración son utilizados generalmente en cavidades clase 1 o 2 que afecta a las fosas y fisuras de las caras oclusales de los grupos dentales molares y premolares; y superficies proximales respectivamente; los ionómeros de vidrio de restauración presentan un excelente comportamiento biomecánico frente a fuerzas de masticación en estas cavidades puesto que presentan un buen soporte dental (Fresno et al., 2019; Hernández et al., 2013).

Los ionómeros de vidrio de restauración destacan por varias propiedades: su flujo tixotrópico, que permite un asentamiento perfecto sobre el piso de la cavidad sin necesidad de ejercer presión; su biocompatibilidad, que asegura una respuesta biológica favorable al estar en contacto directo con la superficie dentaria y los tejidos circundantes, favoreciendo la remineralización sin causar alteraciones; su baja solubilidad, lo que los hace menos susceptibles a ambientes ácidos y más resistentes en comparación con materiales como los cementos de silicato y algunos resinosos; su adhesión, que se traduce en una alta energía superficial para unirse a elementos como hueso, esmalte, dentina, porcelana y metales nobles; y un fraguado rápido, que se completa en 2 a 3 minutos mediante una reacción ácido-base. Además, su principal ventaja es la liberación constante de iones flúor, lo

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

que les confiere propiedades anticariogénicas, promueve la remineralización del diente y reduce su solubilidad frente a los ácidos bucales, previniendo lesiones de caries tempranas (Guagua, 2014; Khoroushi & Keshani, 2013; Sidhu & Nicholson, 2016).

Del mismo modo, son muy fáciles de usar y generalmente se los usa con la técnica de tratamiento atraumático (ART) la cual fue desarrollada en colaboración con la Organización Mundial de la Salud para ser utilizadas en países con dificultades de acceso los servicios de salud para el tratamiento adecuado de la enfermedad caries y con esto evitar la extracción del diente afectado, la técnica de restauración atraumática generalmente utiliza instrumentos manuales con los cuales se trata de eliminar el esmalte y la dentina afectadas, posteriormente se realiza la limpieza y desinfección la cavidad y se coloca el ionómero de vidrio de restauración; este tratamiento es muy efectivo en países o regiones donde no existe energía eléctrica o la misma es deficiente y se limita al uso de instrumental rotatorio el cual es dependiente de la electricidad; estudios reflejan que existe un 90% de efectividad de la técnica atraumática con el uso de ionómeros de vidrio de restauración después de 2 a 3 años de aplicación en superficies de cavidades I y V según black (Sidhu & Nicholson, 2016; Bohner & Prates, 2019).

Ketac Molar

Es un Ionómero de vidrio de restauración diseñado con el fin de ser empleado en su mayoría en pacientes poco colaboradores como pediátricos, geriátricos y adolescentes por su rápida aplicación y fraguado, este material se lo puede aplicar directamente en la cavidad sin el previo acondicionamiento de esta y tampoco requiere un revestimiento final por facilidad de unirse químicamente al esmalte o dentina. El ketac molar viene en presentación polvo- líquido y trae sus dosificadores para realizar una mezcla uno a uno, la principal ventaja de este material es la liberación contante y prolongada del ion Flúor; viene en presentación de vario tonos como son A1, A2, A3, A3.5 y A4 y es un material radiopaco a la exposición radiográfica (3M, 2016).

Saliva

Para la investigación se utilizó saliva artificial, los sustitutos de saliva se desarrollaron a mediados de los años 90 los cuales presentan una consistencia muy similar a la saliva natural, estos incluyen elementos gelificantes los cuales imitan las propiedades de la saliva natural, así como también

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

elementos antimicrobianos, sales y fluoruros; su pH es de 7 lo cual le hace un elemento neutro (Morales et al., 2015).

La saliva humana es una secreción muy compleja producida por las glándulas salivales mayores y menores, las primeras aportan cerca de 93% y las segundas alrededor del 7%, al momento de salir de las glándulas la saliva es un líquido estéril el cual inmediatamente deja de serlo por mezclarse con los diferentes elementos que se encuentran en boca; dentro de las funciones principales de la saliva encontramos la de lubricación que esta se encarga de humedecer los alientos para su fácil ingesta gracias a la presencia de agua, enzimas como prolina y mucina que crean una capa protectora la cual tapiza las estructuras de la boca y evita irritaciones por agentes nocivos, recude la adhesión microorganismos en las superficies orales controlando la formación de colonias bacterianas y hongos; la saliva también presenta una propiedad amortiguadora o también conocida como Buffer que es la capacidad de contrarrestar los cambios bruscos de pH a nivel oral y proteger las estructuras orales de ataques ácidos, el principal amortiguador presente es el bicarbonato que puede variar su concentración en la saliva (Carbone et al., 2016; Hernández & Aranzazu, 2012; Maddu, 2019).

PH salival

El pH es una medida la cual indica el grado de acidez o alcalinidad presenta una solución, esta medida por la concentración de iones de hidrogeno (H^+), la escala va en un rango de 0 a 14 en donde se considera neutro cuando el valor de la solución es 7, valores por debajo de este valor se le considera una solución acida y por encima de este valor se considera una solución alcalina o básica (Barrios et al., 2017).

El pH salival es una medida que ayuda a determinar que grado de acidez o alcalinidad puede presentar la saliva, normalmente este puede variar en un promedio de 6.7 a 7.4 dependiendo de varios factores que ayuden a mantener una buena higiene oral, valores por fuera de estos rangos se los considera anormales y pueden dar lugar a la formación de enfermedades principalmente la caries dental; la saliva artificial se usa generalmente cuando las glándulas salivales no producen una cantidad adecuada o nula de saliva, o la misma es de mala calidad debido a enfermedades sistémicas como son la diabetes, hipertensión arterial, síndrome de Sjogren, artritis reumatoide, etc., dando lugar a la xerostomía esta principalmente está compuesta de Electrolitos Na, K, Mg, Ca, P, Xylitol, complejo nipagin-nipasol y excipientes (Barrios et al., 2017; Morales et al., 2015).

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Para medir el pH salival existen diferentes métodos de los cuales podemos encontrar tirillas reactivas o aparatos electrónicos que miden el pH directamente en la solución, para el estudio de investigación se utilizó el medidor de pH electrónico por su rapidez y precisión.

Resistencia a la compresión

Todos los tejidos y órganos del cuerpo humano están diseñados para cumplir roles en específico y presentan propiedades mecánicas diferentes de acuerdo a su función, los biomateriales dentales están desarrollados para reemplazar tejidos perdidos por diferentes causas por lo cual están diseñados para soportar fuerzas de compresión al igual que el tejido original; el tejido dental soporta una resistencia de compresión de aproximadamente 384 (MPa) siendo más resistente en esmalte a nivel de cúspides y menos resistente a nivel de paredes laterales y del tercio cervical del diente; a nivel de dentina esta puede soportar fuerzas de compresión de alrededor de 297 (MPa) (Linares & Smith, 2021).

El objetivo de la presente investigación es medir la fuerza de compresión de los ionómeros de vidrio de restauración cuando estos son sometidos a saliva artificial de diferente pH por un tiempo de 21 días.

Metodología

La presente investigación será de tipo observacional y cuantitativa, enfocándose en la medición de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio de restauración, lo que permitirá generar datos para su posterior análisis. El diseño del estudio será *in vitro*, experimental y transversal. Se emplearán tres tipos de pH diferentes (ácido, neutro y básico) para simular los diversos ambientes intrabucales que se producen durante el proceso de masticación. Esto permitirá determinar si el pH salival influye directamente en las propiedades mecánicas de los ionómeros de vidrio de restauración cuando estos se encuentran en la cavidad oral.

Población

La población de estudio está compuesta por 30 muestras distribuidas en grupos iguales: grupo 1: 10 muestras de ionómero de vidrio de restauración sumergidas en pH ácido, grupo 2: 10 muestras de ionómero de vidrio de restauración sumergidas en pH neutro que servirán como grupo control y grupo 3: 10 muestras de ionómero de vidrio de restauración sumergidas en pH básico; estas muestras fueron

Elaboración de muestras

Se procedió a la elaboración de 30 muestras de ionómero de vidrio de restauración para lo cual se utilizó una matriz de acrílico transparente como molde y que todas las muestras tuvieran las mismas medidas, el tamaño establecido para el estudio fue basado en las medidas determinadas por el laboratorio de 6mm x 6mm: las muestras obtenidas cumplieron los criterios de inclusión y exclusión establecidas para este estudio in vitro (Ver Figuras 3, 4, 5 y 6).

Figura 3: Mezclado del Ketac Molar con espátula de plástico

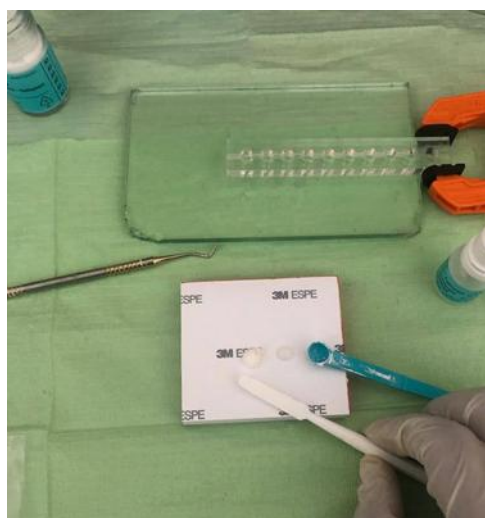


Figura 4: Recolección de la mezcla del Ketac Molar



Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Figura 5: Colocación de la mezcla del Ketac Molar en la matriz de acrílico



Figura 6: Se desmontó las muestras de los cilindros de acrílico para su posterior almacenamiento



Preparación de la saliva artificial con diferentes pH

Una vez elaboradas las 30 muestras de ionómero de vidrio de restauración se procedió con la modificación del pH de la saliva artificial; para la solución ácida se utilizó saliva artificial con ácido cítrico obteniendo un pH de 2.51; para la solución básica se utilizó saliva artificial con hidróxido de magnesio obteniendo un pH de 8.30 mientras que para la solución neutra se utilizó solo saliva artificial sin ningún otro elemento con un pH de 6.41 (Ver Figuras 7, 8 y 9).

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Figura 7: Solución Ácida



Figura 8: Solución Básica

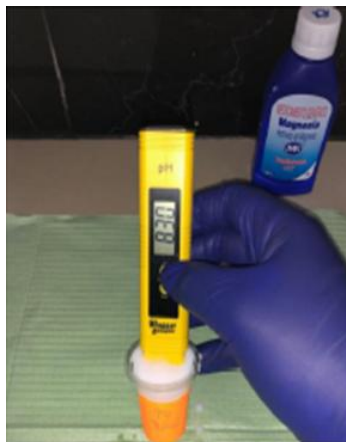


Figura 9: Solución Neutras



Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Almacenamiento

Se procede con el almacenamiento de las muestras de ionómero de vidrio de restauración con las diferentes soluciones dentro de frascos de color ámbar por 21 días, 10 muestras de ionómero de vidrio almacenadas en saliva artificial de pH ácido, 10 muestras de ionómero de vidrio almacenadas en saliva artificial de pH básico y 10 muestras de ionómero de vidrio almacenadas en saliva artificial de pH neutro (Ver Figura 10).

Figura 10: Almacenamiento de las muestras en frascos ámbar con diferentes soluciones



Entrega al laboratorio

Después del periodo de almacenamiento se procede con la extracción, secado al ambiente y clasificación de las muestras; las muestras fueron llevadas al laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones de la facultad de ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito (Ver Figura 11).

Figura 11: Extracción de las muestras



Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

En el laboratorio se procedió con la toma de medidas de cada muestra de ionómero de virio de restauración con la ayuda de una herramienta denominada “calibrador pie de rey”; se realizó una bitácora con las medidas y grupo de cada muestra para posterior a esto llevarlas a la máquina de ensayos universal Olsen Modelo Superior L120 y poder calcular la resistencia que presentan a la compresión dichas muestras (Ver Figura 12, 13, 14 y 15).

Figura 12: Medición de las Muestras con el calibrador Pie de Rey

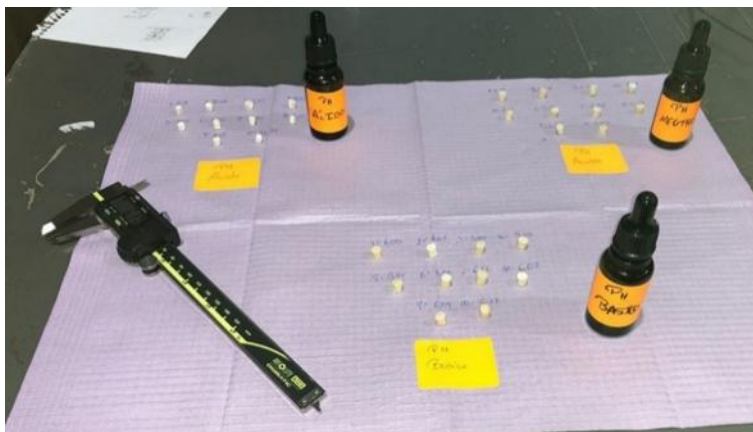


Figura 13: Medición de resistencia a la compresión

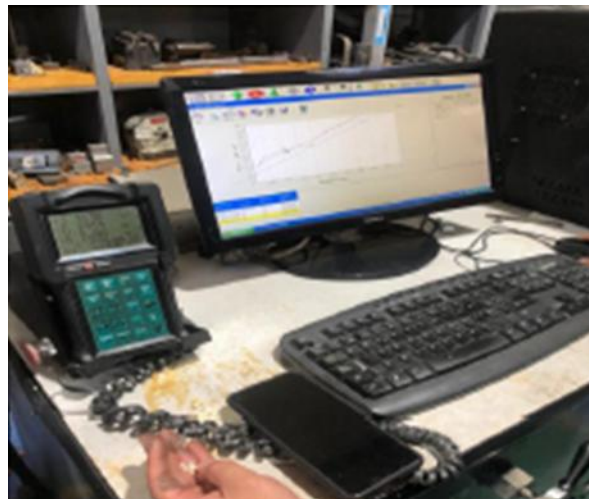


Figura 14: Medición de resistencia a la compresión

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH



Figura 15: Registro en ordenador de los datos obtenidos



Resultados

Identificación y clasificación de muestras en tres grupos diferentes de acuerdo con el pH de la solución al que estuvieron almacenadas como se muestra en la Tabla 1.

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Tabla 1: Identificación de muestras

Identificación LAEV	Grupo (información proporcionada por el cliente)
M22.091.01- M22.091.10	Grupo 1 (PH ÁCIDO)
M22.091.11- M22.091.20	Grupo 2 (PH NEUTRO)
M22.091.21 M22.091.30	– Grupo 3 (PH BÁSICO)

En la Tabla 2 se observan las muestras las mismas que fueron medidas de manera individual en mm, se procedió a la prueba de compresión para lo cual se les aplico una fuerza en N y producto de esto se obtuvo el resultado de la resistencia a la compresión en Mpa (Ver Figura 16).

Tabla 2: Resultados del estudio in vitro de la resistencia a la compresión por grupo

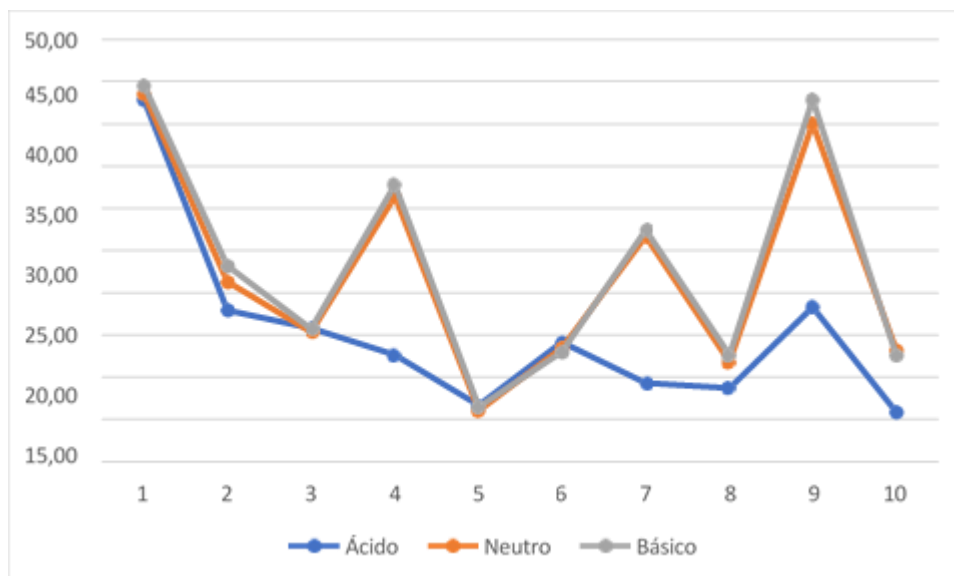
Muestra	Grupo	F	D	RC
		N	mm	Mpa
M22.091.0 1	1	903,43	5,18	42,87
M22.091.0 2	1	417,51	5,44	17,96
M22.091.0 3	1	437,08	5,93	15,83
M22.091.0 4	1	268,49	5,20	12,64
M22.091.0 5	1	134,07	5,07	6,64
M22.091.0 6	1	254,53	4,79	14,12
M22.091.0 7	1	161,20	4,70	9,29
M22.091.0 8	1	145,41	4,60	8,75
M22.091.0 9	1	304,75	4,60	18,34
M22.091.1 0	1	103,69	4,75	5,85
M22.091.1 1	2	1281,04	6,12	43,55

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

M22.091.1	2	658,47	6,27	21,33
2				
M22.091.1	2	437,93	6,02	15,39
3				
M22.091.1	2	912,82	6,08	31,44
4				
M22.091.1	2	178,28	6,13	6,04
5				
M22.091.1	2	375,21	5,95	13,49
6				
M22.091.1	2	837,02	6,32	26,68
7				
M22.091.1	2	365,60	6,28	11,80
8				
M22.091.1	2	1229,13	6,25	40,06
9				
M22.091.2	2	376,81	6,03	13,19
0				
M22.091.2	3	1281,04	6,05	44,56
1				
M22.091.2	3	658,47	6,01	23,21
2				
M22.091.2	3	437,93	5,95	15,75
3				
M22.091.2	3	912,82	5,95	32,83
4				
M22.091.2	3	178,28	5,91	6,50
5				
M22.091.2	3	375,21	6,06	13,01
6				
M22.091.2	3	837,02	6,23	27,46
7				
M22.091.2	3	365,60	6,07	12,63
8				
M22.091.2	3	1229,13	6,04	42,90
9				

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Figura 16: Distribución de la resistencia compresiva por grupo



A partir de los resultados presentados en la Tabla 2, se procedió a configurar una base de datos en el programa SPSS v27 en español para realizar el análisis estadístico, en primera instancia se determinan los estadísticos descriptivos del estudio como se puede apreciar en la Tabla 3.

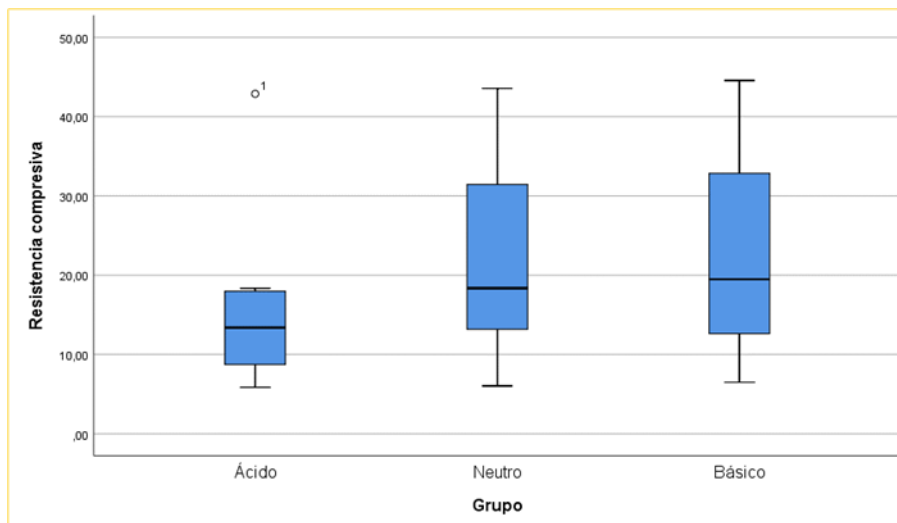
Tabla 3: Resultados estadísticos

Grupo	Ácido	Neutro	Básico
Media	15,23	22,30	23,15
Límite inferior 95%	7,58	13,21	13,55
Límite superior 95%	22,88	31,39	32,74
Mediana	13,38	18,36	19,48
Desv. Desviación	10,69	12,71	13,41
Mínimo	5,85	6,04	6,50
Máximo	42,87	43,55	44,56

En la Figura 17 se puede determinar la alta variabilidad presente en cada uno de los grupos, incluso en el grupo N1 (pH ácido) se presenta un dato fuera de rango; no obstante, se determina que los valores de la mediana de cada grupo fueron bastante similares.

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Figura 17: Diagrama de caja y bigotes para la resistencia compresiva por grupo (Mpa)

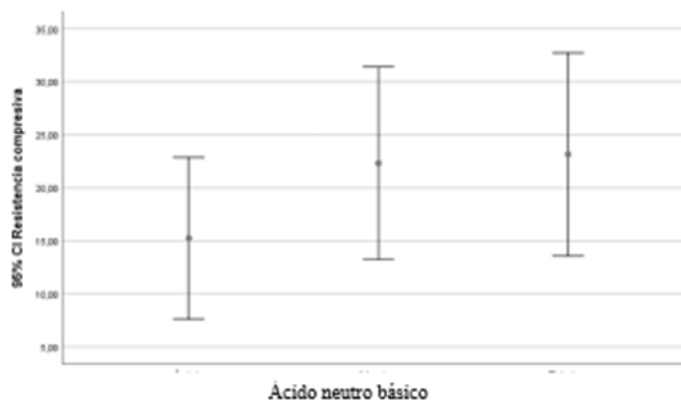


Los resultados de la Tabla 4 reflejan que debido a la alta dispersión y asimetría en la distribución de valores se procede a desarrollar un test de normalidad de tipo Shapiro- Wilks (Ver Figura 18).

Tabla 3: Resultados del test de normalidad

Grupo	Estadístico	GL	Significancia (P)
Ácido	0,758	10	0,02
Neutro	0,921	10	0,36
Básico	0,902	10	0,23

Figura 18: Dispersión de la resistencia compresiva por grupo



Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

En la Tabla 5 el grupo 1 el cual contenía el pH ácido no cumplió con el criterio de normalidad ($p < 0,05$) en tanto el grupo número 2 con el pH neutro y el grupo número 3 con el pH básico si cumplieron con el criterio de normalidad ($p > 0,05$); con esta información se optó por realizar un análisis no paramétrico con las pruebas de Kruskal Wallis para la comparación de los valores de resistencia compresiva de ionómeros de vidrio de restauración de los 3 grupos.

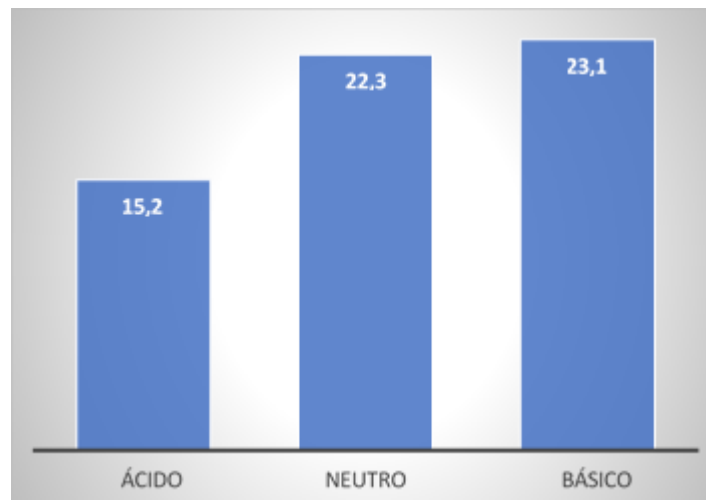
Los resultados del estudio in vitro lograron demostrar que la resistencia compresiva para el grupo 1 (pH ácido) fue de $15,23 \pm 10,69$ MPa, para el grupo 2 (pH neutro) fue de $22,30 \pm 12,71$ MPa y para el grupo 3 (pH básico) fue ligeramente superior a la del grupo neutro con una media de $23,15 \pm 12,43$ MPa (Ver Figura 19). Como resultado de la prueba de Kruskal Wallis se obtuvo un valor de significancia $p = 0,3$ que permitió determinar que no existieron diferencias significativas en la resistencia mediana a la compresión en las muestras de ionómeros de vidrio de restauración de los tres grupos. No obstante que existen diferencias numéricas en el promedio, que determinan que en medio ácido la resistencia compresiva es mucho menor.

Tabla 4: Resistencia a la compresión, media (DS)

Grupo	Resistencia compresiva
Ácido	15,23 (10,69)
Neutro	22,30 (12,71)
Básico	23,15 (13,41)
Total	20,22 (12,43)
Significancia (p)	0,30

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

Figura 1: Resistencia a la compresión, media (DS)



Discusión

Con el avance de la tecnología se han incrementado exponencialmente las investigación de nuevas técnicas y materiales utilizados en odontología con la finalidad de mejorar sus propiedades estética, biomecánicas y facilidad de uso; Para la evaluación de las propiedades biomecánicas de los materiales dentales se utilizan pruebas mecánicas las cuales nos permiten determinar el comportamiento de dichos materiales a distintas fuerzas y entornos como es el caso de esta investigación la cual evaluó la resistencia a la compresión de ionómeros de vidrio de restauración.

Tomando en cuenta el objetivo del estudio que se centra en materiales odontológicos como son los ionómeros de vidrio de restauración los cuales fueron introducidos al área odontológica hace más de 50 años y se han venido modificando en pos de buscar el material ideal mejorando sus propiedades. Los ionómeros de vidrio de restauración principalmente se componen de polvo de vidrio, poliácidos y agua; una de las principales propiedades de los ionómeros de vidrio de restauración es la capacidad de liberar gran cantidad de iones calcio, aluminio y fluoruros, mientras que los poliácidos que lo componen como el ácido poliacrílico, ácido tartárico, maleico o fosfórico se presentan en una solución acuosa, los ionómeros de vidrio utilizan el agua ya que es aquí donde se realiza el intercambio iónico que requiere la solución (Hernández & Aranzazu, 2012).

El ionómero de vidrio de restauración se logra por medio de una reacción inmediata ácido-base; dentro de las últimas actualizaciones en la composición de los ionómeros de vidrio es la incorporación de resinas ya que numerosos estudios han demostrado que al entrar directamente en contacto con el

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

medio bucal estas sufren solubilidad y desintegración; el introducir resinas a la composición del ionómero de vidrio de restauración hace que este se pueda fotocurar y así mejorar las propiedades mecánicas y estéticas; no obstante es muy complejo obtener una valoración exacta en su mejora que tienen los ionómeros de vidrio de restauración ya que existen diversos factores que podrían incidir en esta mejor como son la composición porcentual de las diferentes marcas comerciales, el proceso de fabricación de los mismos así como la como el tamaño de las partículas de polvo, el peso molecular de la solución, la reacción ionómero- resina o el pH del medio en donde se desarrolla la reacción (Nica et al., 2022).

No hay evidencia suficiente en los estudios realizados de los ionómeros de vidrio de restauración sobre el comportamiento biomecánico que estos presentan así como la resistencia a la compresión en estratificación de un ionómero de vidrio de restauración expuesto a saliva artificial de diferente pH, por lo que la comparación de la resistencia podría proveer información importante al odontólogo y ayudar en la toma de decisiones al momento de la selección del material para un tratamiento en específico (Khoroushi & Keshani, 2013).

El estudio realizado por Deepika et al. (2011) concuerdan que la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio de restauración se ve afectado cuando este es sumergido en saliva quedando en evidencia que son materiales hidrosolubles y que sufren alteraciones mecánicas al ser expuesto en un medio acuoso de distinto pH; se ha logrado comprobar la presencia de cambios de la resistencia compresiva de los ionómeros de vidrio de restauración frente a la exposición de la saliva concluyendo que el agua que compone dichos ionómeros juega un papel muy importante en la reacción acido- base necesaria para mezclar el polvo de vidrio con el ácido poliacrílico.

Gracias a estos estudios se determina que el agua proveniente de la parte líquida de los ionómeros se incorpora a la estructura del cemento pero al avanza la reacción se precisa proteger al ionómero con el fin de evitar procesos de disolución; una vez que la reacción alcanza su estado sólido, la pérdida de agua puede deshidratarlo lo cual es mucho más probable cuando la solución se encuentra en un medio ácido; el ionómero de vidrio de restauración se vuelve como tiza perdiendo las propiedades biomecánicas (Leon, 2022).

En la presente investigación se logró determinar que la resistencia compresiva con valor menor fue cuando los ionómeros de vidrio se encontraron en un medio acuoso con pH ácido con un valor de $15,23 \pm 10,69$ Mpa, este valor mejoro con las muestras expuestas a un pH neutro con una media de

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

22,30 ±12,71 Mpa y fue mucho mejor para un medio básico 23,15 ±13,41; dando como resultado que el pH de la saliva si influyo en la resistencia compresiva de los ionómeros de vidrio de restauración. Es menester determinar que los valores de compresión reportados concuerdan en intervalo con los propuestos en el estudio de Sibambe que reportó una media global de 33MPa, obviamente en este estudio no se realizó exposición a saliva artificial, por lo que los valores son superiores a los reportados en este estudio (Sibambe, 2019).

Referencias

1. 3M, S. applied to life. (2016). KetacTM Universal Glass Ionomer Restorative. 3M Oral Care. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1090406O/3m-ketac-universal-handmix-technical-product-profile-ltr-global.pdf>
2. Abdallah, S., Kandil, M., & El Rafie, D. (2021). Release characterization and biological effect of Glass Ionomer Functionalized with Two Different Chlorohexidine Derivatives: An in Vitro Study. *Egyptian Dental Journal*, 67(2), 1371-1383. <https://doi.org/10.21608/edj.2021.55450.1430>
3. Barrios, C., Vila, V., Martinez, S., & Encina, A. (2017). Ph Salival como factor asociado a la caries dental. *Revista de la Facultad de Odontología*, 10(1), 13-19. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/rfo/article/view/2929>
4. Bohner, & Prates. (2019). Resistencia a la compresión de un cemento de ionómero de vidrio bajo la influencia de la protección del barniz y diversos productos alimenticios. *ODOVTOS-Revista Internacional de Ciencias Dentales*, 20(3), 61-69. <https://www.medigraphic.com/pdfs/odovtos/ijd-2018/ijd183g.pdf>
5. Carbone, Z., Haydee, C., Martínez, M., & Elena, S. (2016). LA SALIVA: UNA MIRADA HACIA EL DIAGNÓSTICO. *RAAO*, 55 (2). https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1624/RIUNNE_AR_Zini-Carbone_CNH_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Caso, R., & Campos, K. (2021). Propiedades y aplicación clínica de los ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima-Perú. *Odontología Sanmarquina*, 24(4), 351-356. <https://doi.org/10.15381/os.v24i4.19854>

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

7. Deepika, K., Hegde, M., Hegde, P., & Bhandary, S. (2011). An evaluation of compressive strength of newer nanocomposite: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(1), 36. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.80734>
8. Fresno, M., Jeldes, G, Estay, J, & Martin, J. (2019). Prevalencia, severidad de caries dental y necesidad de tratamiento restaurador en escolares de 6 a 12 Años de la Provincia de Santiago, Región Metropolitana. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 12(2), 81-86. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-01072019000200081>
9. Guagua, D. (2014). Estudio Comparativo in Vitro de la Resistencia Compresiva de dos Ionómeros de Vidrio Modificados con Resina para Restauración en Cilindros Fotopolimerizados Considerando el Tiempo de Exposición a Saliva Artificial. [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3765/1/T-UCE-0015-125.pdf>
10. Hernández, A., & Aranzazu, G. (2012). Características y Propiedades Físico-Químicas de la Saliva: una Revisión. *UstaSalud*, 11(2), 102. <https://doi.org/10.15332/us.v11i2.1123>
11. Hernández, R, Moraga, R, Velásquez, M, & Gutiérrez, F. (2013). Compressive strength of glass ionomer Ionofil Molar® and Vitremer® according to exposure time in artificial saliva. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 6(2), 75-77. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-01072013000200005>
12. Khoroushi, M., & Keshani, F. (2013). A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dental Research Journal*, 10(4). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3793401/>
13. Leon, G. (2022). Resistencia a la compresión de ketac molar, ionofil molar y vitremer según tiempo de exposición en saliva artificial, Huánuco 2021 [Tesis de Grado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3567>
14. Linares, D., & Smith, D. (2021). Revisión literaria sobre el uso de guías quirúrgicas versus la técnica a mano alzada para la colocación de implantes dentales (Doctoral dissertation, Santo Domingo: Universidad Iberoamericana (UNIBE)). https://repositorio.unibe.edu.do/jspui/bitstream/123456789/784/1/190781_TF.pdf
15. Maddu, N. (2019). Functions of Saliva. En S. Gokul (Ed.), *Saliva and Salivary Diagnostics*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84709>

Resistencia Compresiva en la Estratificación de un Ionómero de Vidrio de Restauración Expuesto a Saliva Artificial de Diferentes pH

16. Morales, I., Ortega, A., Rojas, G., Aitken, J., Salinas, J., Lefimil, C., Lozano, C., Manríquez, J., & Urzúa, B. (2015). Reporte preliminar sobre el efecto de un sustituto salival a base de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en el alivio de la xerostomía en adultos mayores. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 8(2), 144-149. <https://doi.org/10.1016/j.piro.2015.01.001>
17. Mosquera, J., & Vélez, C. (2023). Protocolo para el reciclaje de los residuos de yesos generados en los procesos de elaboración de prótesis dentales en una Institución Universitaria de Medellín. *Ustasalud*, 22(2), 90-96.
18. Nica, I., Stoleriu, S., Iovan, A., Tărăboanță, I., Pancu, G., Tofan, N., Brânzan, R., & Andrian, S. (2022). Conventional and Resin-Modified Glass Ionomer Cement Surface Characteristics after Acidic Challenges. *Biomedicines*, 10(7), 1755. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10071755>
19. Sibambe, M. (2019). Resistencia del ionómero de vidrio de restauración de autocurado odontológico a fuerzas de compresión. Universidad Nacional De Chimborazo, 2018 [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5581/1/UNACH-EC-FCS-ODT-2019-0014.pdf>
20. Sidhu, S., & Nicholson, J. (2016). A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), 16. <https://doi.org/10.3390/jfb7030016>
21. Zavala-Alonso, V., Jerónimo-Prieto, R., Ramírez-González, J., Romo-Ramírez, G., Goldaracena-Azuara, M., & Ochoa-Monreal, C. (2021). Propiedades de los Cementos de Ionómero de Vidrio. <https://www.scielo.cl/pdf/ijodontos/v15n2/0718-381X-ijodontos-15-02-513.pdf>