



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

LIBERACIÓN DE FLUORURO Y RESISTENCIA FLEXURAL DE TRES
MATERIALES RESTAURADORES BIOACTIVOS: ESTUDIO IN VITRO

Línea de investigación:

Biomateriales

Tesis para optar por el título profesional de Cirujano Dentista

Autora:

Llancari Alonzo, Patricia Lizbeth

Asesor:

Alvites Temoche, Daniel Augusto
(ORCID: 0000-0002-3337-4098)

Jurado:

Salazar Sebastián, Alejandro Magno
García Rupaya, Carmen Rosa
Peltroche Adriánzen, Nimia Olimpia

Lima - Perú

2024



LIBERACIÓN DE FLUORURO Y RESISTENCIA FLEXURAL DE TRES MATERIALES RESTAURADORES BIOACTIVOS: ESTUDIO IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	www.ivoclarvivadent.com.mx Fuente de Internet	1%
3	www.rodyb.com Fuente de Internet	1%
4	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	1%
5	www.osteologia.org.ar Fuente de Internet	1%
6	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	vsip.info Fuente de Internet	1%
8	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

LIBERACIÓN DE FLUORURO Y RESISTENCIA FLEXURAL DE TRES MATERIALES RESTAURADORES BIOACTIVOS: ESTUDIO IN VITRO

Línea de investigación:

Biomateriales

Tesis para optar por el título profesional de Cirujano Dentista

Autora

Llancari Alonzo, Patricia Lizbeth

Asesor

Alvites Temoche, Daniel Augusto

(ORCID: 0000-0002-3337-4098)

Jurado

Salazar Sebastián, Alejandro Magno

García Rupaya, Carmen Rosa

Peltroche Adriánzen, Nimia Olimpia

Lima – Perú

2024

Agradecimientos

A mi asesor, Dr. Daniel Alvitez Temoche por el tiempo y consejos brindados para la elaboración de la presente investigación.

A la Dra. Leyla Delgado, Prof. Trevejo, Lic. Elizabeth y al Ing. Robert Eusebio Teheran que me brindaron su apoyo, conocimientos y el uso de sus laboratorios para la elaboración de la presente tesis.

Al Dr. Manuel Esquivel por su apoyo y aliento a través de todo el camino.

A la Sra. Marina que estuvo en todo mi camino universitario, con ayuda, consejos y cuidados.

A las amigas que me dió esta casa de estudios, fueron y son un hermoso regalo de la vida.

Dedicatoria

A Dios y la Virgen María que me guían a través del camino. A mis queridos padres, Ismael y Nilda, porque con su amor y apoyo constante consigo todos mis logros, que son los suyos. A mis hermanas, Fabi y Chio que me alientan y son mi luz guía cuando el camino parece tornarse oscuro. Finalmente, me lo dedico a mí, por el tiempo, la perseverancia y el esfuerzo puesto en este trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos Específicos.....	8
1.4. Justificación	8
1.5. Hipótesis.....	9
II. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	10
III. MÉTODO	24
3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Ámbito temporal y espacial	24
3.2.1. Ámbito temporal	24
3.2.2. Ámbito espacial	24
3.3. Variables	24
3.3.1. Variable dependiente.....	24
3.3.2. Variable independiente.....	24
3.3.3. Operacionalización de las variables.....	25
3.4. Población y muestra.....	26
3.5. Instrumentos.....	27
3.6. Procedimientos.....	27

3.6.1. Elaboración de muestras.....	27
3.6.2. Manejo de muestras.....	28
3.6.3. Cention N (Protocolo)	28
3.6.4. Equia Forte Fil (Protocolo).....	29
3.6.5. Beautifil II (Protocolo).....	29
3.6.6. Distribución de muestras.....	30
3.6.7. Evaluación de la liberación de flúor	30
3.6.8. Evaluación de la fuerza flexural.....	31
3.7. Análisis de datos	32
3.8. Consideraciones éticas	32
IV. RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	40
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES.....	45
VIII. REFERENCIAS.....	46
IX. ANEXOS.....	57

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la liberación de flúor y la resistencia flexural en materiales restauradores bioactivos. Este estudio es experimental *in vitro*, prospectivo, longitudinal. Para la muestra se elaboraron 40 discos y 40 barras, se dividieron en grupos ($n=10$) según el material bioactivo: giómero (Beautifil II), alcasite (Cention N), ionómero de alta viscosidad (Equia Forte Fil) y un ionómero convencional (Ketac Universal) como grupo control. Para determinar la liberación de flúor se utilizó un electrodo selectivo de ión fluoruro (Orion, Thermo Scientific™) y para evaluar la fuerza flexural se usó una máquina digital de ensayos universales modelo CMT-5L (LG). Se utilizaron las pruebas paramétricas de Anova de un factor con varianza robusta de Welch con post hoc de Games Howell y para comparar medidas relacionadas se usó la prueba de Friedman con post hoc de Bonferroni. Se estableció la significancia en $p<0.05$. Los resultados muestran que el mayor promedio de fuerza flexural lo presentó Cention N con 97.10 MPa, seguido de Beautifil II (82.77 MPa), Equia Forte Fil (31.38 MPa), y Ketac Universal (19.23 MPa). Además, al 1er día Ketac Universal liberó la mayor cantidad de flúor en ppm respecto a los materiales evaluados, al 3er y 7mo día, Cention N liberó más flúor y a los 14 días y 28 días, Ketac Universal liberó más flúor que los otros materiales. Se concluye que Cention N tiene los mejores valores de fuerza flexural, y que el Ketac Universal liberó más flúor en todo el periodo de tiempo evaluado.

Palabras clave: materiales dentales, cemento de ionómero de vidrio, fuerza flexural

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate fluoride release and flexural strength in bioactive restorative materials. This study is experimental in vitro, prospective, longitudinal. For the sample, 40 discs and 40 bars were made, they were divided into groups (n=10) according to the bioactive material: giomer (Beautiful II), alkasite (Cention N), high viscosity ionomer (Equia Forte Fil) and a conventional ionomer. (Ketac Universal) as a control group. To determine fluoride release, a fluoride ion selective electrode (Orion, Thermo Scientific™) was used and to evaluate flexural strength, a digital universal testing machine model CMT-5L (LG) was required. For statistical analysis, one-way Anova parametric tests with Welch's robust variance and Games Howell's post hoc was used and to compare related measures, Friedman's test with Bonferroni's post hoc was required. Significance was established at $p < 0.05$. The results show that the highest average flexural force was presented by Cention N with 97.10 MPa, followed by Beautiful II (82.77 MPa), Equia Forte Fil (31.38 MPa), and Ketac Universal (19.23 MPa). Furthermore, on the 1st day Ketac Universal released the greatest amount of fluoride in ppm compared to the materials evaluated, on the 3rd and 7th day, Cention N released more fluoride and at 14 days and 28 days, Ketac Universal released more fluoride than the other materials. It is concluded that Cention N has the best flexural strength values, and that Ketac Universal released more fluoride throughout the evaluated periods of time.

Keywords: dental materials, glass ionomer cements, fluorides, flexural strength.

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería y la regeneración de tejidos son, hoy en día, el área en que se centran las principales investigaciones en biomateriales. En odontología, sin embargo, este concepto no es reciente ya que se ha podido desarrollar la regeneración de tejidos orales con el uso de membranas periodontales, cementos, etc (Skallevold et al., 2019). En 1991, Larry Hench desarrolló el vidrio bioactivo (BAG), conocido como Bioglass 45S5. Este vidrio está compuesto por partículas de SiO_2 , Na_2O , CaO y P_2O_5 , y se encontró que tiene la capacidad de liberar iones de calcio, fosfato y sodio, y son precisamente estos iones que promueven la remineralización del órgano dental a través de la precipitación de hidroxiapatita incluso en medio acuosos y teniendo óptima capacidad de adherencia a tejidos blandos y duros (Burrer et al., 2022).

Estos vidrios bioactivos han sido progresivamente incorporados como material relleno en los materiales restauradores dentales con el fin de aumentar la remineralización de la dentina remanente y contrarrestar la degradación enzimática en la interfaz restauración-estructura dental (Tezvergil-Mutluay et al., 2017). El desarrollo de estos materiales está acompañado por un cambio de enfoque, se deja de hacer tratamientos invasivos como suponía Black en 1891 “extensión por prevención”, y hoy en día se propone un enfoque más conservador con el fin de proteger la mayor cantidad de estructura natural dental y tener dientes funcionales de por vida. Promover estas estrategias conservadoras nos ayudaran a evitar exposiciones pulpares y el consiguiente tratamiento pulpar (Gudiño-Fernández, 2023). Una de las características deseables en un material dental es que pueda soportar fuerzas de flexión que puedan ser frente a las cargas masticatorias presentes en la cavidad. Por eso este estudio se enfoca en evaluar las dos características deseables en los materiales bioactivos: su capacidad de liberar iones fluoruro y evaluar la resistencia flexural de estos.

1.1. Descripción y formulación del problema

La caries dental es considerada como una enfermedad infecciosa crónica multifactorial no transmisible, que está mediada por el biofilm oral y modificada por la dieta (Machiulskiene et al., 2020) Las bacterias cariogénicas presentes en el biofilm metabolizan los azúcares y producen ácidos que repercute en los tejidos duros del diente, desmineralizándolos progresivamente y ocasionando una lesión de caries (Rathee y Sapra, 2022). La prevalencia de caries dental sigue siendo muy alta, y aún quedan grandes desafíos respecto a la prevención y tratamiento de caries dental (Cheng et al., 2022), por esto, el cambio de paradigma sobre el abordaje de estas lesiones ha supuesto el desarrollo de nuevos materiales restauradores.

El concepto de Odontología de Mínima Intervención para manejo de lesiones cariosas se orienta en la detección temprana de estas lesiones y su posterior remineralización, así como el manejo de las lesiones activas con técnicas quirúrgicas y no quirúrgicas (BaniHani et al., 2022), ya sea en esmalte o dentina. Además, la selección del tratamiento a seguir será guiada por un análisis del riesgo personalizado por cada paciente (Giacaman et al., 2018). Esta filosofía enfatiza la preservación de la mayor cantidad de estructura dental posible y el concepto de reparación en lugar de reemplazo de restauraciones para detener la progresión de lesiones cariosas (BaniHani et al., 2022), para esta reparación se necesita de tratamientos remineralizantes de la estructura remanente (Innes et al., 2019).

Para la aplicación de estos tratamientos remineralizantes se han desarrollado los llamados materiales bioactivos que, al no ser pasivos, cumplen un papel dinámico en la cavidad oral (Calatrava, 2020). Estos materiales pueden imitar los mecanismos de mineralización fisiológicos y restaurar las propiedades mecánicas habituales del tejido, posibilitando su recuperación completa. Dentro de estos materiales, los materiales de monobloque o “bulk-fill” han cobrado mayor protagonismo debido al gran atractivo clínico que ofrece como reducir el tiempo clínico, reducción de la tensión de contracción (Van Ende, 2017), y través de menores

concentraciones de relleno han logrado una mejor penetración de luz a mayores profundidades (Cidreira et al., 2019).

Un material restaurador bioactivo ideal que se coloque en áreas de alta tensión o carga oclusal debe cumplir con valores de resistencia a la flexión de más de 80 MPa (Vandana et al., 2018), adicionalmente debe liberar flúor a largo plazo, especialmente en paciente con un riesgo de caries moderada a alta. Hoy en día tenemos diversos materiales bioactivos disponibles en el mercado peruano, sin embargo, no hay suficiente evidencia sobre la cantidad flúor que liberan estos materiales bioactivos usados en modo de fotocurado y cuál es el grado de fuerza flexural que presentan estos materiales restauradores. Por lo tanto, la pregunta de la presente investigación es:

¿Existirá diferencias en la cantidad de flúor liberado y el grado de flexión de estos materiales restauradores bioactivos de uso odontológico en su modo fotocurado?

1.2. Antecedentes

Balagopal et al. (2021) realizaron un estudio en la India, el objetivo fue comparar la fuerza flexural, fuerza de adhesión y la capacidad de liberación de flúor entre un ionómero de vidrio (Fuji IX GIC) y un alcasite (Cention N). Para evaluar la fuerza adhesiva y la fuerza flexural se confeccionó 10 (n=10) especímenes por cada material. Para evaluar la fuerza adhesiva se necesitó de 10 piezas dentales primarias humanas extraídas (n=10) por grupo, dando un total de 60 muestras en evaluación. La liberación de fluoruro se midió usando un electrodo selectivo del ion fluoruro junto con un analizador, previa calibración del equipo. Las mediciones fueron hechas todos los días por 21 días. Para evaluar la fuerza de adhesión se pulió la cara vestibular de cada pieza dentaria, y sobre la superficie se colocó el material restaurador, luego se colocaron en la máquina de ensayo universal. Para medir la fuerza a la flexión se colocaron las muestras confeccionadas en la máquina de ensayo universal. Los resultados mostraron que hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) en la liberación de

flúor ya que Fuji IX mostró una mejor capacidad de liberación de flúor que Cention N. La fuerza a la flexión de Cention N fue superior a la de Fuji IX mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$). Finalmente, la fuerza de adhesión entre ambos grupos no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$).

Abouelella et al. (2021) en Egipto, evaluaron la liberación de flúor y la capacidad de recarga de un nuevo material híbrido de vidrio con y sin presencia del coat. La muestra fue conformada por 68 ($n=68$) primeras molares exfoliadas o extraídas por motivos ortodónticos. Se realizaron cavidades clase V en la cara bucal de la pieza y luego fueron restauradas con Equia Forte Fil según lo indica el fabricante, se dividieron aleatoriamente en dos grupos, el grupo I ($n=34$) fue restaurado con Equia Forte Fil + Equia Forte Coat y el grupo II ($n=34$) fue restaurado sólo con Equia Forte Fil. Las muestras fueron sumergidas en saliva artificial y se midió la liberación de flúor a los 1,3,7,14,28 días usando un electrodo específico de iones de flúor. A los 28 días, cada grupo se dividió en 2 subgrupos ($n=17$). El subgrupo I A y II A se trató con Enamel Pro Varnish y el grupo I B y II B no recibió ningún tratamiento. Se volvió a sumergir en saliva artificial y se midió la liberación por los mismos periodos de tiempo. Se concluyó que la liberación y recarga de flúor fue mayor en el grupo II. En el grupo A la cantidad de fluoruro disminuyó progresivamente a lo largo del estudio. En cuanto a los subgrupos IB y IIB los datos fueron constantes.

Francois et al. (2021) realizaron un estudio en Francia, objetivo de ésta fue investigar las propiedades flexurales y fuerza de adhesión a la dentina de tres materiales de relleno en bloque (Surefil One- So, Cention N- CN, Activa BioActive Restorative – AB) en modo de autocurado y fotocurado. Equia Forte Fil – EF fue usado como material de control. Para evaluar la fuerza flexural se confeccionaron barras de cada material siguiendo las instrucciones de fábrica. Las barras fueron incubadas por 2 semanas a 37° , luego fueron montadas en la máquina de testeo universal para la evaluación de la resistencia a la flexión y el módulo de flexión. La

adhesión a la dentina fue evaluada en una máquina de testeo universal y se necesitaron 154 molares permanentes extraídas. Se raspó la superficie oclusal de las coronas para exponer una superficie plana de dentina y sobre éstas fueron colocados cilindros confeccionados de cada material a evaluar. Se obtuvo que las propiedades de flexión fueron mejores en el modo de fotocurado para todos los materiales excepto para el Cention N (CN). Además, Cention N (CN) tuvo los valores más altos de SBS después de la aplicación del adhesivo universal (33,8 MPa), y SO tuvo los valores más altos de SBS sin pretratamiento (20,9 MPa).

Yap et al. (2021) en Malasia, evaluaron el desempeño mecánico de materiales bioactivos en un entorno cariogénico y la fuerza flexural de estos materiales. Para el estudio fueron usadas una resina convencional (Filtek Z350) como control negativo y tres materiales bioactivos: una alcasite (Cention N), un giómero (Beautifil-Bulk Restorative) y un ionómero de vidrio modificado con resina (Activa Bioactive Restorative). Se elaboraron muestras en forma de cilindro y se asignaron aleatoriamente a 4 grupos ($n = 10$) y luego fueron acondicionadas en solución desionizada, solución remineralizante, solución desmineralizante (DE) durante 14 días a 37° C. Después del ciclo de acondicionamiento, las muestras se sometieron a una prueba de flexión. El módulo medio de flexión y la resistencia variaron de $3,54 \pm 0,33$ a $7,44 \pm 0,28$ GPa y de $87,07 \pm 8,99$ a $123,54 \pm 12,37$ MPa, respectivamente. Se determinó que, si bien el módulo de flexión no se vio afectado por las condiciones cariogénicas/ácidas, la resistencia a la flexión generalmente disminuyó, a excepción de CN. Para todos los medios condicionantes, el ionómero reforzado con resina tuvo un módulo inferior respecto a los otros materiales. Se observó que las condiciones cariogénicas reducían significativamente la resistencia de los restauradores bioactivos.

Singh et al. (2020) realizaron un estudio en la India, este estudio tuvo por objetivo comparar la liberación de flúor entre un cemento convencional de ionómero de vidrio (GIC), ionómero de vidrio modificado con resina (RMGIC) y un alcasite. Se confeccionaron 45

(n=45) muestras de los tres materiales siguiendo las instrucciones del fabricante. El GIC convencional (GC Fuji II) se fraguó por curado químico, los demás materiales (GC Fuji II LC y Cention N) fueron fotopolimerizados por 20 segundos. Luego del fraguado las muestras fueron sumergidas en 10 ml de agua desionizada. La liberación de flúor fue medida con un electrodo selectivo de fluoruro, previamente calibrada, con intervalos de tiempo de 1,7, 14 y 28 días. Se determinó que Cention mostró una mayor liberación de fluoruro (en partes por millón) que GIC y RMGIC con una mayor duración. Sin embargo, al final del día 1, hubo una menor liberación de fluoruro con Cention N, en comparación con los otros grupos.

Moshaverinia et al. (2019) en Estados Unidos evaluaron la microdureza superficial, liberación de flúor, la resistencia a la tracción diametral, a la compresión y a la flexión de Equia Forte Fil, Fuji IX GP y ChemFil Rock, para esto se confeccionaron 10 discos (n=10) de cada material y fueron almacenadas en una solución de agua destilada a 37° por 8 días. Para las pruebas de resistencia, prueba de flexión y prueba de tracción diametral se usó la máquina de testeo universal. La prueba de dureza Vickers (HV) se realizó en un probador de microdureza. La liberación de fluoruro se midió con un electrodo selectivo de ion fluoruro. Mediante un microscopio electrónico de barrido se analizó la morfología superficial de 3 muestras por material restaurador, 1 semana después del fraguado. Los resultados mostraron que Fuji IX mostró valores altos de resistencia compresiva y de resistencia a la tracción diametral, en comparación a Equia Forte Fil y ChemFil Rock. Equia Forte Fil exhibió una resistencia a la flexión y una dureza superficial significativamente mayores que el Fuji IX GIC. ChemFil Rock tuvo una mayor resistencia a la flexión que Equia Forte Fil, pero una resistencia a la compresión y una microdureza significativamente menores. Respecto a la liberación de flúor, Equia Forte Fil mostró cantidades más altas en comparación con los demás ionómeros usados en este estudio.

Rai et al. (2019) desarrollaron en la India un estudio que tuvo como objetivo comparar la liberación y capacidad de recarga de flúor de Cention N, Zircomero y GC Label 9 Extra. La muestra estuvo conformada por 12 (n=12) especímenes de cada material que fueron preparados acorde a las especificaciones del fabricante y después de fraguado fueron sumergidas en 5 ml de agua desionizada y se incubó a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cada 24 h, el líquido fue recambiado. La liberación media de fluoruro (en ppm) de cada material, el día 1 y el día 6, se calculó utilizando un espectrofotómetro. En el día 6, las muestras se recargaron con una solución de NaF neutra al 0,2 % durante 2 min y se midió la liberación de fluoruro 7 días después. Como resultado se obtuvo que Cention N liberó una cantidad significativamente mayor (14.33 ppm) de fluoruro el día 1 y 6 que el zircomero (1.84 ppm) y Gc Gold Label 9 (4.74 ppm). Con respecto a la recarga de Flúor, hubo un incremento de flúor en los tres materiales, sin embargo, Cention N mostró una mejor propiedad de recarga seguido por el Zircomero. No hay diferencias significativas entre la habilidad de recarga de flúor entre el Zircomero y el Gold Label 9 Extra.

Dasgupta et al. (2018) realizaron un estudio en la India, el objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la liberación y absorción de flúor de ionómeros de vidrios GP IX Extra (GE), EQUIA[®] Forte Fil (EF), Beautifil Bulk (BB), Dyract XP (DXP), Tetric N-Ceram (TNC) para esto se confeccionaron 12 (n=12) muestras de cada material. La liberación de Flúor fue medida mediante un electrodo selectivo de ion fluoruro a los 1,3,7,14 y 28 días. Luego la recarga de fluoruro fue realizada agregando una solución de flúor gel acidulado al 1,23% (12,300 ppm) y se volvió a medir la liberación de flúor 28 días después. Como resultado intergrupar se mostró que el grupo de Equia Forte Fil tuvo valores más altos de liberación y recarga de fluoruro en comparación con los otros grupos, además la liberación de fluoruro fue mayor al final del día 1 que disminuyó conforme pasó el tiempo.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Comparar la resistencia flexural y la liberación de fluoruro in vitro de tres materiales restauradores bioactivos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia flexural in vitro del Beautifil II (Giómero), Cention N (Alkasite) y del Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad).

- Comparar la resistencia flexural in vitro del Beautifil II (Giómero), Cention N (Alkasite) y del Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad).

- Determinar la liberación de fluoruro in vitro del Beautifil II (Giómero), Cention N (Alkasite) y del Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad) a los 1, 3, 7, 14 y 28 días de estar sumergido en agua desionizada.

- Comparar la liberación de fluoruro in vitro del Beautifil II (Giómero), Cention N (Alkasite) y del Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad) a los 1, 3, 7, 14 y 28 días de estar sumergido en agua desionizada.

1.4. Justificación

La caries dental sigue siendo la enfermedad bucal más prevalente en la población, sin embargo, lo que ha cambiado ha sido el entendimiento de la enfermedad y los enfoques terapéuticos que han respondido a los avances en materiales dentales ofreciendo tratamientos cada vez más estéticos, conservadores y duraderos.

Según el enfoque de mínima intervención, debemos preservar todo el tejido dentario posible y remineralizar la estructura resultante. Por lo anterior, todos los materiales deberían liberar flúor y tener propiedades mecánicas adecuadas para soportar las cargas oclusales habituales. Frente a la inmensa cantidad de materiales restauradores bioactivos, es importante evaluar la información entregada por los fabricantes respecto a sus propiedades bioactivas.

Esta investigación evalúa la liberación de flúor de los diferentes materiales bioactivos, así como la fuerza flexural de los mismos, esta investigación ayudará a que el odontólogo cuente con información actualizada y basada en evidencia científica, con esto, tomar mejores decisiones clínicas en beneficio del paciente, ofreciendo tratamientos restauradores rápidos, con buena estética, económicos y biocompatibles logrando así una buena calidad de vida y mejora de la autoestima del paciente.

1.5. Hipótesis

H0 = No existen diferencias significativas en la cantidad de liberación de flúor y la fuerza de flexión de los materiales bioactivos estudiados.

H1= Si existen diferencias significativas en la cantidad de liberación de flúor y la fuerza de flexión de los materiales bioactivos estudiados.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre tema de investigación

Materiales Bioactivos

Los materiales bioactivos son todos aquellos capaces de lograr una respuesta biológica específica entre la interfase de unión del material y el tejido que está en contacto con fluidos del cuerpo. Es justo en esta interfase que se propician el intercambio fisicoquímico de iones entre el tejido blando, material y hueso (Tay, 2014).

En el campo de los biomateriales dentales, la bioactividad de un material principalmente evidencia que el material es capaz de formar minerales de hidroxiapatita en su superficie ya sea in vitro e in vivo (Vallitu et al., 2018). Para que ocurra esta mineralización deben interactuar tres elementos: la química de la superficie, la estructura y las cualidades del microambiente líquido circundante.

Los materiales dentales más usados en las restauraciones son: composites de resina, cementos de polialqueonato de vidrio (ionómero de vidrio) y cerámicas que incorporan fases amorfas y cristalizadas. De los anteriores mencionados, los polialquenoato de vidrio cementos y silicatos de calcio, son los que pueden liberar iones teniendo un papel potencial en la biomineralización (Pekka et al., 2018).

Generaciones de materiales bioactivos. Se pueden distinguir tres zonas evolutivas. Los biomateriales de primera generación son llamados también biopasivos y estaban diseñados para lograr las propiedades físicas adecuadas a fin de igualar las del tejido a reemplazar esperando, posiblemente, una mínima respuesta tóxica del huésped (Hench y Polak, 2002). Estos materiales eran inertes ya que no interactuaban con el medio en el que se encontraban. Los biomateriales de segunda generación son bioreparadores, estos materiales son bioactivos y biodegradables. Al ser bioactivos que buscan reparar el tejido dañado, proveyendo elementos que hacen falta al huésped (por ejemplo, flúor, calcio, etc.) a través de una reacción específica

y controlada. Como biodegradable se entiende que el material se degrada en el ambiente fisiológico y es reemplazado por el tejido huésped.

Finalmente, los biomateriales de tercera generación son conocidos también como materiales bioregeneradores ya que en lugar de sólo reparar su objetivo es lograr una adecuada regeneración y biointegración. Son diseñadas para estar en contacto con el tejido vivo a fin de lograr específicas respuestas celulares a nivel molecular del huésped. Las propiedades superficiales son esenciales para obtener una respuesta positiva cuando se situó en cercanía al tejido vivo. Esto es muy importante en tratamientos de regeneración pulpar. Un ejemplo de esta generación es el MDP (10-metacriloxidecilfosfato dihidrogenado) monómero en adhesivos que forman nanocapas de apatita (Martínez y Estelrich, 2016) y los materiales a base de MTA que estimulan la formación de puentes dentinarios.

Propiedades de los materiales bioactivos. Se consideran las principales propiedades

-Material alcalino. Este tipo de ambiente crea un ambiente que aleja bacterias y facilita la formación de tejido calcificado.

-Trabajar a base de agua. Esta característica los hace “inteligentes” ya que reaccionan a cambios del medio para modificar sus propiedades en el mismo material o en el complejo material-sustrato dental (Cedillo et al., 2021).

-Acción antibacteriana contra un amplio espectro de microorganismos y que la suma de estos agentes no interfiera en el desempeño mecánico y óptica del material restaurador.

-Promoción de la deposición de dentina reactiva. además de remineralizar la dentina remanente afectada.

-Efecto terapéutico. Mediante la liberación de iones de fluoruro que se incorporen a los tejidos adyacentes, lo que haría que la estructura del diente sea menos soluble al desafío ácido (Calatrava, 2020).

Clasificación de Materiales Bioactivos. De acuerdo con su finalidad se pueden distinguir cuatro grandes grupos.

Preventivos. La salud bucal tiene repercusiones en el estado general de la salud del ser humano. Por ello se deben implementar estrategias para reducir los factores de riesgo asociados a enfermedades bucodentales. Dentro de esta tenemos una prevención primaria, enfocada a evitar la aparición de la enfermedad y una secundaria, orientada a detener o retardar el avance de una enfermedad ya instalada (Organización Panamericana de la Salud [OPS],1996). Para prevenir la caries dental y desmineralizaciones se han investigado el uso del calcio de fosfato amorfo (ACP) incorporándolo a barnices, selladores de fisuras y gel (Imazato et al., 2020).

Terapéuticos. Dentro de este grupo tenemos a los destinados para recubrimiento pulpar directo e indirecto. Actualmente se defiende la promoción de estrategias de tratamientos biológicamente orientados con el fin de evitar la exposición de la pulpa cariada.

El tratamiento del complejo dentino-pulpar en cualquier restauración es muy importante y desafiante desde el punto de vista biológico y clínico. La reacción del complejo dentino-pulpar ante agresiones externas, provoca cambios de sus estructuras ya existentes y/o crea nuevas. Un ejemplo de la reacción y defensa del complejo dentino-pulpar es la hipermineralización y obliteración de los túbulos dentinarios y representa mecanismos importantes en el mantenimiento de la vitalidad pulpar (Kunert y Lukomska-Szymanska,2020).

Dentro de este grupo tenemos a Biodentine, TheraCal, MTA (Trióxido Mineral Agregado), entre otros. Este tipo de materiales fueron diseñados para ser emplazados como material de recubrimiento pulpar directo o indirecto. El recubrimiento pulpar indirecto se coloca en cavidades profundas con una pulpa con una lesión potencialmente reversible y un recubrimiento pulpar directo se coloca cuando hay exposición pulpar y se desea formar una barrera de dentina terciaria (Pereira et al., 2011).

Cementantes. Estos agentes funcionan como enlace entre el diente preparado y de soporte y el material protésico. Un agente cementante tiene como objetivo principal llenar el vacío en la interfase restauración-diente y situar la restauración en su lugar para evitar su deslizamiento durante los movimientos masticatorios (Kheur et al., 2019).

Conceptualmente, los cementos resinosos duales fueron creados para unir las características favorables de los cementos autopolimerizables y fotopolimerizables compensando así, la pérdida o ausencia de luz debido a la distancia entre la fuente activadora y el sistema cementante (Santana Gomes et al., 2009).

Restaurativos. La finalidad de los materiales restauradores es recuperar las propiedades biológicas, funcionales y estéticas de una estructura dental sana que han sido perdidas a causa de caries (Lu et al., 2006).

Uno de los objetivos de un material restaurador es sellar la dentina expuesta en relación con el ambiente oral, así prevenimos un daño pulpar u originar mayor daño. Podemos definir la microfiliación como el pasaje entre el material restaurador y la pared de la cavidad que es clínicamente indetectable y permite el paso de fluidos, bacterias e iones (De Munck et al., 2005).

Como resultado de la microfiliación o la remoción incompleta de la lesión cariosa, se pueden encontrar bacterias como el Estreptococos Mutans que está asociada a la caries dental, por lo que es deseable que los materiales dentales puedan prevenir la aparición de caries recurrente. Los cementos de Ionómero de Vidrio tienen potencial de inhibir la caries a través de su mecanismo de la liberación de flúor y al ser antibacteriano ayuda en la eliminación y reducción de microorganismos presentes en la interfase diente-material restaurador (Vermeersch et al., 2005).

Sin embargo, los GIC muestran deficiencias en comparación con las resinas compuestas en términos de alta sensibilidad a la humedad y bajas propiedades mecánicas Para poder

sobrepasar estas debilidades, pero a la vez mantener los beneficios clínicos de los GIC se han ido incorporando mejoras a su formulación inicial, lo que resultó a mejoras exponenciales en sus propiedades de resistencia al desgaste, estética, fuerza y manejo clínico (Dionysopoulos et al., 2013). Estas mejoras tienen una gran importancia clínica ya que la resistencia a la compresión y a la flexión tiene un rol importante en el proceso masticatorio, nos permite determinar la capacidad para exhibir resistencia a las fuerzas oclusales producidas en función y parafunción. Los ejemplos de estos materiales híbridos comprenden la resina modificada cementos de ionómero de vidrio (RMGIC), modificados con poliácidos de resinas compuestas (compómeros) y giómeros (Vandana et al., 2018).

Ionómeros de alta viscosidad

Los cementos ionómero de vidrio (CIVs) son materiales de restauración introducidos a mediados de los años 70 luego de ser desarrollados por Hench en un afán de mejorar el cemento de silicato (Webman et al., 2016).

El ionómero de vidrio (IV) es un material a base de agua, que se obtiene después de una reacción ácido-base. El ácido polialquenoico reacciona a un vidrio de aluminosilicato básico generando un polisil y formando la matriz inicial del cemento. El ácido polialquenoico suele ser un ácido poliacrílico, ácido (politacónico, polimaleico) o un copolímero de los anteriores (Caso y Campos, 2021).

Se sabe que las propiedades físicas de los ionómeros de vidrio están influenciadas por proporción polvo: líquido, el tamaño de la partícula de vidrio, así como la concentración del poliácido, etc. Uno de sus principales beneficios es la liberación de flúor, otra de sus ventajas clínicas es la adhesión de los ionómeros de vidrio a la superficie del diente (Sidhu y Nicholson, 2016), sin embargo, una de sus principales debilidades eran sus pobres propiedades mecánicas, y es por lo que a fines de 1990 se desarrollan los ionómeros de vidrios de alta densidad, HVGIC, por sus siglas en inglés. Se pueden definir a estos nuevos ionómeros como ionómeros

convencionales cuyos vidrios han sido optimizados, así el Calcio (Ca) es sustituido por nuevos elementos como el Estroncio (Sr) e incluso, Zirconio (Zr), con esto se mejora de distribución de sus partículas y poliácidos, logrando una matriz con alta reticulación.

Esto hace que sus propiedades físicas sean superiores (Abraham et al., 2014). Por ser altamente viscoso también se ha propuesto como material de elección para el tratamiento restaurador atraumático (TRA) (Hilgert et al., 2014).

Equia Forte Fil. El concepto denominado EQUIA apareció en 2007 y proviene de sus siglas en inglés Easy, Quick, Unique, Intelligent y Aesthetic (fácil, rápido, único, inteligente y estético, respectivamente) .Reúne las principales ventajas de su predecesor, un GIC de alta viscosidad (Fuji IX GP) y un barniz fotopolimerizable con nanorrelleno (G-Coat Plus), estos dos componentes proporcionan protección en la fase de maduración temprana para mejorar la resistencia y una dureza superficial mejorada (Friedl et al., 2011).

En 2014, GC Corporation formuló EQUIA Forte®, uno de los primeros vidrios híbridos indicados para restauraciones de Clase II sometidas a estrés. Posteriormente en el 2019, se presentó el GIC EQUIA Forte® HT Fil de alta viscosidad, que mostraba una translucidez mejorada (Kisby, 2021).

Respecto a su composición, el polvo está constituido por un 95% de vidrio de fluoroaluminio-silicato de estroncio. La parte líquida contiene un 40% de ácido poliacrílico acuoso.

Equia Forte Coat. Equia Forte Coat es una resina de nanorelleno autoadhesivo que protege y mejora las propiedades físicas de la restauración. Este recubrimiento contiene relleno de sílice de 40 nm y usa una tecnología de dispersión que asegura una distribución homogénea y previene el aglutinamiento. Esta resina se infiltra en los poros y las irregularidades de la superficie de la restauración, haciéndolo más resistente al desgaste, fuerte y brillante (Joshi y Heiss, 2021).

Al colocar el recubrimiento en la restauración se logra buenos beneficios en los estadios tempranos del fraguado, esto debido a que se produce una alta secundaria de dureza en la superficie (Shimada et al., 2015).

Indicaciones. Se recomienda usar el material restaurador en los siguientes escenarios clínicos.

- Restauraciones de clase I, V.
- Restauraciones de clase II (que soportan y no soportan stress).
- Restaurador intermedio.
- Restauraciones de la superficie de la raíz.
- Reconstrucción sobre muñones.

Contraindicaciones. No se recomienda ser usado como material de recubrimiento pulpar, en pacientes con antecedentes de hipersensibilidad a los monómeros de acrilato/metacrilato. En raros casos el producto puede causar sensibilidad.

Alkasite

Un “alkasite” es un material restaurador que fundamentalmente es un subgrupo de las resinas compuestas, como los compómeros u Ormecer. Este tipo de material utiliza un relleno alcalino que tiene la capacidad de liberar iones neutralizantes de ácidos (Samanta et al., 2017).

La parte líquida es un monómero orgánico se compone de dimetacrilato de uretano (UDMA), dimetacrilato de triciclododecan-dimetanol (DCP), dimetacrilato de tetrametil-xilendiuretano (UDMA alifático aromático) y dimetacrilato de polietilenglicol 400 (PEG-400 DMA) (Sadananda et al., 2018).

El Dimetacrilato de uretano (UDMA) es el componente principal de la matriz y muestra una viscosidad moderada, produciendo fuertes propiedades mecánicas, al no tener grupos de hidroxilos, es hidrófobo y tiene baja absorción de agua (Barszczewska-Rybarek, 2009). El DCP es un metacrilato difuncional de baja viscosidad que posibilita la mezcla manual del material.

El UDMA alifático aromático es un dimetacrilato de uretano parcialmente aromático, este elemento es un reticulante hidrofóbico de alta viscosidad que combina las propiedades de los disocianatos alifáticos y aromáticos como es la baja tendencia a la decoloración y rigidez, respectivamente.

Finalmente, el PEG-400 DMA, es un monómero líquido que mejora la fluidez de este material, al ser hidrofílico, favorece la humectación de la dentina y esmalte para adaptarse al lodo dentinario (Mozner et al., 2008).

Los rellenos se eligieron para dar la resistencia idónea y poder tolerar las tensiones en la cavidad bucal pero también para obtener las características de manejo adecuado del material mezclado. En el polvo se encuentran rellenos que contienen vidrio de silicato de aluminio y bario, trifluoruro de iterbio, Isofiller, vidrio de fluorosilicato de aluminio, bario y calcio, vidrio de fluorosilicato de calcio (Sadananda et al., 2018).

El Isofiller, es un relleno patentado (usado también en Tetric N- Ceram) que está funcionalizado con silanos, y se fusiona con las otras partículas de relleno. Esto mejora y potencializa la unión entre la matriz de monómero orgánico y el relleno inorgánico. Y con un tamaño de partícula de entre 0,1 μm y 35 μm . son los responsables de distribuir adecuadamente las fuerzas.

Los fotoiniciadores como el Ivocerin, que es un derivado de dibenzoil germanio y el óxido de acil fosfina, absorben fotones durante el curado, esto origina la ruptura del enlace químico dentro de los iniciadores y la formación de dos radicales que reaccionan con los monómeros orgánicos para producir una fuerte red polimérica. Este alcasite no tiene en su formulación Bis-GMA, HEMA o TEGDMA (Schenck et al., 2011).

Cention N es un material de obturación para restauraciones directas disponibles en el único tono A2. Es autopolimerizable con fotopolimerización adicional opcional. Como material de polimerización dual, se puede utilizar como material de reemplazo de un solo

incremento (bulk-fill). El fotocurado opcional se lleva a cabo con luz azul, con un rango de longitud de onda de aproximadamente 400 – 500 nm, lo cual es compatible con todas las longitudes de ondas de las lámparas de polimerización estándar (Samanta et al., 2017).

Indicaciones. Cention N fue desarrollado para escenarios clínicos que comprenden.

- Restauraciones de clase I (oclusales) y II (oclusales y proximales) de piezas permanentes con un adhesivo.
- Indicado para usar sin un adhesivo en cavidades de clase I y II con preparación retentiva, teniendo en cuenta que la distancia entre los márgenes de la cavidad y el vértice de cúspide es ≥ 1 mm.
- Restauraciones de clase V (cervicales) en piezas permanentes con un adhesivo.
- Restauraciones en deciduos (con y sin adhesivo).

Contraindicación. Las propiedades de Cention N no pueden ser garantizadas cuando son aplicadas en siguientes escenarios clínicos.

- No es posible establecer un campo de trabajo seco o no se puede realizar la técnica de aplicación prescrita.
- Si el paciente es alérgico a cualquiera de los componentes de Cention N.
- Cuando se usa sin adhesivo para simplemente llenar una caja proximal (cavidad de la ranura).
- Cuando se usa sin un adhesivo para reemplazar una cúspide.

Giómeros

Los giómeros son considerados una clase materiales híbridos ya que combinan las características de las resinas convencionales y los ionómeros de vidrios (Rusnac et al., 2019). Estos nuevos materiales aseguran combinar las ventajas clínicas de los ionómeros de vidrio como es la prevención de caries secundaria a través de la liberación de iones fluoruro, con la resistencia de una resina compuesta (Tsujimoto et al., 2017).

Dentro de su formulación posee, al igual que las resinas compuestas, una matriz de bis-GMA y TEGDMA (Francois et al., 2020). Sin embargo, es su nueva tecnología de relleno de ionómero de vidrio pre reaccionado (PRG, por sus siglas en inglés) que le confiere una liberación de flúor más rápida y además la capacidad de recarga, haciéndolo un material inteligente (Ikemura et al., 2008).

Esta nueva tecnología es una reacción ácido-base que pre reacciona las partículas de vidrio de fluoroaluminosilicato con el ácido poliacrílico (Colceriu et al., 2019) en presencia del agua, formando un hidrogel húmedo silíceo. Después de la liofilización, este hidrogel es deshidratado, y silanizado para poder formar las partículas pre reaccionadas en un tamaño específico e incorporadas a la matriz de relleno (Ikemura et al., 2008).

Estos vidrios pre reaccionados pueden clasificarse en 2 modos, de tipo reacción completa o “full reaction” (F- PRG) o de tipo de reacción superficial o “surface reaction” (S-PRG). En el primer tipo, el relleno de vidrio completo es reaccionado con los poliácidos, mientras que, en segundo tipo, sólo los rellenos de la superficie son reaccionados. Este último mejora la interfaz de unión entre la estructura dental y el material de restauración (Nakamura et al., 2009).

Para que la liberación y recarga de flúor ocurra, los giómeros necesitan captar agua del medio bucal, la absorción de agua se produce en el perímetro del material, y al contactar con un relleno S-PRG, provoca la liberación de iones (Gonolul et al., 2014) Los giómeros han tenido una buena performance en restauraciones Clase I, II y V además de que pueden ser colocados en bloque es decir incrementos de hasta 4mm (Abdel-karim et al., 2014).

Remineralización

Según la teoría quimioparasitaria de Miller, la formación de caries dental empieza cuando las bacterias residentes de la cavidad oral metabolizan el ácido proveniente de los carbohidratos fermentados, este ácido generado (que incluyen ácido láctico, acético, fórmico y

propiónico) hace que el pH disminuya, provocando la pérdida de minerales de la estructura dental, esta continua desmineralización produce al final, una lesión cariosa (Yang et al., 2013).

Este proceso de desmineralización continúa cuando se ingiere carbohidratos que serán metabolizados en ácidos. A medida que estos ácidos se difunden por dentro del esmalte, producen hidrógeno que disuelve el esmalte, en este proceso libera iones de calcio y fosfato que salen al medio externo. Los fluoruros reaccionan a los iones de Calcio y fosfato libres para poder formar cristales de fluorapatita. Estos cristales, a comparación de la hidroxiapatita, no se disuelven por encima de un pH de 4.5 lo que hace que la superficie sea más resistente a los ataques ácidos (Gao et al., 2016).

Como sabe el pH salival es entre 6,2 y 6.8 que es una zona segura con bajo riesgo de caries dental, a este nivel los cristales de hidroxiapatita conservan su forma. Cuando este pH salival cae a 5.5, producto de los ácidos, los cristales se disocian, este valor es conocido como pH crítico, luego producto el efecto buffer de la saliva, se vuelve a equilibrar el pH en la cavidad oral (Al-Qarni et al., 2021).

Los iones de fluoruro están presentes en la placa y película dental además de la saliva, y mejoran la remineralización siempre que el calcio y fosfato estén disponibles cantidades adecuadas. A altas concentraciones, los iones de fluoruro también inhiben el metabolismo de los carbohidratos de las bacterias cariogénicas (Yip y Smales, 2012).

Se puede inferir que la desmineralización juega un rol importante para la progresión de una lesión de caries. Desde un punto de vista químico la desmineralización y remineralización es un proceso similar tanto para el esmalte, dentina incluso el cemento radicular. La diferencia en su naturaleza y el progreso de la lesión cariosa serán marcadas por el contenido orgánico y la cantidad de minerales disponibles en cada estructura (Arifa et al., 2019).

Por lo tanto, un material de restauración idóneo debe ser capaz de resistir la desmineralización para esto debe neutralizar rápidamente el pH mediante la liberación de iones,

así después de la restauración dental, el esmalte circundante ya no es vulnerable al ataque ácido (Kim et al., 2021).

Fuerza flexural

Se puede entender como el máximo esfuerzo de un material antes de que se rompa. La prueba es realizada en una máquina de testeo universal en el cual una barra hecha del material es sujeta de ambos lados y es sometida a una carga estática. En esta prueba se producen los 3 tipos de tensiones: compresivas, de corte y traccionales (Macchi, 2019).

Esta evaluación al simular las fuerzas complejas de la boca es un buen predictor de la conducta clínica de un material restaurador por eso es el más usado en evaluaciones in vitro (Calheiros et al., 2013).

Métodos para la determinación de flúor en muestras

El flúor se encuentra naturalmente en el agua, los alimentos, el suelo y varios minerales como la fluorita y la fluorapatita, y está presente en un único estado de oxidación; sin embargo, se lo puede encontrar formando desde enlaces con un alto porcentaje de carácter iónico hasta enlaces con un elevado carácter covalente. El fluoruro normalmente entra el cuerpo humano a través del agua, los alimentos, la exposición industrial, las drogas, los cosméticos, etc. (Ghosh et al., 2012).

Hasta el día de hoy, la medición de concentración de flúor es un tema controversial, por esto se han desarrollado muchas técnicas y metodologías. Lo principal a tomar en cuenta es qué tipo de compuesto de flúor se medirá.

El flúor puede encontrarse como:

- Flúor iónico: mejor conocido como fluoruro (F⁻). Puede formar sales como el NaF y el CaF₂. Hay que tener en cuenta la disociación, los compuestos poco disociados como CaF₂, no son sensibles de los electrodos (Puche y Rigalli, 2007).

- Flúor ácido-lábil (FAL) corresponde a flúor ligado a compuestos ya sea por enlace iónico o covalente pero que se desprende de la muestra como ácido fluorhídrico, por tratamiento con ácido fuerte. Por ejemplo, el monofluorofosfato (MFP) no contiene fluoruro, pero sí tiene flúor unido covalentemente que se hidroliza por ácido y se libera como ácido fluorhídrico (Puche y Rigalli, 2007).

- Flúor ácido-resistente (FAR): en estos compuestos el flúor se encuentra unido a compuestos por enlace covalente, resistentes al tratamiento con ácidos fuertes. En general se refiere a compuestos donde el flúor está unido a carbonos, como por ejemplo el flurbiprofeno. En algunos casos este flúor puede ser liberado por calcinación, generando NaF (Puche y Rigalli, 2007).

Colorimétrica. Consiste en la reacción del flúor presente en la muestra, que ha sido anticipadamente acidificada con nitrato de thorio, para formar un compuesto que se colorea con el indicador rojo de alizarina. La determinación está dada por comparación del color obtenido en la muestra frente a una muestra estándar de flúor (Aguilar, 2001).

Cromatografía gaseosa. Se basa en la transformación de los aniones no volátiles en derivados volátiles. Aunque no es utilizado con frecuencia, tiene una excelente sensibilidad y especificidad de los detectores disponibles ante muchos elementos que interfieren con los aniones comunes (Du et al., 2021).

Potenciométrica. Se basa en la utilización de un electrodo de ion específico que es sensible al fluoruro. Cuando se sumerge este electrodo en una solución que tiene iones de fluoruro con otro de referencia, se crea una corriente eléctrica, este potencial es la medida de la concentración (Puche y Rigalli, 2007).

Electrodo ion selectivo de fluoruro. Contiene un disco de fluoruro de lantano (LaF₃) con 0.3% de europio. Este cristal actúa como una con la membrana dispuesta simétricamente entre dos soluciones, en donde sólo puede actuar como ión móvil el fluoruro (Vogel et al., 1983).

Al tener un solo cristal de fluoruro de lantano como membrana, adherido a un cuerpo de vidrio o epoxi, solo los iones de fluoruro son móviles en el cristal conductor iónico. Una vez que la membrana entra en contacto con cualquier solución que contenga iones de fluoruro, se produce una asimetría en la distribución de iones fluoruro a ambos lados que desarrolla un potencial. Este potencial será comparado frente a otro de referencia (que generalmente es Ag/Ag Cl) a través de un amplificador y un programa de computadora (Thermo Fisher, 2011).

Sin embargo, para una medición certera se necesita evitar la formación de compuestos ácidos, bases débiles o precipitados insolubles. Para evitar estos se hace uso de una solución especial, TISAB (Total Ionic Strength Adjustment Buffer), ó tampón de Ajuste de la Fuerza Iónica Total. Esta sustancia además de corregir defectos proporciona una fuerza iónica constante y mantiene el pH adecuado.

Las componentes de este buffer es cloruro de sodio, ácido acético glacial, acetato de sodio, citrato de sodio, hidróxido de sodio. Posteriormente se desarrolló una solución TISAB II, la cual está compuesta de un agente complejante más eficaz que es CDTA (1,2-ciclohexilendinitrilo). Luego se desarrolló un TISAB III que es un concentrado 8 veces de TISAB II (Light, 1975).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Experimental, prospectivo, longitudinal y comparativo.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito Temporal*

El estudio se realizó entre los meses de junio y agosto del 2023.

3.2.2. *Ámbito Espacial*

El estudio se realizó en la ciudad de Lima, Perú. Específicamente en el laboratorio de investigación de salud de oral (LISO) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Anexo A y anexo C) y en el laboratorio “High Technology Laboratory Certificate” (Anexo B).

3.3. Variables

3.3.1. *Variable dependiente*

- A. Fuerza Flexural
- B. Liberación de fluoruro
- C. Tiempo

3.3.2. *Variable independiente*

- A. Ketac Universal (ionómero convencional)
- B. Beautifil II (giómero)
- C. Cention N (alkasite)
- D. Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta densidad)

3.3.3. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	TIPO	ESCALA DE MEDICIÓN	VALORES
Material Bioactivo	Material restaurador que reemplaza la estructura dentaria y tiene la capacidad de remineralizar	Material restaurador de uso dental con alta concentración de iones de flúor	Producto	Cualitativa	Nominal	Cention N Equia Forte Fil Beautifil II Ketac Universal
Liberación de Flúor	Capacidad de un material de liberar iones de fluoruro en una sustancia.	Concentración de iones de fluoruro liberados en un medio por determinado tiempo	Electrodo selectivo para el ión fluoruro	Cuantitativo	Razón Continua	Ppm
Fuerza Flexural	Carga máxima que un material resiste antes de fracturarse	Fuerza máxima que realiza un indentador hasta fracturar especímenes del material	Marca de ensayos universales	Cuantitativa	Razón continua	0 – 200 MPa
Tiempo	Periodo determinado durante el cual se realiza una acción.	Periodo en el que se realiza la medición de la liberación de iones de fluoruro en el material restaurador.	Días calendarios	Cualitativa	Nominal	T1: 1 día T2: 3 día T3: 7 día T4: 14 día T5: 28 día

3.4. Población y muestra

- Población: Conformada por especímenes de material restaurador.
- Muestra: Al ser un estudio in vitro la muestra es igual al tamaño que la población
- Unidad de análisis: 1 espécimen de material restaurador bioactivo
- Tamaño de la muestra: El tamaño de muestra se determinó mediante un análisis multivariante en el programa G*Power, dónde nos indican que para esta investigación son necesarios como mínimo 8 especímenes por grupo (Anexo D).

El cálculo muestral del estudio piloto arrojó que se debe de tomar como mínimo 8 muestras por cada grupo. En consecuencia, se utilizarán 10 (n=10) especímenes en el grupo de control y 30 (n=30) especímenes en el grupo experimental por cada variable a evaluar, que fueron divididos en según el material restaurador bioactivo a evaluar y distribuidos así:

➤ Grupo de control

Grupo A (n=10): Ionómero de Vidrio usado para evaluar liberación de flúor.

Grupo A' (n=10): Ionómero de Vidrio usado para evaluar fuerza flexural.

➤ Grupos experimentales

Grupo B (n=10): Giómero (Beautifil II) usado para evaluar liberación de flúor.

Grupo B' (n=10): Giómero (Beautifil II) usado para evaluar fuerza flexural.

Grupo C (n=10): Alkasite (Cention N) usado para evaluar liberación de flúor.

Grupo C' (n=10): Alkasite (Cention N) usado para evaluar fuerza flexural.

Grupo D (n=10): HVGC (Equia Forte Fil) usado para evaluar liberación de flúor.

Grupo D' (n=10): HVGC (Equia Forte Fil) usado para evaluar fuerza flexural.

3.4.1. Criterios de selección

Criterios de inclusión. Sólo se tomarán en cuenta para este estudio.

- Muestras elaboradas con las medidas apropiadas.
- Muestras elaboradas con material de restauración dentro de su fecha de uso.
- Muestras almacenadas en condiciones óptimas.

Criterios de exclusión. Se excluirán como especímenes apropiados para este estudio

- Muestras elaboradas sin las medidas dadas.
- Muestras elaboradas con material de restauración caducos.
- Muestras que no fueron almacenadas en condiciones apropiadas.

3.5. Instrumentos

Para el presente estudio se utilizó un electrodo selectivo de ión fluoruro perteneciente al laboratorio de investigación en Salud Oral (LISO) de Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y para medir la fuerza flexural fue necesario una máquina de testeo universal perteneciente al laboratorio High Technology Laboratory Certificate S.A.C (Anexo E) y una hoja de recolección de datos elaborada para el estudio (Anexo F).

3.6. Procedimientos

3.6.1. Elaboración de las muestras

Elaboración de las muestras para evaluar la liberación de flúor. Previamente se confeccionó un molde de acero con dimensiones de 7mm de diámetro y 3mm de ancho, para poder homogeneizar todas las muestras. Se preparó cada material restaurador de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se colocaron dentro del molde (Anexo G).

Elaboración de las muestras para evaluar fuerza flexural. Se confeccionó un molde de metal tipo barra con las medidas de 25mm de largo x 2 mm de ancho x 2 mm de

profundidad. Los materiales restauradores fueron manipulados de acuerdo con las instrucciones del fabricante proporcionadas dentro del producto y colocadas dentro del molde (Anexo H).

3.6.2. Manejo de las muestras

Las muestras destinadas para evaluar la fuerza flexural fueron almacenadas en agua destilada por 7 días a temperatura ambiente para permitir su correcta maduración dentro de un envase sellado herméticamente.

Las muestras que fueron usadas para evaluar la liberación de flúor se almacenaron en un tubo de ensayo de polipropileno. Cada tubo contenía una muestra del material a evaluar y fueron sumergidas en 4ml de agua desionizada por 24h, selladas herméticamente con papel Parafilm y almacenadas en una incubadora a 37° C.

3.6.3. Cention N (Protocolo)

Se realizó de acuerdo con las indicaciones del fabricante y sin modificación de estas.

- ✚ Se agitó el frasco del polvo y también la botella con la parte líquida.
- ✚ En una platina de vidrio se colocó 1 cuchara de medición de polvo y 2 gotas líquidas.
- ✚ Se procedió a separar la cantidad de polvo en 2 partes iguales. A continuación, se mezcló, con una espátula de plástico, todo el líquido con la mitad del polvo, una vez se hayan incorporado bien, se procedió a mezclar la otra mitad restante, todo esto en un periodo de 60 seg.
- ✚ Se procede a llevar el material restaurador al molde, adaptándolo uniformemente para evitar burbujas, el tiempo de trabajo es de aproximadamente 3 minutos desde el inicio de la mezcla.
- ✚ Se esperó por 5 minutos que es el tiempo de fraguado indicado por el fabricante
- ✚ Finalmente, se fotopolimerizó por 40 seg.

3.6.4. Equia Forte Fil (Protocolo)

Se realizó de acuerdo con las indicaciones del fabricante y sin modificación de estas.

✚ Se agitó la cápsula, dándole un ligero golpe sobre una superficie dura, esto para desprender el polvo dentro de la cápsula.

✚ Se rompió el émbolo interno, presionándolo hasta que quede a nivel con el cuerpo principal, manteniéndolo presionado por 2 seg.

✚ Se procedió a colocarla en un amalgamador a 4000 rpm en un periodo de 10 seg,

✚ Se retira del amalgamador y se coloca en el aplicador de cápsula y se presiona dos veces.

✚ Se lleva el material restaurador a el molde, adaptándolo uniformemente para evitar burbujas, el tiempo de trabajo es de aproximadamente 1 min 15 seg desde el inicio de la mezcla.

✚ Se espera por 2 min 30 seg que es el tiempo de fraguado indicado por el fabricante.

✚ Finalmente colocamos una fina capa de Equia Forte Coat y fotopolimerizar por 20 seg.

3.6.5. Beautiful II (Protocolo)

Se realizó de acuerdo con las indicaciones del fabricante y sin modificación de estas.

✚ Con una espátula de resina se procede a retirar un poco de material del tubo.

✚ Se lleva el material restaurador a el molde, adaptándolo uniformemente para evitar burbujas, hasta llenar todo el molde en la figura deseada.

✚ Se colocó una banda de cinta celuloide por encima del molde.

✚ Finalmente, se fotopolimerizó por 20 seg.

3.6.6. Distribución de muestras

G A (Grupo Control) Ketac Universal: 10 muestras circulares de 7mm x 3mm

G A' (Grupo Control) Ketac Universal: 10 barras 25mm x 2mm x 2mm

G B (Grupo Experimental) Beautifil II: 10 muestras circulares de 7mm x 3mm

G B' (Grupo Experimental) Beautifil II: 10 barras 25mm x 2mm x 2mm

G C (Grupo Experimental) Cention N: 10 muestras circulares de 7 mm x 3mm

G C' (Grupo Experimental) Cention N: 10 barras 25mm x 2mm x 2mm

G D (Grupo Experimental) Equia Forte Fil: 10 muestras circulares de 7 mm x 3mm

G D' (Grupo Experimental) Equia Forte Fil: 10 barras 25mm x 2mm x 2mm

3.6.7. Evaluación de la liberación de Flúor

Una vez confeccionadas las muestras, cada muestra fue sumergida en un tubo de ensayo con 4ml de agua desionizada por 24h, (Anexo I) selladas herméticamente con Parafilm (Papel Parafilm®, USA) y puestas en una incubadora a 37° C (Anexo J).

La medición de la liberación de flúor se realizó usando un electrodo selectivo de iones de fluoruro acoplado a un analizador de sobremesa con un límite de detección a $\pm 0,001$ ppm,

Antes de cualquier medición, el electrodo de fluoruro se calibró utilizando una solución de fluoruro estándar de concentraciones de 0,1, 5, 10 y 100 (ppm) que ya están elaboradas por el fabricante (Anexo K). Se observó una curva de calibración adecuada y se procedió a hacer las lecturas (Anexo L).

Para medir la concentración de flúor, 4ml de TISAB II fue agregada a la solución de 4ml en la que fue sumergida la muestra, haciendo una proporción de 1:1 y 8 ml en total. Esta solución fue mezclada en el vórtex de laboratorio para que ambas partes se homogenizaran adecuadamente (Anexo M).

Dentro del tubo de ensayo se introdujo el electrodo selectivo (Anexo N), teniendo especial cuidado que el electrodo llegue a mitad de la solución. Se procede a hacer la medición

y después de cada medición se enjuagó el electrodo con agua desionizada y fue secada con papel tissú (Elite ®, Productos Tissue del Perú S.A.,Perú) Las concentraciones de liberación de fluoruro se mostraron automáticamente en el analizador como lecturas de partes por millón (ppm) (Anexo O). Luego, las lecturas de partes por millón fueron registradas en una hoja de recolección de datos.

Después de obtener lecturas de concentración de fluoruro, cada muestra se enjuagó a fondo con agua desionizada, y luego fueron colocadas nuevamente en tubos de ensayo limpios, sellados con Parafilm y almacenados a 37°C hasta el próximo periodo de toma de datos. Se realizaron las mediciones en un intervalo de 1 día, 3 días, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.

3.6.8. Evaluación de la fuerza flexural

Las barras, previamente calibradas, de 25mm x 2mm x 2 mm fueron usados para esta prueba (Anexo P). Las pruebas de resistencia a la flexión se realizaron en una máquina de ensayo universal. Se colocó al ejemplar en un portamuestras con dos soportes cilíndricos a cada lado de 1mm de diámetro (Anexo Q).

La distancia entre los soportes fue de aproximadamente 20 mm. Se procedió a aplicar una fuerza en un punto equidistante de la barra, a una velocidad de 0.5mm/min hasta que el material se quebró. Los datos fueron recolectados en términos de Newtons (N) y fueron convertidos a MPa (Anexo R). Esta conversión fue calculada a través de la siguiente fórmula:

$$\sigma = 3PL/2wb^2$$

En donde:

P= carga de fractura (N)

L= distancia entre los soportes

w= ancho del ejemplar

b= altura del ejemplar

3.7. Análisis de datos

La data fue importada de una hoja de cálculo Microsoft Excel 2019 a partir de un paquete estadístico SPSS v28.0. Para el análisis descriptivo se calcularon medidas de tendencia central como la media y la mediana y, para el cálculo de las medidas de dispersión se calculó la desviación estándar y el rango Inter cuartil. Para la contrastación de hipótesis respecto a la resistencia flexural (MPa) y la liberación de flúor (ppm) se usó el Anova de un factor intergrupos con variante robusta de Welch y post hoc de Games Howell. Para comparar medidas relacionadas de la liberación de fluoruro (ppm) se usó la prueba de Friedman con post de Bonferroni. Antes de tomar la decisión de la prueba estadística se comprobó la distribución normal con la prueba de Shapiro Wilk y la homocedasticidad con el test de Levene. Finalmente, para todos los análisis estadísticos se estableció el nivel de significancia en $p < 0.05$.

3.8. Consideraciones éticas

La presente investigación fue revisada y aprobada por el CEI de la facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal mediante código de inscripción 007-01-2023 (Anexo S).

IV. RESULTADOS

En la tabla 1 y figura 1 se pudo observar que, de los cuatro materiales de restauración bioactivos, el mayor promedio de resistencia flexural (MPa) lo presentó Cention N (Alkasite) con valores de 97.10 MPa (IC 95%: 93.53 MPa – 100.66 MPa), mientras que el menor promedio lo presentó Ketac Universal (Ionómero) con valores de 19.23 MPa (IC 95%: 17.12 MPa – 21.33 MPa). Además, se pudo evidenciar que la resistencia flexural de Cention N (Alkasite) fue significativamente superior a Beautifil II (Giómero) ($p < 0.001$) y, este a su vez fue significativamente superior a Equia Forte Fil (HVGI) ($p < 0.001$) y, este último fue significativamente superior al Ketac Universal (Ionómero) ($p < 0.001$).

En la tabla 2 y figura 2 se analizan la liberación de flúor de los materiales bioactivos y se observaron variaciones significativas en la liberación de fluoruro (ppm) en todos los materiales de restauración bioactivo en el transcurso del tiempo ($p < 0.05$). Respecto al Ketac Universal (Ionómero) se observó al 1er día 24.69 ± 0.94 ppm de liberación de fluoruro en agua desionizada, una disminución significativa al 3er día ($p < 0.001$) llegando a su valor más bajo con 17.46 ± 0.79 ppm, luego se incrementó de forma significativa al 7mo día ($p = 0.047$) y se mantuvo de forma constante hasta el día 14 ($p = 1.000$), y finalmente hubo un incremento significativo al día 28 ($p < 0.001$) con una liberación de fluoruro de 27.45 ± 0.84 ppm, siendo este el promedio más alto registrado. El Beautifil II (Giómero) liberó el 1er día 1.76 ± 0.27 ppm de fluoruro, luego se incrementó significativamente al 3er día ($p = 0.030$) manteniéndose constante hasta el día 7 ($p = 1.000$), posteriormente se observó una disminución significativa al día 14 ($p = 0.047$) con su promedio más bajo 1.57 ± 0.24 ppm; finalmente tuvo un incremento significativo al día 28 ($p < 0.001$) obteniendo el promedio más alto con 2.23 ± 0.19 ppm de fluoruro. El Cention N (Alkasite) liberó el 1er día 11.90 ± 1.11 ppm de fluoruro, obteniendo un incremento significativo al 3er día ($p = 0.002$) con un promedio de 23.37 ± 1.21 , siendo el más alto registrado, esto se mantuvo sin diferencias significativas hasta el día 7 ($p = 1.000$),

luego se observó una disminución significativa al día 14 ($p = 0.001$) siendo el promedio más bajo registrado con 11.37 ± 0.94 ppm, manteniéndose sin variaciones significativas hasta el día 28 ($p = 1.000$). Finalmente, el Equia Forte Fil (HVGI) liberó el promedio más alto en toda su línea de tiempo el 1er día con un valor de 15.57 ± 0.73 ppm, luego disminuyó significativamente al día 3 ($p = 0.047$), manteniéndose sin variación significativa hasta el día 7 ($p = 1.000$), llegando a su punto más bajo el día 14 con 3.35 ± 0.47 ppm y observando luego un incremento significativo al día 28 ($p < 0.001$) con un valor de 8.22 ± 0.58 ppm de fluoruro.

Finalmente, en la tabla 3 se analiza, por intervalo de tiempo, la liberación de flúor de los materiales bioactivos y se pudo evidenciar que el 1er día el Ketac Universal (Ionómero) liberó la mayor cantidad de fluoruro en ppm de forma significativa respecto al Equia Forte Fil (HVGI) y, este a su vez liberó significativamente más que el Cention N (Alkasite) y, este último liberó significativamente más que el Beautifil II (Giómero) ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$ y $p < 0.001$; respectivamente). Además, al 3er y 7mo día, el Cention N (Alkasite) liberó significativamente más fluoruro respecto al Ketac Universal (Ionómero) y, este a su vez liberó significativamente más fluoruro que el Equia Forte Fil (HVGI) y, este último liberó más fluoruro de forma significativa respecto al Beautifil II (Giómero) ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$ y $p < 0.001$; respectivamente). Finalmente, tanto a los 14 días y 28 días, el Ketac Universal (Ionómero) liberó significativamente más fluoruro que el Cention N (Alkasite) y, este a su vez liberó significativamente más fluoruro que el Equia Forte Fil (HVGI) y, este último liberó significativamente más fluoruro que el Beautifil II (Giómero) ($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$ y $p < 0.001$; respectivamente).

Tabla 1.

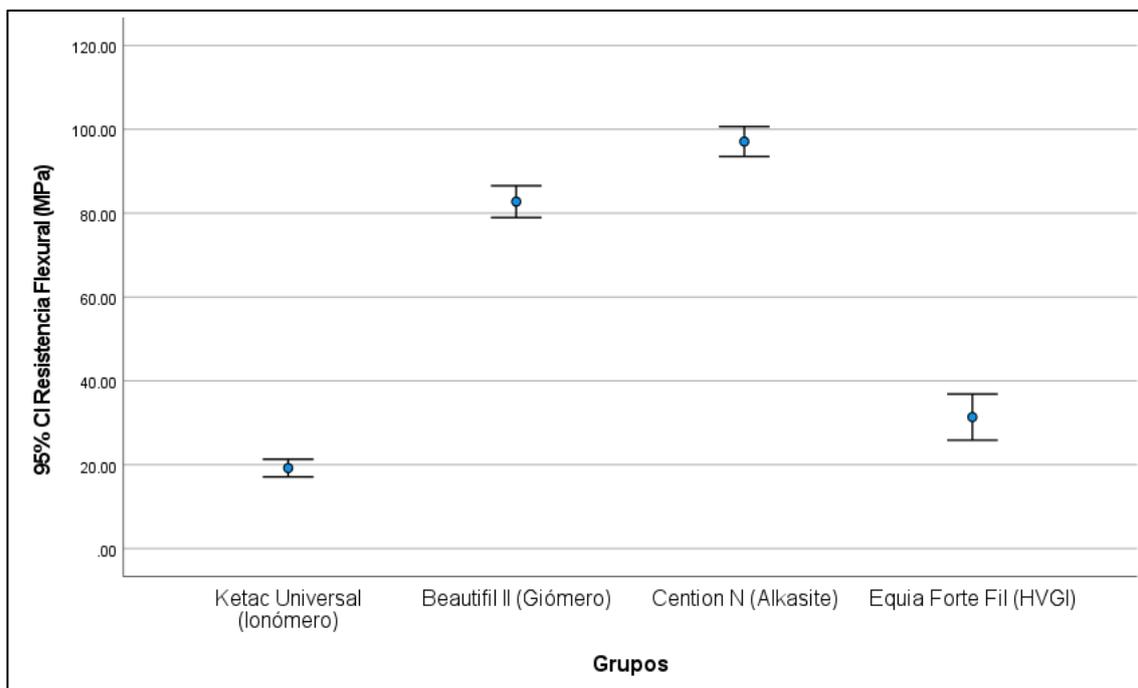
Valores descriptivos y comparación de la resistencia flexural (MPa) de los cuatro materiales de restauración bioactivos.

Grupos	N	Media	DE	EE	IC 95%		Mín	Máx	SW	p*	Post hoc (p**)		
					LI	LS					B	C	D
A (Control)	10	19.23	2.94	0.93	17.12	21.33	15.48	23.87	0.255		<0.001**	<0.001**	<0.001**
B	10	82.77	5.30	1.68	78.98	86.55	72.88	89.19	0.649	<0.001*		<0.001**	<0.001**
C	10	97.10	4.99	1.58	93.53	100.66	89.74	103.27	0.130				<0.001**
D	10	31.38	7.68	2.43	25.88	36.87	21.08	41.28	0.154				

Nota. A: Ketac Universal (Ionómero), B: Beautifil II (Giómero), C: Cention N (Alkasite), D: Equia Forte Fil (HVGI); n: tamaño de muestra; DE: Desviación Estándar; EE: Error Estándar de la media; IC 95%: Intervalo de Confianza al 95%, LI: Límite Inferior, LS: Límite Superior; Mín: Mínimo, Máx: Máximo; SW: Test de normalidad de Shapiro Wilk ($p > 0.05$, distribución normal); *Basado en Anova de Welch con varianza robusta de un factor intergrupos ($*p < 0.05$, diferencias significativas); **Basado en el post hoc de Games Howell ($**p < 0.05$, diferencias significativas).

Figura 1.

Promedios de la resistencia flexural de los materiales restauradores bioactivos al 95% de nivel de confianza.

**Tabla 2.**

Valores descriptivos y comparación de la liberación de fluoruro (ppm) de cada material de restauración bioactivo, en el transcurso del tiempo.

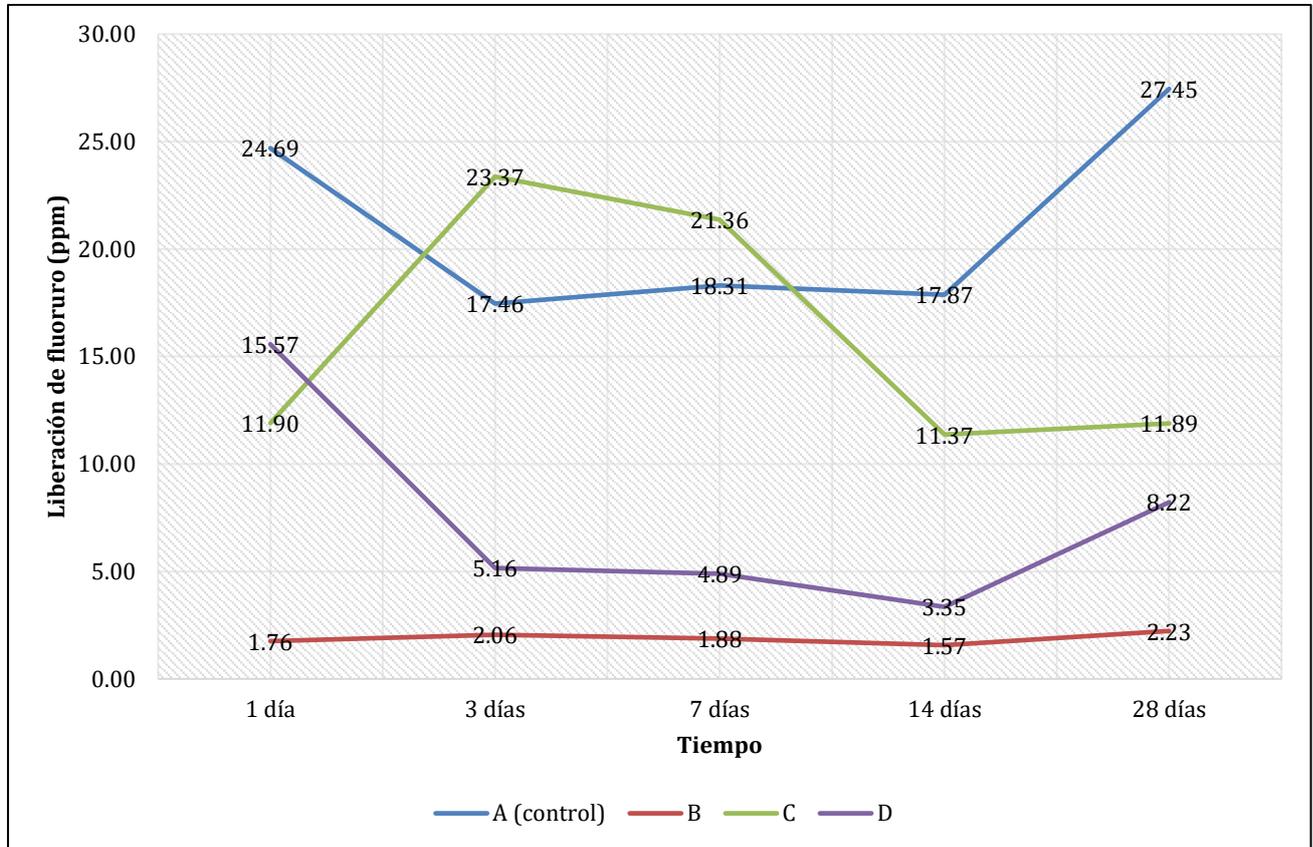
Grupos	Tiempo	n	Mediana	DE	Mediana	RI C	p*	p**			
								3 d	7 d	14 d	28 d
A (Control)	1 día	10	24.69	0.94	24.45	1.78	<0.001*	1.000	0.047**	1.000	
	3 días	10	17.46	0.79	17.35	1.48	<0.001	0.047**	1.000	<0.001*	
	7 días	10	18.31	0.71	18.20	1.35	*		1.000	0.047**	
	14 días	10	17.87	0.70	17.75	1.28					<0.001*
	28 días	10	27.45	0.84	27.35	1.50					*

Grupos	Tiempo	n	Mediana	DE	Mediana	RIC	P*	P**			
								3d	7d	14d	28d
B	1 día	10	1.76	0.27	1.74	0.55		0.030**	1.000	1.000	<0.001*
	3 días	10	2.06	0.26	2.07	0.52	<0.001		1.000	<0.001*	1.000
	7 días	10	1.88	0.26	1.89	0.52		*		0.047**	0.072
	14 días	10	1.57	0.24	1.57	0.51					<0.001*
	28 días	10	2.23	0.19	2.31	0.38					*
1 día	10	11.90	1.11	12.03	1.91			0.002**	0.237	1.000	1.000
C	3 días	10	23.37	1.21	23.55	2.10	<0.001		1.000	<0.001*	0.001**
	7 días	10	21.36	1.17	21.25	1.53		*		0.001	0.162
	14 días	10	11.37	0.94	11.25	1.41					1.000
	28 días	10	11.89	0.92	11.80	1.43					
	1 día	10	15.57	0.73	15.35	1.31			0.047**	<0.001*	<0.001*
D	3 días	10	5.16	0.43	5.24	0.69	<0.001		1.000	0.047**	1.000
	7 días	10	4.89	0.43	4.89	0.59		*		1.000	0.047**
	14 días	10	3.35	0.47	3.37	0.60					<0.001*
	28 días	10	8.22	0.58	8.32	0.63					*
	1 día	10	15.57	0.73	15.35	1.31			0.047**	<0.001*	<0.001*

Nota. A: Ketac Universal (Ionómero), B: Beautifil II (Giómero), C: Cention N (Alkasite), D: Equia Forte Fil (HVGI); n: tamaño de muestra; DE: Desviación Estándar; RIC: Rango intercuartil; *Basado en la prueba no paramétrica de Friedman (*p<0.05, diferencias significativas); **Basado en el post hoc de Bonferroni (**p<0.05, diferencias significativas).

Figura 2.

Promedio de liberación de fluoruro (ppm) de los materiales de restauración bioactivo, en el transcurso del tiempo.



Nota: A: Ketac Universal (Ionómero), B: Beautifil II (Giómero), C: Cention N (Alkasite), D: Equia Forte Fil (HVGI).

Tabla 3.

Comparación de la liberación de fluoruro (ppm) de los materiales restauradores bioactivos, según tiempo.

Grupos	n	1 día				3 días				7 días				14 días				28 días			
		Med ia	D E	SW	*p	Med ia	D E	SW	*p	Med ia	D E	SW	*p	Med ia	D E	SW	*p	Med ia	D E	SW	*p
A (Contr ol)	1	24.6	0.9	0.4		17.4	0.7	0.5		18.3	0.7	0.4		17.8	0.7	0.4		27.4	0.8	0.4	
	0	9 ^a	4	50		6 ^b	9	73		1 ^b	1	96		7 ^a	0	88		5 ^a	4	14	
B	1	1.75	0.2	0.1		2.06	0.2	0.1		1.87	0.2	0.1		1.56 ^d	0.2	0.0		2.23 ^d	0.1	0.0	
	0	^d	7	56	<0.00 1*	^d	6	73	<0.00 1*	^d	6	32	<0.00 1*	1.56 ^d	4	62	<0.00 1*	2.23 ^d	9	91	<0.00 1*
C	1	11.8	1.1	0.5		23.3	1.2	0.7		21.3	1.1	0.3		11.3	0.9	0.9		11.8	0.9	0.7	
	0	9 ^c	1	75		7 ^a	1	56		6 ^a	7	66		6 ^b	4	30		9 ^b	2	74	
D	1	15.5	0.7	0.5		5.16 ^c	0.4	0.9		4.88 ^c	0.4	0.8		3.34 ^c	0.4	0.5		8.22 ^c	0.5	0.3	
	0	7 ^b	3	84		3	45		3	16		7	24		7	24		8	8	98	

Nota. A: Ketac Universal (Ionómero), B: Beautifil II (Giómero), C: Cention N (Alkasite), D: Equia Forte Fil (HVGI); n: tamaño de muestra;

DE: Desviación Estándar; SW: Test de normalidad de Shapiro Wilk ($p > 0.05$, distribución normal); *Basado en Anova de Welch con varianza robusta de un factor intergrupos ($*p < 0.05$, diferencias significativas); a, b y c: Letras diferentes en la columna de la media indicaron diferencias significativas según post hoc de Games Howell ($p < 0.05$).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este estudio se evaluó la liberación de flúor y la resistencia flexural de diversos materiales bioactivos de relleno el bloque fotoactivados disponibles en el Perú. Los materiales utilizados en la presente investigación son indicados para restauraciones que soportan tensiones.

La capacidad de liberación de flúor es dependiente del tipo de relleno contenido y de la naturaleza de matriz de hidrogel de vidrio formada. Sin embargo, también está influenciada por otros factores como la temperatura, el pH, el medio de almacenamiento, así como la proporción líquido/polvo. Inicialmente la liberación de flúor es alta y con el tiempo se reduce paulatinamente, esto debido al efecto de explosión o “burst effect”.

En el presente estudio se evaluó la cantidad y el patrón de liberación de flúor de materiales bioactivos de restauración en bloque. En nuestro estudio se observó que el Ketac Universal (ionómero de vidrio) y el Equia Forte Fil (ionómero de alta viscosidad) presentaron una gran cantidad inicial (1er día) de liberación del flúor con valores de 24.69 ppm y 15.57 ppm respectivamente. Estos resultados coinciden con los hallados por Bahsi et al. (2019) que realizó un estudio en el cual evaluó la microfiltración y la liberación de flúor en seis diferentes cementos de ionómero de vidrio, entre ellos un ionómero de vidrio convencional y uno de alta densidad, y encontró que ambos liberaban mayor cantidad de flúor a las primeras 24h. Esto podría deberse a que ambos materiales contienen, como principal relleno, vidrio de fluoroaluminosilicato, que actúa como fuente de cationes metálicos en la reacción ácido-base (Upadhya, 2015).

El relleno alcalino del Cention N (Alkasite) neutralizan los iones ácidos. En ese estudio se halló que este material libera significativamente menos flúor que el GIC y el HVIG al término del 1er día, y conforme pasa los intervalos de tiempo, la liberación de flúor aumenta considerablemente, es decir, Cention N carece del “efecto de explosión”. Estos hallazgos

concuerdan con Singh et al. (2020) que evaluaron la liberación de flúor entre un alkasite, un ionómero convencional y uno modificado con resina, encontrando que el GIC y el RMGIC liberaron mayor cantidad de flúor en los primeros días, pero esta se fue desvaneciendo, contrariamente, el alkasite mostró niveles bajos de flúor en los primeros días y esta se fue incrementando sostenidamente. Este patrón de liberación de flúor puede deberse a una alta concentración de vidrio alcalino en su estado final que es de 24.6%.

Sin embargo, estos resultados discrepan de los hallados por Rai et al. (2019) que comparó la liberación de flúor entre un GIC, un zirconómero y un alkasite, en tres intervalos de tiempo. Como resultado halló que al primer día el alkasite liberó más flúor, seguido del GIC y por último el zirconómero. Esta discrepancia en los resultados puede deberse a la diferente metodología ya que ese estudio realizó la medición de flúor con el método espectrofotométrico de SPADNS, mientras que en este estudio se utilizó el método potenciómetro.

El giómero tiene relleno de S-PRG que son vidrios pre reaccionados incorporados en su matriz, haciendo de esta su mayor fuente de fluoruro. En este estudio se encontró que Beautifil II obtuvo promedios de valores bajos de liberación de flúor en comparación con todos los materiales evaluados, el estudio previo realizado por Dadgupta et al. (2018) coincide con nuestros hallagos. En esa investigación se evaluó la liberación de flúor de diferentes materiales restauradores (Equia Forte Fil, Dyract, Tetric N-Ceram, GP IX Extra y Beautifil II) y encontró que el giómero tenía valores de liberación de flúor muy bajos, con un valor acumalado de 2.70 ± 0.18 ppm.

La prueba de resistencia flexural es un importante predictor del comportamiento mecánico de un material de restauración. Se sabe que un material restaurador debe soportar al menos 80MPa, según ISO 4049, para ser indicado en áreas que soportan estrés como las zonas posteriores. En este estudio Cention N (alkasite) y Beautifil II (giómero) cumplen con esta indicación ya que presentaron valores promedios de 82.77 MPa y 97.10 MPa respectivamente.

Sin embargo, Ketac Universal (ionómero) y Equia Forte Fil (HVGI) presentaron valores por debajo de con norma con valores promedios de 19,23 MPa y 31,38 MPa respectivamente.

En este estudio obtuvimos que el Cention N en su modo de fotocurado obtuvo los valores más altos en términos de resistencia flexural, este resultado concuerda con François et al. (2021) que determinó que Cention N en todos sus modos (fotocurado y autocurado) obtuvo valores promedios altos, 83.3 ± 15.0 MPa y 86.3 ± 7.8 MPa respectivamente, al ser comparado otros materiales de relleno en bloque, incluido también el Equia Forte Fil (HVGI). Sin embargo, nuestros resultados difieren de los hallados por Moshaverinia et al. (2019) quienes evaluaron la fuerza flexural del Equia Forte Fil encontrando valores de 50 MPa, mientras que en este estudio se encontró valores de fuerza flexural de 22.7 MPa.

También concordamos con Balopagal et al. (2021) que encontró valores altos de fuerza flexural en el alcasite (Cention N), con valores de 98.16 ± 17.21 MPa, al ser comparado con un ionómero de vidrio convencional que tuvo valores de 30.33 ± 3.74 MPa.

Joshi et al. (2023) evaluó la fuerza flexural de un ionómero de alta densidad (Equia Forte Fil), un vidrio híbrido (GC Gold) y un ionómero convencional, encontrando que Equia Forte Fil presentaba valores de fuerza flexural significativamente más alta que los de ionómero de vidrio convencional con valores de 25.45 ± 1.32 y 20.23 ± 2.67 respectivamente, coincidiendo sus hallazgos con los obtenidos en este estudio, en el que los valores de fuerza flexural de Equia Forte Fil fue superior al de un ionómero de vidrio convencional (Ketac Universal).

Sin embargo, diferimos con Marovic et al. (2022) que evaluó la fuerza flexural, modulo flexural, solubilidad, sorción y grado de conversión de tres materiales bioactivos: Alcasite (Cention N), giómero (Beautifil II), ionómero de vidrio (Fuji IX) y como control una resina compuesta (Tetric EvoCeram), y encontró que el giómero (Beautifil II) tuvo los mejores valores de fuerza flexural frente a los demás materiales, entre ellos el alcasite (Cention N).

Estos resultados no coinciden con los nuestros en los que encontramos que Cention N tuvo valores más altos de fuerza flexural frente al giómero.

Si bien los estudios realizados in vitro (en laboratorio) nos permite despejar dudas en corto tiempo, el verdadero comportamiento de los materiales restauradores sólo puede determinarse en ensayos clínicos a largo plazo.

VI. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones de este estudio, se puede concluir que:

- Se acepta la hipótesis alterna ya que la fuerza flexural y liberación de flúor de los materiales restauradores evaluados tuvieron diferencias estadísticamente significativas en el periodo evaluado.
- Los materiales restauradores bioactivos tienen diferente comportamiento lo cuál debe ser valorado al momento de tomar una decisión clínica.
- El Cention N (Alkasite) tuvo los más altos valores de fuerza flexural seguido por Beautifil II (giómero) lo cual los hacen candidatos ideales para restauración definitivas en zonas de alto estrés, como las piezas posteriores.
- El alkasite (Cention N) demostró una liberación de flúor baja al inicio que fue incrementándose con el tiempo, sólo superada por el ionómero de vidrio convencional (Ketac Universal) pudiendo ser una buena opción en pacientes con riesgo de caries alto.
- El ionómero de vidrio de alta densidad tiene un buen desempeño mecánico con la ventaja adicional de la liberación de flúor sostenida.
- El Cention N en su modo de autocurado presenta suficientes ventajas in vitro, que puede usarse como material restaurador en la técnica TRA.

VII. RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos de la presente investigación, en la que se determinó la liberación de flúor y la fuerza flexural de materiales restauradores bioactivos, se sugiere ampliar la investigación en distintos aspectos como :

- Evaluar la capacidad de recarga de flúor de los mismos materiales bioactivos.
- Explorar las mismas variables en entornos cariogénicos.
- Evaluar los materiales in vivo a “Split Mouth”.
- Analizar otros materiales bioactivos disponibles en el mercado odontológico peruano.
- Ampliar el tiempo de evaluación respecto a la liberación de flúor, a los 1 mes, 3 meses y 6 meses.
- Medir otras variables como sellado marginal, microfiltración, etc.
- Evaluar la capacidad de mineralizar las estructuras adyacentes.

VIII. REFERENCIAS

- Abdel-karim, U. M., El-Eraky, M., y Etman, W. M. (2014). Three-year clinical evaluation of two nano-hybrid giomer restorative composites. *Tanta Dental Journal*, 11(3), 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.tdj.2014.10.004>
- Abouelella, Y., Mohamed, A., Kamar, A., y Soliman, R. (2022). Fluoride release and recharge capacity of a glass hybrid material with and without a resin coat in primary teeth “An in vitro study”. *Alexandria Dental Journal*, 47(1), 163-169. <https://doi.org/10.21608/adjalexu.2021.68969.1170>
- Abraham, D., Thomas, A.M., Chopra, S. y Koshy, S. (2014). A Comparative Evaluation of Microleakage of Glass Ionomer Cement and Chitosan-modified Glass Ionomer Cement: An in vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent*, 7(1), 6– 10. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1225>
- Aguilar, P. (2001) Validación del método Potenciométrico por Ión Selectivo para la determinación de Flúor en sal, agua y orina. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 18(1-2), 21-23.
- Al-Qarni, F., Weir, M., Melo, M.A., Al-Dulaijan, Y., Almulhim, K.S. y Xu, H.H. (2021) Novel calcium phosphate ion-rechargeable and antibacterial adhesive to inhibit dental caries. *Clin. Oral Investig*, 1(11).
- Arifa, M. K., Ephraim, R., y Rajamani, T. (2019). Recent Advances in Dental Hard Tissue Remineralization: A Review of Literature. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 12(2), 139–144. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1603>
- Bahsi, E., Sagmak, S., Dayi, B., Cellik, O., y Akkus, Z. (2019). The evaluation of microleakage and fluoride release of different types of glass ionomer cements. *Nigerian journal of clinical practice*, 22(7), 961–970. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_644_18

- Balagopal, S., Nekkanti, S., y Kaur, K. (2021). An In Vitro Evaluation of the Mechanical Properties and Fluoride-releasing Ability of a New Self-cure Filling Material. *The journal of contemporary dental practice*, 22(2), 134–139.
- BaniHani, A., Santamaría, R. M., Hu, S., Maden, M., y Albadri, S. (2022). Minimal intervention dentistry for managing carious lesions into dentine in primary teeth: an umbrella review. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 23(5), 667–693. <https://doi.org/10.1007/s40368-021-00675-6>
- Barszczewska-Rybarek, I. M. (2009). Structure–property relationships in dimethacrylate networks based on Bis-GMA, UDMA and TEGDMA. *Dental Materials*, 25(9), 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.01.106>
- Calatrava, L. (2020) Materiales restauradores bioactivos. Pertinencia y desafíos. *Acta Odontológica Venezolana*, 58 (1), <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2020/1/art-5/>
- Calheiros, F. C., Pfeifer, C. S., Brandão, L. L., Agra, C. M., y Ballester, R. Y. (2013). Flexural properties of resin composites: influence of specimen dimensions and storage conditions. *Dental materials journal*, 32(2), 228–232. <https://doi.org/10.4012/dmj.2012-271>.
- Caso Guerra, R. M., y Campos, K. J. (2021). Propiedades y aplicación clínica de los ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima-Perú. *Odontología sanmarquina*, 24(5),351+. <https://link.gale.com/apps/doc/A679810021/IFME?u=anon~8899fe6a&sid=googleScholar&xid=7a5a74d0>
- Cedillo, J., Domínguez, A., y Espinosa, R. (2021) Materiales bioactivos en Odontología. *Revista de Operatoria dental y biomateriales*, 10(3).

- Cidreira, L. C., Pereira, D., de Souza, A., Lie, E., Ayala, M. D., Pfeifer, C., y Gonçalves, F. (2019). Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin -a systematic review and meta-analysis. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 35(10), e249–e264. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.007>
- Colceriu Burtea, L., Prejmerean, C., Prodan, D., Baldea, I., Vlassa, M., Filip, M., Moldovan, M., Moldovan, M. L., Antoniac, A., Prejmerean, V., y Ambrosie, I. (2019). New Pre-reacted Glass Containing Dental Composites (giomers) with Improved Fluoride Release and Biocompatibility. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(23), 4021. <https://doi.org/10.3390/ma12234021>.
- Dasgupta, S., Saraswathi, M. V., Somayaji, K., Pentapati, K. C., y Shetty, P. (2018). Comparative evaluation of fluoride release and recharge potential of novel and traditional fluoride-releasing restorative materials: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 21(6), 622–626. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_338_18
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., y Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of dental research*, 84(2), 118–132. <https://doi.org/10.1177/154405910508400204>
- Dionysopoulos, D., Koliniotou-Koumpia, E., Helvatzoglou-Antoniades, M., y Kotsanos, N. (2013). Fluoride release and recharge abilities of contemporary fluoride-containing restorative materials and dental adhesives. *Dental Materials Journal*, 32(2), 296–304. <https://doi.org/10.4012/dmj.2012-144>
- Du, J., Sheng, C., Wang, Y., Zhang, H., y Jiang, K. (2021). Determination of trace fluoride in water samples by silylation and gas chromatography/mass spectrometry

- analysis. *Rapid communications in mass spectrometry: RCM*, 35(11), e9089.
<https://doi.org/10.1002/rcm.9089>
- Francois P., Remadi A., Le Goff S., Abdel-Gawad S., Attal J. y Dursun E. (2021) Flexural properties and dentin adhesion in recently developed self-adhesive bulk-fill materials. *Journal of Oral Science*, 63(2), <https://doi.org/10.2334/josnusd.20-0448>
- Francois, P., Fouquet, V., Attal, J. P., y Dursun, E. (2020). Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials (Basel, Switzerland)*, 13(10), 2313.
<https://doi.org/10.3390/ma13102313>.
- Friedl, K., Hiller, K.-A., y Friedl, K.-H. (2011). Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: A retrospective cohort study. *Dental Materials*, 27(10), 1031–1037. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.07.004>
- Gao, S. S., Zhang, S., Mei, M. L., Lo, E. C., y Chu, C. H. (2016). Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment - a systematic review. *BMC oral health*, 16(12). <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0171-6>
- Ghosh, A., Mukherjee, K., Ghosh, S. K., y Saha, B. (2012). Sources and toxicity of fluoride in the environment. *Research on Chemical Intermediates*, 39(7), 2881–2915.
- Giacaman, R., Muñoz-Sandoval, C., Neuhaus, K. W., Fontana, M., y Chalas, R. (2018). Evidence-based strategies for the minimally invasive treatment of carious lesions: Review of the literature. *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*, 27(7), 1009–1016.
<https://doi.org/10.17219/acem/77022>
- Gonulol, N., Ozer, S., y Sen Tunc, E. (2014). Water Sorption, Solubility, and Color Stability of Giomer Restoratives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 300–306. <https://doi.org/10.1111/jerd.12119>

- Hench, L. L., y Polak, J. M. (2002). Third-generation biomedical materials. *Science (New York, N.Y.)*, 295(5557), 1014–1017. <https://doi.org/10.1126/science.1067404>
- Hilgert, L. A., de Amorim, R. G., Leal, S. C., Mulder, J., Creugers, N. H. J., y Frencken, J. E. (2014). Is high-viscosity glass-ionomer-cement a successor to amalgam for treating primary molars. *Dental Materials*, 30(10), 1172–1178. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.07.010>
- Ikemura, K., Tay, F. R., Endo, T., y Pashley, D. H. (2008). A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dental materials journal*, 27(3), 315–339. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.315>.
- Imazato, S., Kohno, T., Tsuboi, R., Thongthai, P., Xu, H. H., y Kitagawa, H. (2020). Cutting-edge filler technologies to release bio-active components for restorative and preventive dentistry. *Dental materials journal*, 39(1), 69–79. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-350>
- Innes, N., Chu, C., Fontana, M., Lo, E., Thomson, W., Uribe, S., Heiland, M., Jepsen, S., y Schwendicke, F. (2019). A Century of Change towards Prevention and Minimal Intervention in Cariology. *Journal of dental research*, 98(6), 611–617. <https://doi.org/10.1177/0022034519837252>
- Joshi, G. y Heiss, M. (2021). Glass-Hybrid Restorations in Pediatric Patients. *Compendium of continuing education in dentistry*, 42(1), 2-3.
- Joshi, K. H., Gonapa, P., Tiriveedi, R., Chowdhury, D. D., Aggarwal, A., Mishra, S., y Babaji, P. (2023). Assessment of Flexural and Compressive Strengths of EQUIA, GC Gold Hybrid, and Conventional GIC Restorative Materials. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 15(Suppl 2), S1175–S1177. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_174_23.

- Kheur, M., Kantharia, N., Lakha, T., Kheur, S., Al-Haj Husain, N., y Özcan, M. (2020). Evaluation of mechanical and adhesion properties of glass ionomer cement incorporating nano-sized hydroxyapatite particles. *Odontology*, 108(1), 66–73. <https://doi.org/10.1007/s10266-019-00427-5>
- Kim, M.J., Lee, M.J., Kim, K.M., Yang, S.Y., Seo, J.Y., Choi, S.H. y Kwon, J.S. (2021). Enamel Demineralization Resistance and Remineralization by Various Fluoride-Releasing Dental Restorative Materials. *Materials*, 14, 4554. <https://doi.org/10.3390/ma14164554>.
- Kisby L. (2021). Glass-Hybrid Restorations in Pediatric Patients. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, N.J : 1995), 42(1), 4–5.
- Kunert, M., y Lukomska-Szymanska, M. (2020). Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping—A Review Article. *Materials*, 13(5), 1204. MDPI <https://doi.org/10.3390/ma13051204>
- Light, T. S., y Cappuccino, C. C. (1975). Determination of fluoride in toothpaste using an ion-selective electrode. *Journal of Chemical Education*, 52(4), 247. doi:10.1021/ed052p247
- Lu, H., Lee, Y. K., Oguri, M., y Powers, J. M. (2006). Properties of a dental resin composite with a spherical inorganic filler. *Operative dentistry*, 31(6), 734–740. <https://doi.org/10.2341/05-154>
- Macchi, R.L. (2019). Ionómeros Vítreos. En *Materiales Dentales*. (149-156). Ed. Médica Panamericana S.A.
- Machiulskiene, V., Campus, G., Carvalho, J. C., Dige, I., Ekstrand, K. R., Jablonski-Momeni, A., Maltz, M., Manton, D. J., Martignon, S., Martinez-Mier, E. A., Pitts, N. B., Schulte, A. G., Splieth, C. H., Tenuta, L. M. A., Ferreira Zandona, A., y Nyvad, B. (2020). Terminology of Dental Caries and Dental Caries Management: Consensus

- Report of a Workshop Organized by ORCA and Cariology Research Group of IADR. *Caries research*, 54(1), 7–14. <https://doi.org/10.1159/000503309>
- Marovic, D., Par, M., Posavec, K., Marić, I., Štajdohar, D., Muradbegović, A., Tauböck, T. T., Attin, T., y Tarle, Z. (2022). Long-Term Assessment of Contemporary Ion-Releasing Restorative Dental Materials. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(12), 4042. <https://doi.org/10.3390/ma15124042>.
- Martínez, G.E. y Estelrich, M. J. (2016). Bioactividad en odontología restauradora. *Revista de la Facultad de Odontología*, 10(2), 7-12. <https://bdigital.uncu.edu.ar/10852>.
- Moshaverinia, M., Navas, A., Jahedmanesh, N., Shah, K., Moshaverinia. A. y Ansari, S. (2019). Comparative evaluation of the physical properties of a reinforced glass ionomer dental restorative material, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(2) <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.03.012>.
- Moszner, N., Fischer, U. K., Angermann, J., y Rheinberger, V. (2008). A partially aromatic urethane dimethacrylate as a new substitute for Bis-GMA in restorative composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 24(5), 694–699. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.07.001>
- Nakamura, N., Yamada, A., Iwamoto, T., Arakaki, M., Tanaka, K., Aizawa, S., y Fukumoto, S. (2009). Two-year clinical evaluation of flowable composite resin containing pre-reacted glass-ionomer. *pediatric dental journal*, 19(1), 89-97.
- Organización Panamericana de la Salud. (1996). Promoción de la salud: una antología. Washington.557.
- Pereira, J.C., Esteves, T., Costa, L., Cestari, T., Ribeiro, M. y Pagani, M. (2011). Recubrimiento pulpar directo e indirecto: mantenimiento de la vitalidad pulpar, *Acta Odontológica Venezolana*, 49(15).

- Puche, R. y Rigalli, A. (2007). Metabolismo del flúor. *Actualizaciones en Osteología*, 3, 10-12.
- Rai, S., Kumari, R. A., y Meena, N. (2019). Comparative assessment of fluoride release and recharge through newer fluoride releasing posterior restorative materials: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry : JCD*, 22(6), 544–547. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_92_19
- Rathee, M. y Sapra, A. (2022) Dental Caries. In: StatPearls. *StatPearls Publishing*, Treasure Island (FL). PMID: 31869163.
- Rusnac, M. E., Gasparik, C., Irimie, A. I., Grecu, A. G., Mesaroş, A. Ş., y Ducea, D. (2019). Gionomers in dentistry - at the boundary between dental composites and glass-ionomers. *Medicine and pharmacy reports*, 92(2), 123–128. <https://doi.org/10.15386/mpr-1169>.
- Samanta, S., Das, U., y Mitra, A. (2017). Comparison of microleakage in class V cavity restored with flowable composite resin, glass ionomer cement and Cention N. *International Journal of Intercultural Relations*, 3,180–183.
- Santana, G., Da Costa, R. y Braz, R. (2009). Cemento resinoso: ¿Todo cemento dual debe ser foto activado? *Acta odontológica venezolana*, 47(4). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652009000400020
- Schenck, L., Burtscher, P., Vogel, K., y Weinhold, H.C. (2011). Major breakthrough in the field of direct posterior composite resins - thanks to the combined use of Tetric EvoCeram Bulk Fill and Bluephase Style. *Special Feature DZW*, 38(11) 3-15
- Scientific documentation Cention N by IvoclarVivadent. AG Research y Development Scientific Service.2016. 1-58
- Shimada, Y., Hokii, Y., Yamamoto, K., Fukushima, S. y Kumagai, T. (2015, 14-15 de Mayo) Evaluation of hardness increase of GIC restorative surface in saliva [póster].

- Presentado en la sesión de Posters de la 7ma Conferencia ConsEuro, Londres, Reino Unido. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1486-4>.
- Sidhu, S. K., y Nicholson, J. W. (2016). A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *Journal of functional biomaterials*, 7(3), 16. <https://doi.org/10.3390/jfb7030016>
- Singh, H., Rashmi, S., Pai, S. y Kini, S. (2020) Comparative evaluation of fluoride release from two different glass ionomer cement and a novel alkasite restorative material – An in vitro study. *Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr*.20:e5209 <https://doi.org/10.1590/pboci.2020.019>
- Tay, F. R., y Pashley, D. H. (2004). Dentin bonding - Is there a future? *Journal of Adhesive Dentistry*, 6(4).
- Thermo Fisher Scientific Inc. Fluoride Ion Selective Electrode User Guide. 2011. 1 – 43
- Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Takamizawa, T., Latta, M. A., y Miyazaki, M. (2017). Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill comonomers and resin composites. *Dental materials journal*, 36(2), 205–213. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-131>
- Upadhyaya, N., Srinivasan, K., Adhikari, A., y Satapathy, L. (2015). Evaluation of Calcium Fluoroaluminosilicate Based Glass Ionomer Luting Cements Processed Both by Conventional and Microwave Assisted Methods. *Technologies*, 3(2), 58–73. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/technologies3020058>.
- Vallittu, P., Boccaccini, A., Hupa, L. y Watts, D., (2018). Bioactive dental materials—Do they exist and what does bioactivity mean? *Dental Materials*, 34(5),693-694, <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.001>.

- Van Ende, A., De Munck, J., Lise, D. P., y Van Meerbeek, B. (2017). Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *The journal of adhesive dentistry*, 19(2), 95–109. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a38141>
- Vandana S, Chitharanjan S, Mithra N.H, y Gowrish S.B. (2018) Alkasite Restorative Material: Flexural and Compressive Strength Evaluation. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* (9). 2179.
- Vermeersch, G., Leloup, G., Delmee, M., y Vreven, J. (2005). Antibacterial activity of glass-ionomer cements, compomers and resin composites: relationship between acidity and material setting phase. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(5), 368-374. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01300.x>
- Vogel, G. L., Chow, L. C., y Brown, W. E. (1983). A Microanalytical Procedure for the Determination of Calcium, Phosphate and Fluoride in Enamel Biopsy Samples. *Caries Research*, 17(1), 23–31. <https://doi.org/10.1159/000260645>.
- Webman, M., Mulki, E., Roldan, R., Arevalo, O., Roberts, J. y Garcia-Godoy, F. (2016) A retrospective study of the 3-year survival rate of resin-modified glass-ionomer cement class II restorations in primary molars. *J Clin Pediatr Dent*, 40(1), 8–13. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-40.1.8>
- Yang, S.Y., Piao, Y.Z., Kim, S.M., Lee, Y.K., Kim, K.N., y Kim, K.M. (2013). Acid neutralizing, mechanical and physical properties of pit and fissure sealants containing melt-derived 45S5 bioactive glass. *Dental Materials*, 29(12), 1228–1235. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.09.007>
- Yap, A. U., Choo, H. S., Choo, H. Y., y Yahya, N. A. (2021). Flexural Properties of Bioactive Restoratives in Cariogenic Environments. *Operative dentistry*, 46(4), 448–456. <https://doi.org/10.2341/20-045-L>

Yip, K., Smales, R. (2012). Oral diagnosis and treatment planning: part 2. Dental caries and assessment of risk. *Br Dent J*, 213, 59–66. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.615>

IX. ANEXOS

Anexo A: Carta de presentación dirigida al laboratorio de investigación oral (LISO)-UPCH

Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 20 de julio de 2023

Dra.
LEYLA DELGADO COTRINA
DIRECTORA - LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD ORAL
UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA
Presente.-

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología Srta. Patricia Lizbeth Llancari Alonzo, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«LIBERACIÓN DE FLUORURO Y RESISTENCIA FLEXURAL EN DOS MATERIALES
RESTAURADORES BIOACTIVOS DE USO ODONTOLÓGICO»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Llancari quien realizará el siguiente trabajo:

- ✓ *Se realizarán las mediciones de liberación de flúor a través del uso de electrodo selectivo para el ion fluoruro.*

Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



DR. FRANCO RAÚL MAURICIO VALENTÍN
DECANO



Dr. AMÉRICO A. MUNAYCO MAGALLANES
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Se adjunta: Plan de Tesis

022-2023
NT: 043416 - 2023

AAMM/Luz V.

Calle San Marcos N°351 – Pueblo Libre
e-mail: ogt.fo@unfv.edu.pe

Telef.:7480888 -8335

Anexo B: Carta de presentación al laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 5 de mayo de 2023

Ingeniero Mecánico
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC
Presente.-

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología Srta. Patricia Lizbeth Llancari Alonzo, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«LIBERACIÓN DE FLUORURO Y RESISTENCIA FLEXURAL EN DOS MATERIALES
RESTAURADORES BIOACTIVOS DE USO ODONTOLÓGICO»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Llancari quien realizará el siguiente trabajo:

✓ *Prueba de fuerza flexural en materiales restauradores bioactivos.*

Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovar le los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente

DR. FRANCO RAÚL MAURICIO VALENTÍN
DECANO



Dr. AMÉRICO A. MUNAYCO MAGALLANES
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Se adjunta: Plan de Tesis

014-2023
NT: 024127 - 2023

AAMM/Luz V.

Calle San Marcos N°351 – Pueblo Libre
8335
e-mail: ogt.fo@unfv.edu.pe

Telef.:7480888 -

Anexo C: Constancia de ejecución de plan de tesis LISO-UPCH



CAR-FE-LISO-SM-65-2024

Lima, 16 de enero del 2024

CONSTANCIA

LA DIRECTORA DE LOS LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN EN SALUD ORAL DE LA FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA, DEJA CONSTANCIA QUE EL INVESTIGADOR:

PATRICIA LIZBETH LLANCARI ALONZO

Asistió del 31 de julio de 2023 al 29 de agosto del año 2023 al laboratorio de Investigación en Salud Oral – LISO de la Facultad de Estomatología, para el desarrollo de su proyecto de investigación titulado “LIBERACIÓN DE FLUORURO Y RESISTENCIA FLEXURAL EN TRES MATERIALES RESTAURADORES BIOACTIVOS DE USO ODONTOLÓGICO”

Actividades realizadas:

- Preparación de muestras
- Almacenamiento de muestras
- Lectura de concentración de flúor

Se expide el presente documento a solicitud de la interesada para los fines que considere pertinentes.



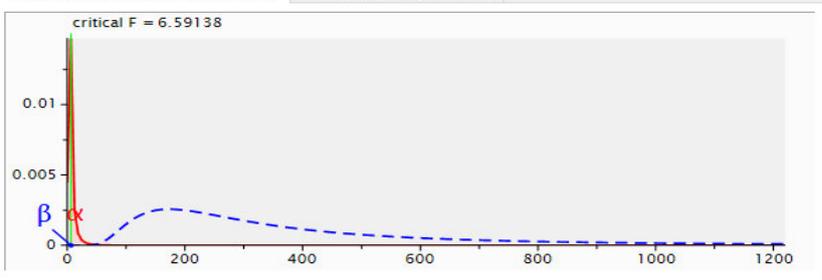
Dra. Leyla Delgado Cotrina
Directora
Laboratorios de Investigación en Salud Oral

Anexo D: Cálculo muestral en el programa G*Power

G*Power 3.1.9.7

File Edit View Tests Calculator Help

Central and noncentral distributions Protocol of power analyses



critical F = 6.59138

Test family: F tests

Statistical test: ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way

Type of power analysis: A priori: Compute required sample size - given α , power, and effect size

Input Parameters

Determine =>

Effect size f: 9.8636025

α err prob: 0.05

Power (1- β err prob): 0.80

Number of groups: 4

Output Parameters

Noncentrality parameter λ : 778.3252

Critical F: 6.5913821

Numerator df: 3

Denominator df: 4

Total sample size: 8

Actual power: 1.0000000

Select procedure: Effect size from means

Number of groups: 4

SD σ within each group: 3.19

Group	Mean	Size
1	16.86	5
2	81.06	5
3	94.36	5
4	37.63	5

Equal n: 5

Total sample size: 20

Calculate Effect size f: 9.863602

Calculate and transfer to main window

Close

Anexo E: Certificado de calibración de máquina de testeo universal.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LMF - 2022 - 018

Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2022-08-16
Fecha de expiración: 2023-08-16
Expediente: LMC-2022-0898

1. SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Dirección : Nro. 1319 Int. 116 Urb. Los Jardines de San Juan, Etapa II, San Juan de Lurigancho - Lima - Lima.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MAQUINA DIGITAL DE ENSAYOS UNIVERSALES

Marca : LG
Modelo : CMT-5L
Serie : 7419
Identificación : No Indica
Rango de indicación : 5000,00 N
División mínima : 0,01 N
Tipo de Ensayo : Tracción
Tipo de indicación : Digital
Procedencia : Korea
Ubicación : No Indica
Fecha de Calibración : 2022-08-15

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

3. METODO DE CALIBRACIÓN:

* La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional. Se tomó como referencia la norma ISO 7500-1: 2004 Materiales Metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales parte 1. Máquinas de ensayo tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

LABORATORIOS MECALAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:

LABORATORIOS MECALAB S.A.C.
Av. Lurigancho Nro. 1063, San Juan de Lurigancho - Lima.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa (%HR)	59 %HR	57 %HR

6. PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón	Identificación	Certificado de Calibración
DM-INACAL	Termohigrómetro	PT-TH-02	LH-088-2021 Cal: Septiembre
INMELAB	Juego de pesas 1 g a 2 kg / M2	PM-JM2-02	LMM-2022-018 Cal: Febrero 2022
INMELAB	Juego de pesas 5 kg, 10 kg, 20 kg / M2	PM-JM2-01	LMM-2022-024 Cal: Marzo 2022



Gerente de Metrología



Firmado digitalmente
por Jorge Padilla Dueñas
Fecha: 2022.08.16
10:05:52 -05'00'

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB S.A.C."

Anexo F: Fichas de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LIBERACIÓN DE FLÚOR

N° de muestra	1° día (ppm)	3° día (ppm)	7° día (ppm)	14° día (ppm)	28° día (ppm)
GRUPO CONTROL	KETAC UNIVERSAL (IONÓMERO DE VIDRIO)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GRUPO B	BEAUTIFIL II (GIÓMERO)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GRUPO C	CENTION N (ALKASITE)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GRUPO D	EQUIA FORTE FIL (HVGI)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

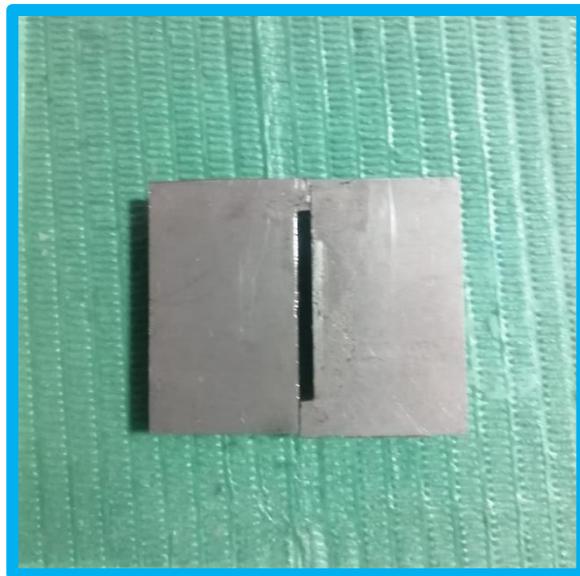
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (FUERZA FLEXURAL)

N° de muestra	b (ancho)	l (longitud)	h(altura)	Fuerza (N)	Mpa
GRUPO CONTROL	KETAC UNIVERSAL (IONÓMERO DE VIDRIO)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GRUPO B	BEAUTIFIL II (GIÓMERO)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GRUPO C	CENTION N (ALKASITE)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
GRUPO D	EQUIA FORTE FIL (HVGI)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Anexo G: Molde tipo cilindro elaborado a propósito de la investigación.



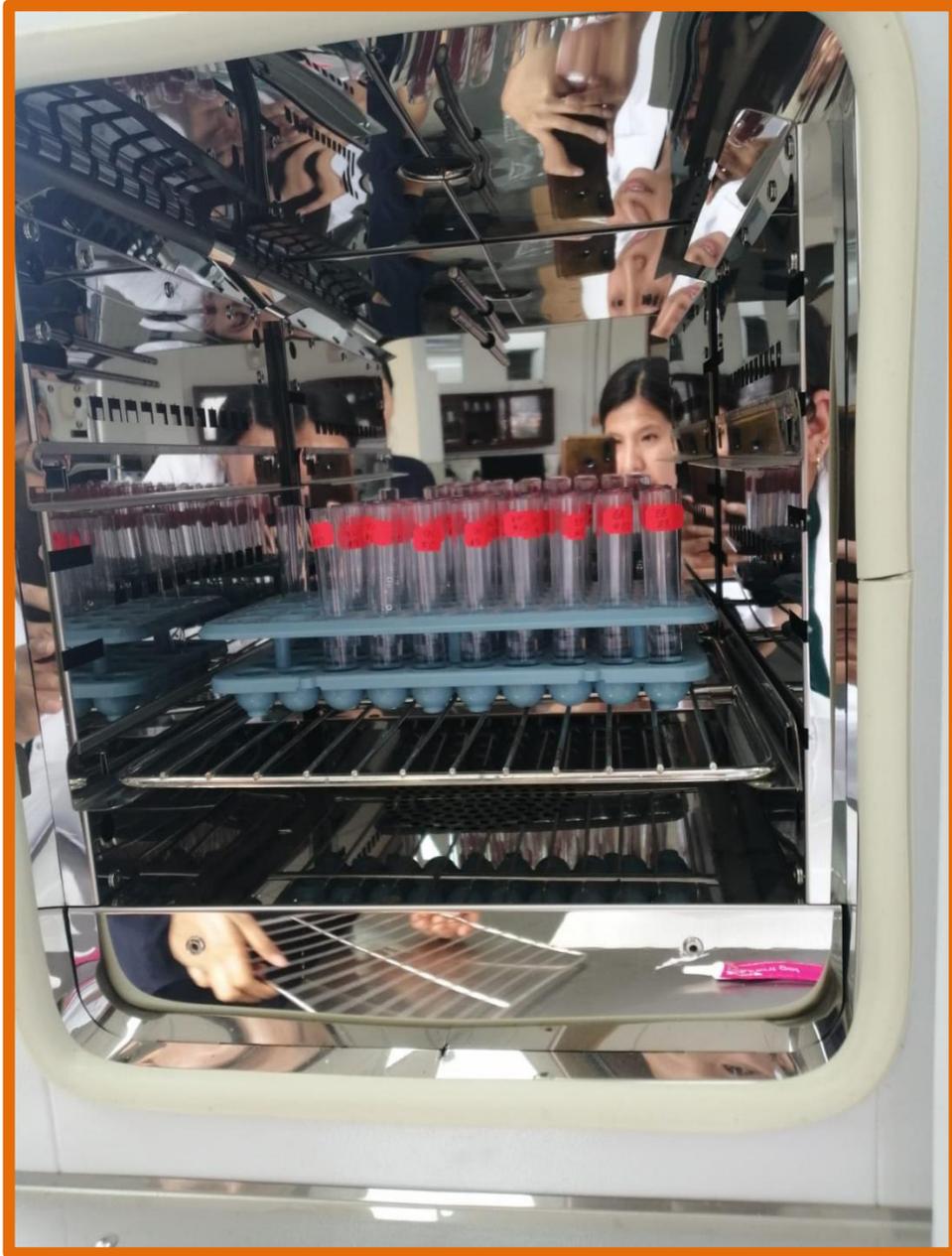
Anexo H: Molde tipo barra elaborado a propósito de la investigación.



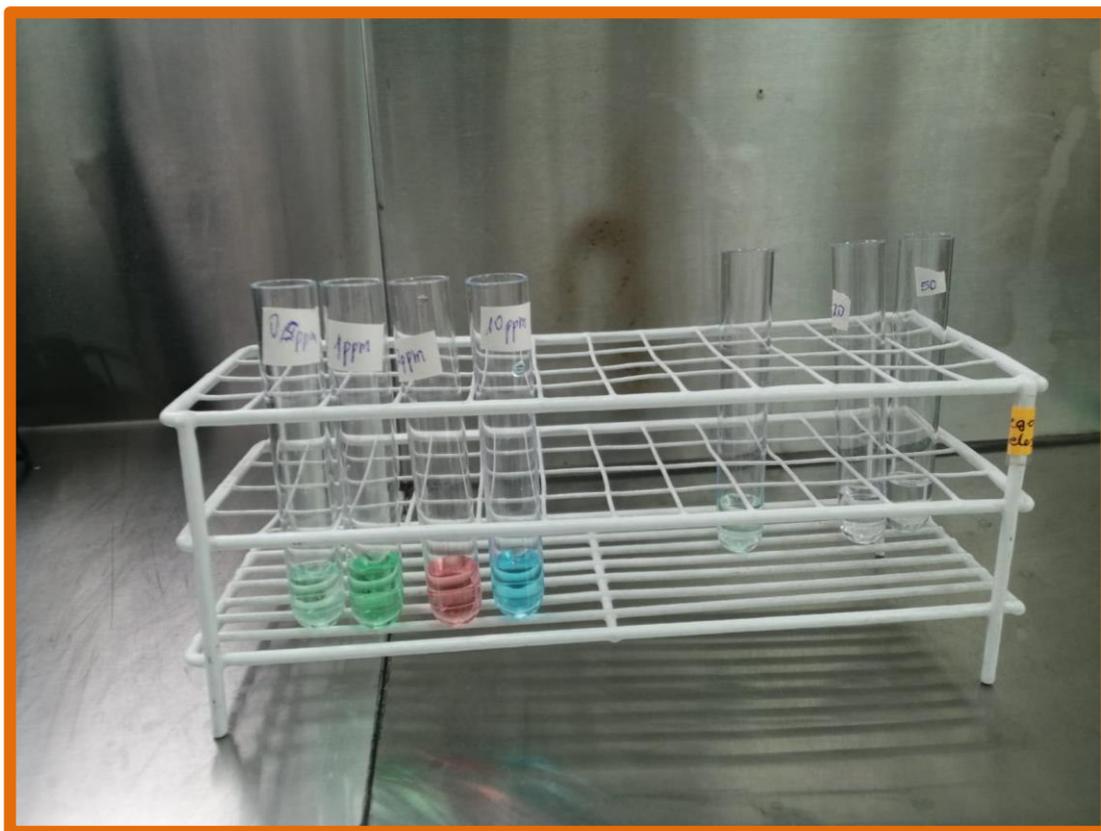
Anexo I: Muestras sumergidas en agua desionizada y cubiertas con Parafilm.



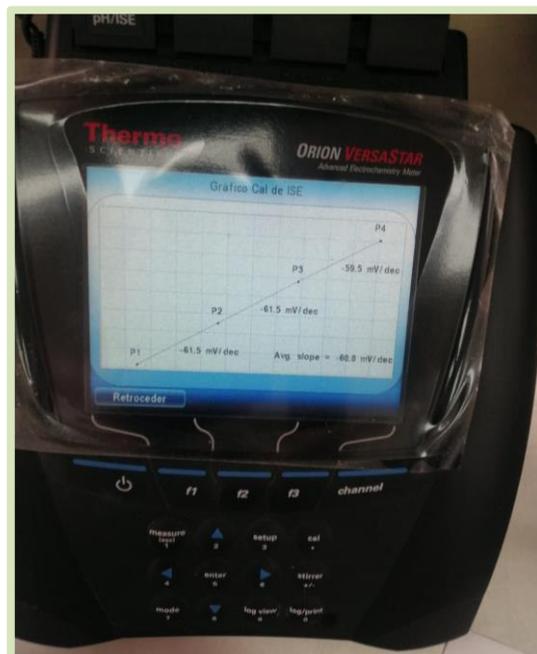
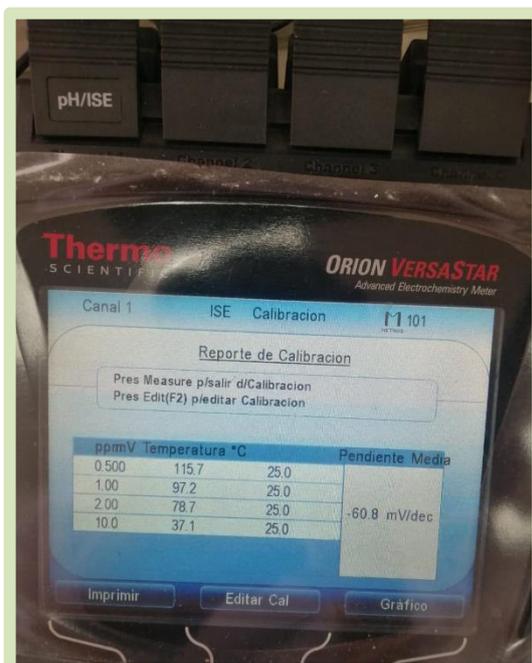
Anexo J: Muestras colocadas en una incubadora a 37°C.



Anexo K: Concentraciones estándar de flúor utilizadas para la calibración.



Anexo L: Curva de calibración adecuada.



Anexo M: Homogenización de las muestras en el vortex.



Anexo N: Introducción del electrodo dentro de la solución a medir.



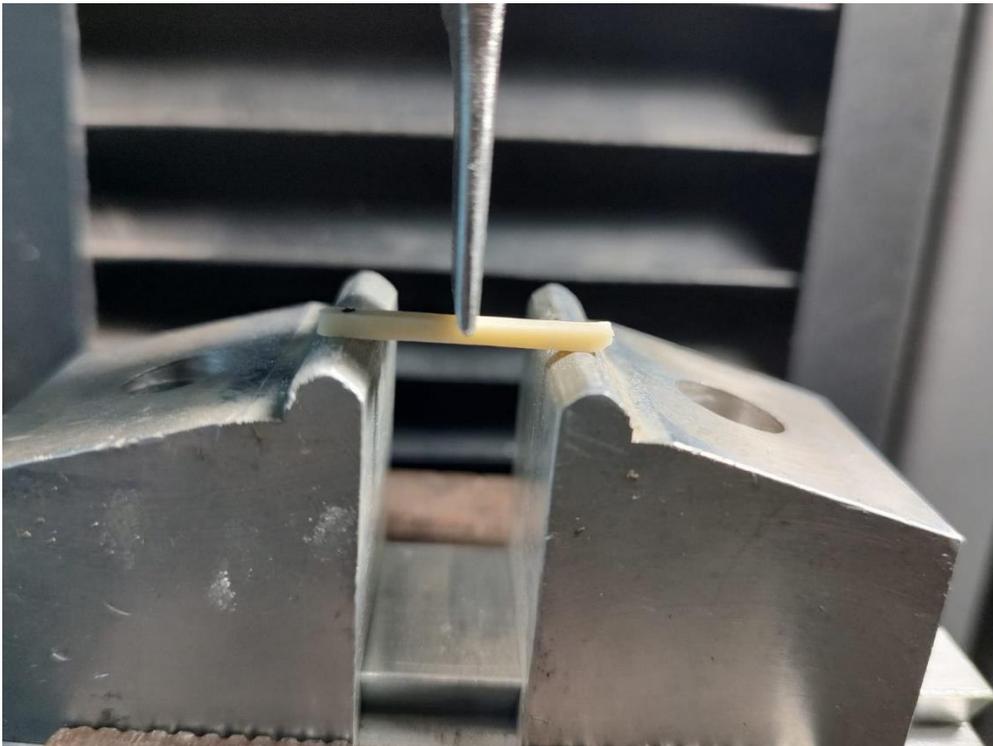
Anexo O: Medición realizada con el potenciómetro.



Anexo P: Muestra siendo medida para su posterior evaluación.



Anexo Q: Muestra en el soporte de la máquina de testeo universal.



Anexo R: Documento de recolección de datos por el laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N°	IE-0268-2023	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	14-06-2023
ENSAYO DE FLEXIÓN EN TRES PUNTOS SIMPLEMENTE APOYADO EN BARRAS DE MATERIALES RESTAURADORES BIOACTIVOS DE ODONTOLÓGICAS				
1. DATOS DE LOS TESISISTAS				
Nombre de tesis	: "Liberación de fluoruro y resistencia flexural en tres materiales bioactivos de uso odontológico"			
Nombres y Apellidos	: Patricia Lizbeth Llancari Alonzo			
Dni	: 75913044			
Dirección	: Av. Defensores del Morro Mz L1 lote 3- Indoamérica - Chorillos			
2. EQUIPOS UTILIZADOS				
Instrumento	Marca	Aproximación	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.	
Máquina de Ensayos Mecánicos	LG CMT- 5L	0.001N		
Vernier Digital	Mitutoyo - 200 mm	0.01mm		
3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA				
Muestras de barra materiales restauradores	Cantidad	: Veinte (20) muestras		HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.
	Material	: Barras de resinas de 2 x 2 x 25 mm		
	Grupo 1	: 3M Universal		
	Grupo 2	: Beautifill II (giómero)		
	Grupo 3	: Cention N (alkasite)		
	Grupo 4	: Equia Forte Fil (Hvgi)		
4. RECEPCION DE MUESTRAS				
Fecha de recepción de muestras	10 de Junio del 2023			El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.
Fecha de Ensayo	13 de Junio del 2023			
Lugar de Ensayo	Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho-Lima			
5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO				
El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento:				
PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CAPITULO/NUMERAL		
ISO 4049:2019	Dentistry — Polymer-based restorative materials	7.11 Flexural strength		
6. CONDICIONES DE ENSAYO				
	Inicial	Final		
Temperatura	21.5 °C	22.0 °C		
Humedad Relativa	64.0 %HR	64.0 %HR		

Anexo S: Constancia de aprobación de plan de tesis aprobado por el comité de ética de la Universidad Nacional Federico Villarreal.



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**Facultad de
Odontología**



"Año del Fortalecimiento de la Gobernancia Nacional"

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

CARTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La Presidenta del Comité de Ética de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal en referencia al siguiente Proyecto de Investigación, señala que fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación luego de haber presentado el levantamiento de las observaciones.

Título: "LIBERACIÓN DEL FLUORURO Y RESISTENCIA FLEXURAL EN DOS MATERIALES RESTAURADORES BIOACTIVOS DE USO ODONTOLÓGICO"

Investigador: Bachiller LLANCARI ALONZO PATRICIA LIZBETH

Código de inscripción: 007-01-2023

Proyecto de investigación: versión de fecha 10 de enero del 2023

Calificativo: Favorable con Aprobación

La aprobación considera el cumplimiento de los estándares de la Facultad y de la Universidad, los lineamientos científicos y éticos, el balance riesgo/beneficio, la capacitación del equipo de investigación, la confidencialidad de los datos, en el caso de participación de seres humanos se debe contemplar el respeto a la autonomía del participante, y la aplicación del consentimiento informado según el tipo de proyecto.

Cualquier modificación, enmienda y otros cambios en la estructura del proyecto deben ser informados al Comité de Ética en el caso de resguardo de los participantes del estudio. Los investigadores presentarán un informe al término de la investigación. El presente documento tiene una vigencia de tres años hasta el 10 de enero del 2026.

Lima, 16 de enero del 2023

Mg. Carmen Rosa García Rucaya
Presidenta
Comité de Ética en Investigación
Facultad de Odontología

Anexo T: Matriz de Consistencia.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Materiales y métodos
¿Cuál es el grado de liberación de flúor y fuerza flexural entre dos materiales restauradores bioactivos?	<p>Objetivo general: Comparar la resistencia flexural y la liberación de fluoruro de tres materiales restauradores bioactivos in vitro.</p>	<p>H0 = No existen diferencias significativas en la cantidad de liberación de flúor y el grado de flexión de los materiales bioactivos estudiados. H1= Si existen diferencias significativas en la cantidad de liberación de flúor y el grado de flexión de los materiales bioactivos estudiados.</p>	<p>Independiente: -Ketac Universal -Equia Forte Fil -Cention N -Beautifil II</p>	<p>Tipo de estudio: Experimental, prospectivo, transversal y comparativo.</p>
	<p>Objetivo específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia flexural in vitro del Beautifil II (Giómero), Cention N (Alkasite) y del Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad). • Comparar la resistencia flexural in vitro del Beautifil II (Giómero), Cention N (Alkasite) y del Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad). 		<p>Dependiente: -Liberación de Flúor -Fuerza Flexural</p>	<p>Población: Muestras de materiales bioactivos elaboradas para el estudio.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la liberación de fluoruro in vitro del Beautifil II (Giómero), Cention N (Alkasite) y del Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad) a los 1, 3, 7, 14 y 28 días de estar sumergido en agua desionizada. • Comparar la liberación de fluoruro in vitro entre el Beautifil II (Giómero), el Cention N (Alkasite) y el Equia Forte Fil (ionómero de vidrio de alta viscosidad) tanto al 1, 3, 7, 14 y 28 días de estar sumergido en agua desionizada. 		<p>Criterios de inclusión: -Muestras elaboradas con las medidas apropiadas. -Muestras elaboradas con material de restauración dentro de su fecha de uso. -Muestras almacenadas en condiciones óptimas.</p>	
		<p>Criterios de exclusión: -Muestras elaboradas sin las medidas dadas. -Muestras elaboradas con material de restauración caducos. -Muestras que no fueron almacenadas en condiciones apropiadas</p>		