

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



Microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares, *in vitro*

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
CIRUJANO DENTISTA**

AUTOR

Franz Luis Nuñez Odar

ASESOR

Rocio Lizet Torres Verastegui

<https://orcid.org/0000-0001-8691-1486>

Chiclayo, 2024

Microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpaes de premolares, *in vitro*

PRESENTADA POR
Franz Luis Nuñez Odar

A la Facultad de Medicina de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

CIRUJANO DENTISTA

APROBADA POR

Rosa Josefina Roncal Espinoza
PRESIDENTE

Carmen Lizeth Diaz Silva
SECRETARIO

Rocio Lizet Torres Verastegui
VOCAL

Dedicatoria

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres, hermanos y sobrinas que en el transcurso de la ejecución y redacción me brindaron su apoyo de múltiples maneras en búsqueda de lo mejor para mí.

Agradecimientos

Agradezco a mis asesoras ya que fueron pieza clave para poder ejecutar mi investigación, también a los centros odontológicos que me brindaron apoyo en la recolección y preparación de muestras y finalmente a mis Gold estándar por brindarme su apoyo y orientación con la metodología que se empleó.

Microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares, in vitro

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

2

www.ortegaygasset.edu

Fuente de Internet

<1%

3

idus.us.es

Fuente de Internet

<1%

4

revistas.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

docplayer.com.br

Fuente de Internet

<1%

6

killkana.ucacue.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

produccion-animal.com.ar

Fuente de Internet

<1%

8

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	14
Resultados	17
Discusión	19
Conclusiones	23
Recomendaciones	23
Referencias.....	24
Anexos	31

Resumen

El objetivo del presente estudio es determinar la microfiltración de tres biocerámicos indicados para reparar perforaciones laterales iatrogénicas, teniendo en cuenta el tiempo de fraguado. El grupo de estudio estuvo conformado por 80 dientes humanos extraídos con fines ortodónticos y periodontales, los cuales fueron divididos aleatoriamente en cuatro grupos y tres de ellos en dos subgrupos según el tiempo de fraguado del biocerámico: grupo A: MTA Repair HP (A1: MTA Repair HP, fraguado por 24 horas, A2: MTA Repair HP, fraguado por 0 horas), grupo B: Biodentine (B1: Biodentine, fraguado por 24 horas, B2: Biodentine, fraguado por 0 horas), grupo C: NeoMTA 2 (C1: NeoMTA 2, fraguado por 24 horas, C2: NeoMTA 2, fraguado por 0 horas), grupo D: control negativo. Las muestras fueron perforadas, reparadas con biocerámicos, expuestas a azul de metileno al 1%, cortadas y observadas en el estereoscopio para finalmente ser medidas a través de referencias milimétricas. Se encontró que existe diferencias significativas al comparar la filtración entre biocerámicos; pero no hay diferencias significativas al relacionar cada biocerámico según su tiempo de fraguado. Se concluye que cada biocerámico, presenta distintos valores de microfiltración y el tiempo de fraguado es independiente a su capacidad de sellado.

Palabras clave: Filtración dental, cementos dentales, restauración dental permanente, lesiones dentales, cámara pulpar, agentes colorantes.

Abstract

The objective of this study is to determine the microleakage of three bioceramics indicated for repairing iatrogenic lateral perforations, taking into account the setting time. The study group was made up of 80 human teeth extracted for orthodontic and periodontal purposes, which were randomly divided into four groups and three of them into two subgroups according to their repair with bioceramics: group A: MTA Repair HP (A1: MTA Repair HP, setting for 24 hours, A2: MTA Repair HP, setting for 0 hours), group B: Biodentine (B1: Biodentine, setting for 24 hours, B2: Biodentine, setting for 0 hours), group C: NeoMTA 2 (C1: NeoMTA 2, setting for 24 hours, C2: NeoMTA 2, setting for 0 hours), group D: negative control. The samples were drilled, repaired with bioceramics, exposed to 1% methylene blue, cut and observed in the stereoscope to finally be measured through millimeter references. It was found that there is a statistically significant difference when comparing microfiltration between bioceramics; but there are no significant differences when relating each bioceramic according to its setting time. It is concluded that each bioceramic presents different microfiltration values and the setting time is independent of its sealing capacity.

Keywords: Dental leakage, dental cements, dental restoration permanente, tooth injuries, dental pulp cavity, coloring agents.

Introducción

Hace varios años, se ha identificado que el tratamiento de endodoncia presenta efectividad en la preservación de la pieza dental en boca; sin embargo, también se han reportado fracasos por motivos multifactoriales (1). Dentro del sinnúmero de motivos de falla, el desconocimiento del operador, la experiencia clínica de este y la habilidad que haya desarrollado durante su formación serán relevantes en la conformación de ellas (2).

Las perforaciones en el tratamiento de endodoncia con motivo iatrogénico son una de estas, ocurren en un 10% de todos los casos de fracaso endodóntico y como consecuencia se comunica el tejido del sostén con el sistema de conductos radiculares que genera secuelas como infecciones bacterianas, supuración, poca o nula cicatrización de los tejidos, inflamación, dolor y sensibilidad (3).

Para ello, los materiales dentales en su proceso de evolución han permitido que se puedan solucionar problemas como las perforaciones, donde los biocerámicos son una buena opción debido a sus diferentes propiedades como que son biocompatibles, sellan y se adaptan bien, tienen actividad antibacteriana, funciona como los tejidos humanos y tienen éxito a largo plazo, y son indicados como cementos reparadores, sustituto de dentina, reparadores de perforaciones laterales y de furca, revascularización, entre otras (4) por esto es importante saber identificar cual de todos los que se encuentran disponible en el mercado utilizar para la situación en específico que se presente (5). Sin embargo, una de las complicaciones que aún se reporta para estos materiales, es la microfiltración, producida debido a la conformación de enlaces, adhesión a los tejidos dentarios y tiempo de fraguado (6) no es buena y permite el ingreso de diferentes fluidos que incluyen bacterias, moléculas o iones que desencadenan más problemas de las ya generadas (7).

Por tanto, en la actualidad quedan vacíos sobre cuánto es la microfiltración de ciertos biocerámicos que se desarrollan a través de los años y son utilizados como reparadores de perforaciones laterales a nivel de la cámara pulpar y si el tiempo de fraguado sería un factor importante para reducir la microfiltración. Por lo mismo, los objetivos de este estudio fueron comparar la microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares *in vitro* determinando la microfiltración del MTA Repair HP, Biodentine™ y NeoMTA 2 de acuerdo con el tiempo.

Revisión de literatura

Antecedentes

Abimanyu, et al. (8), en el año 2017 en Indonesia se trazaron el objetivo de analizar la microfiltración de ProRoot® MTA y Biodentine™ para sellar perforaciones de acceso endodóntico. Por lo que se seleccionaron 40 premolares inferiores a quienes se les realizó el acceso y la perforación en la cámara pulpar 1 milímetro (mm) debajo a la unión amelo-cementaria (UAC) para luego ser separados en 2 grupos de 20 y a continuación ser reparados con los materiales antes mencionados, posteriormente fueron restaurados coronalmente y colocados en azul de metileno al 1% para visualizar la filtración con un microscopio estereoscópico de aumento de 15x. La microfiltración fue valorada de forma ascendente del 0 al 3, para ProRoot® MTA (45% de piezas: valor 3), Biodentine™ (30% de piezas: valor 3). Se concluye que la microfiltración entre los materiales no es significativa.

Kumar, et al. (9), en el año 2018 en India tuvieron como objetivo comparar la microfiltración de EndoSequence BC RRM de fraguado rápido, MTA y circómero al reparar perforaciones de furca, *in vitro*. Para la investigación de perforaron 48 premolares que fueron reparados con los materiales, se sumergieron en azul de metileno al 2 % por 48 horas, fueron cortadas y analizadas bajo un estereoscopio. Se obtuvieron valores promedios, y se demostró que EndoSequence BC RRM de fraguado rápido y MTA filtraron menos sin mostrar diferencias significativas en comparación con circómero. Se concluyó que todas las muestras microfiltraron y EndoSequence BC RRM de fraguado rápido mostró valores inferiores de filtración poco significativos debido a el tiempo bajo de fraguado, fácil manipulación y ausencia de vacíos.

Delikan E, et al. (10), en el año 2020 en Turquía tuvieron como objetivo evaluar la microfiltración de NeoMTA, EndoSequence BC RRM de fraguado rápido, Biodentine, Endo Repair como tapones apicales en dientes inmaduros. Para el experimento se recolectaron y prepararon 90 piezas que fueron divididas en 6 grupos que incluían a los 2 grupos controles para que se les apliquen el biocerámico u otro material en los 3 mm lo más cerca del ápice, los especímenes se introdujeron en azul de metileno al 1 % por 2 días y fueron seccionadas para ser evaluadas en un microscopio estéreo óptico. Se obtuvo como resultado que NeoMTA no filtró en su mayoría, Biodentine filtró mayormente menos a 1 mm y entre 1 a 2 mm y la filtración mayor a 2 mm lo obtuvo Endo Repair. Se concluye que NeoMTA y Biodentine se desempeñaron un sellado aceptable.

Karobari, et al. (11), en el año 2021 en Malasia tuvieron como objetivo evaluar la bioactividad de NeoMTA plus, ProRoot MTA blanco, Biodentine™ y otros materiales de obturación de extremos radiculares. Se recolectaron 80 dientes anterosuperiores quienes fueron

divididos en 4 grupos de 20 para su respectiva obturación, luego los especímenes se almacenaron en azul de metileno al 1%, fueron seccionados transversalmente y observados a través de un microscopio estéreo óptico a los 15 días y 30 días de almacenamiento. A la evaluación de filtración se encontró todos filtraban más a través del tiempo y el cemento de ionómero de vidrio filtró más, seguido de ProRoot MTA, Biodentine y NeoMTA Plus, estos dos últimos no presentaron diferencias significativas. Se concluye que todas las piezas presentaron filtración alguna y el mejor desempeño lo obtuvieron Biodentine™ y NeoMTA plus.

Bases teóricas

Perforaciones radiculares

Las perforaciones radiculares son definidas como la intercomunicación entre la parte interna dental que alberga la pulpa hacia los tejidos periodontales, ubicadas en tres lugares específicos como el ápice, furca y pared de la cámara o conducto pulpar (12).

Perforaciones radiculares laterales

Las ocasiones en las que se compromete la parte lateral interna de la raíz puede ser consecuencia de diversos procesos patológicos o accidentes al realizarse la apertura coronal o cavidad de acceso, limpieza y preparación de los conductos o rehabilitación de la pieza dental (13), asimismo factores relacionados al conocimiento del operador respecto a las complicaciones endodónticas, nuevas técnicas que advienen (14), experiencia y su habilidad desencadenarían este tipo de complicaciones (2).

Además, estas perforaciones se clasificarán según el pronóstico que tengan, por ello de buen pronóstico serán aquellas que se realicen y se traten en la misma cita, sean pequeñas y se ubiquen a nivel coronal o apical, pero tendrán mal pronóstico aquellas diagnosticadas después de tiempo, sean largas y se ubiquen en el área crestal (15). Debido a ello, al realizar tratamientos endodónticos se deben considerar y tomar en cuenta los principios éticos y estándares de atención dental (16).

Materiales reparadores de perforaciones

Para sellar perforaciones radiculares los materiales deben tener diversas propiedades ideales (17) como:

- Permitir la formación de hueso y cemento.
- Biocompatibilidad y no carcinogénico.

- Sellado hermético hacia los fluidos.
- Bacteriostático.
- No reabsorbible.
- Fácil disponibilidad y uso.
- Económico, etc.

Si bien, no muchos materiales pueden poseer las propiedades antes mencionadas, para reparar estas lesiones iatrogénicas se encontrarán disponibles en el mercado los siguientes:

- Cemento EBA (reforzado con óxido de zinc y eugenol) (18).
- Hidróxido de calcio (19).
- Material de restauración intermedio (20).
- Bisfil 2B (20).
- Biocerámicos (Cementos de silicato de calcio) (21,22), etc.

Biocerámicos

Son un conjunto de materiales compuestos por cerámica biológicamente activa y óxidos metálicos (12) que en la actualidad son ampliamente conocidos en el área médica y odontológica por las diversas propiedades que poseen (23).

Propiedades:

- Biocompatibilidad (24,25).
- Bioinerte (24).
- Bioactivo (24).
- Biodegradables (24).
- Osteoconductor (25).
- Sellado hermético (25).
- Radiopacidad (25).
- Insolubilidad (25).
- Formación de enlaces químicos dentales (25).
- Antibacterial (26,27).
- Éxito a largo plazo (21).

Además, en el área odontológica su utilidad se centra en el área rehabilitadora, cirugía, restauradora y endodoncia. En esta última para reparar perforaciones radiculares iatrogénicas u de otro de origen, apexificación, reabsorción radicular (28), obturación retrógrada, tratamiento endodóntico pediátrico, regeneración endodóntica, sustitución de dentina, hipersensibilidad (29)

Clasificación:

La clasificación de los cementos hidráulicos de Camilleri J. (30) se evidencian en la Figura 1 (Anexo 1).

- **MTA Repair HP**

Este material, se deriva del agregado de trióxido mineral el cual se introdujo en el año 1993 como reparador de perforaciones radiculares laterales (31), y fue aceptado en Estados Unidos en el año 1998 para su uso en el área odontológica (32).

Al desarrollarse fue considerado como un cemento Portland tipo 2 (30,33), y sus componentes principales en el polvo son el silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y tungstato de calcio, el líquido está compuesto por agua destilada que incluye un plastificante (34) el cual mejora sus propiedades fisicoquímicas (35).

El tamaño medio de sus partículas es de 11,20 μm (2,29-22,40 μm) (36), su mezcla debe realizarse con 0,17 g de polvo y 2 gotas de líquido durante 40 segundos (37) y su tiempo de fraguado es de $13,1 \pm 1,0$ minutos al estar en contacto con la humedad (38).

Las propiedades más resaltantes de este material son las de ser biocompatible, tener actividad alcalinizante, libera calcio durante un tiempo prolongado, es poroso, radiopaco y soluble (37). Además, puede ser utilizado en perforaciones iatrogénicas, cirugía apical, recubrimiento pulpar, pulpotomía (38), etc.

Por ello y demás características se considera a el MTA como el estándar de oro para diferentes tratamientos y complicaciones en endodoncia (39).

- **Biodentine™**

Biodentine™ es un material que hace no mucho se ha introducido al mercado dental principalmente porque es un sustituto dentinario bioactivo (40) y se ha determinado que puede superar alguno de los inconvenientes que presenta el MTA (41).

Este, es un silicato tricálcico debido a que su composición en el polvo se basa en ello (42) y los activos que presentan son el carbonato de calcio, cloruro de calcio, óxido de zirconio, óxido de hierro y polímero de policarboxilato (43).

Para poder realizar la mezcla se debe utilizar una porción de polvo con 5 gotas de líquido (36), ser mezclado por 30 segundos (44) y esperar a su fraguado entre 6 y 30 minutos en su fase inicial (41) y 45 minutos en la fase final (38).

El tamaño de partícula es aproximadamente de 1 a 10 μm y las propiedades que resaltan y permiten sobresalir a este material son la resistencia a la compresión, dureza microscópica,

capacidad de resistir a la flexión, capacidad de sellado (41), reacción de proceso de hidratación y biocompatibilidad (38).

- **Neo MTA 2**

Esta variante del MTA pertenece a la nueva generación de materiales biocerámicos que se desarrolla para poder mejorar las capacidades de su antecesor Neo MTA Plus, debido a que la preparación y mezcla es más fácil además que es más radiopaco y su color blanco es más brillante (45).

Se compone por un polvo el cual contiene silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, óxido de tantalio, aluminato tricálcico, sulfato cálcico y yeso, además de un gel a base de agua (45).

Para la mezcla se debe utilizar 1 cucharada de 0.1 gr de polvo con 1 o 2 gotas de líquido, el tiempo de vida es de 14 minutos y el proceso de fraguado empieza a partir de este hasta los 70 minutos (45).

Las propiedades que lo mantienen en el mercado son las de su bioactividad la cual contribuye a la cicatrización por la liberación de calcio (46), es antibacteriano por su pH alcalino, no cambia de color al diente, es estable en el tiempo y resiste a la contracción debido a la ausencia de resinas (45), tiene buena resistencia al cizallamiento (47).

Microfiltración

La microfiltración es aquella invasión de fluidos orales que incluyen microorganismos, y otros hacia los márgenes o brechas de la restauración que se haya realizado en la pieza dentaria que generan diversos daños biológicos (48) e incluso será uno de los determinantes del éxito de los tratamientos dentales en transcurso del tiempo (49).

Las causas por las cuales una restauración pueda filtrar son variables:

- Factores iatrogénicos como rupturas de instrumentos, perforaciones, sobreinstrumentación, sobreobturación, poca obturación y fractura radicular (50).
- Reacciones bioquímicas dentro del material (51).
- Reacciones entre el material y el entorno de este (51).
- Porosidad del material (52), etc.

Además, una de las propiedades que se mencionaron anteriormente fue el buen sellado hermético que presentan los biocerámicos (25). Sin embargo, estos materiales también están predispuestos a presentar cierta microfiltración debido a que se requieren diversas condiciones con respecto al ambiente al que serán aplicados para evitar en mayor grado esta problemática (53).

Para lo cual, la evaluación de esta microfiltración se puede realizar *in vitro* de diversas maneras (54):

- **Metodología que aplica colorantes:**

Esta metodología, como su mismo nombre lo dice utiliza diferentes tipos de colorantes como el azul de metileno, tinta china negra, rodamina, fucsina y otros para poder observar de mejor manera la capacidad de sellamiento de los materiales restauradores (55).

Si bien, una de las ventajas que presenta es su facilidad de aplicar, pero los especímenes al ser seccionados podrían no cortarse en el punto más profundo a donde ha llegado la tinción por lo que esto se puede prestar a obtener resultados sobrestimados (56).

Las recomendaciones que aplican para esta metodología son:

- Utilizar un microscopio estereoscópico y aumentos desde x4 hasta x30 independientemente al tipo de colorante que se utilice (57).

- Someter las piezas dentales evaluadas a diferentes cambios de temperatura (58).

- El experimento debe realizarse a presión reducida (59).

- Puede considerarse utilizar azul de metileno ya que es económico, de fácil manipulación y posee una tinción de alto grado (60).

- Metodología de filtración o transporte de fluidos.
- Metodología de extracción o disolución de colorantes.
- Metodología de infiltración bacteriana y toxinas.
- Metodología de penetración de glucosa.
- Metodología de filtración de proteínas.
- Metodología de filtración electroquímica.
- Metodología de introducción de radioisótopos.
- Metodología tridimensional.

Materiales y métodos

El estudio llevado a cabo, fue de nivel explicativo, tipo longitudinal y diseño experimental puro, aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo mediante la Resolución N° 034-2023-USAT-FMED ubicada en la Figura 2 (Anexo 2), que al haber obtenido la misma se pidieron autorizaciones al director del Centro Especializado en Formación Odontológica y al director de la Escuela de Medicina mostradas en la Figura 3 y 4 (Anexo 3) para la utilización de laboratorios a fin de ejecutar el proyecto de investigación

Este estudio, estuvo conformado por una grupo de estudio de 103 premolares humanas de dos conductos ubicados en superior o inferior derecha o izquierda de cavidad oral, extraídas con fines ortodónticos o por motivos periodontales, con paredes de la cámara pulpar mayor o igual a 1 mm y menor o igual a 1.5 mm, el total se consideró según las recomendaciones establecidas en un estudio previo (8); además se excluyó aquellas piezas dentarias con restauraciones de resina o amalgama extensa o que comprometan la unión cemento-esmalte, caries radiculares, raíces inmaduras, grietas, reabsorción radicular interna o externa y conductos radiculares calcificados.

Previa a la ejecución, 23 piezas dentarias fueron seleccionadas para realizar una prueba piloto donde se perforó, reparó, sumergió en azul de metileno, observó en el estereoscopio y midió a través de referencias numéricas a fin de estandarizar los procedimientos, para ello se consideró capacitaciones con un especialista en endodoncia (L. J. S) y una especialista en ingeniería química (M. CH. A), así mismo con esta última se contempló una calibración con la finalidad de poder realizar mediciones correctas de microfiltración de los biocerámicos y se obtuvo un coeficiente de correlación intraclase test – R test de 0.995.

- **Preparación de muestras**

Las muestras fueron almacenadas en agua destilada a temperatura ambiente (37° C), y a los 7 días se les retiró tejido blando y cálculos con raspadores periodontales Hu-friedy para luego ser pulidos con un tapón de goma y piedra pómez mezclada con pasta profiláctica.

A cada una de ellas se le realizó un acceso endodóntico con una pieza de mano y una fresa redonda de aro azul que al llegar a la parte más superficial de la cámara pulpar fue cambiada por una fresa endoZ para homogeneizar las paredes. Al ubicar el piso de la cámara se irrigó con hipoclorito de sodio al 2 % y se dejó actuar por 2 minutos, luego con una cureta de dentina se limpió tejido pulpar restante en la cámara y se irrigó con suero fisiológico al 0,9 %, a continuación con una sonda periodontal Hu-friedy se realizó la medición del piso de la cámara hasta la cúspide más alta del diente para extrapolar estas mediciones a la parte externa del diente y se realice el corte coronal con un micromotor y un disco de diamante teniendo en cuenta dejar 5 mm de las paredes desde el piso de la cámara hacia arriba de la muestra, al realizarse este corte se ubicó el mm número 3 para perforar horizontalmente la pared mesial de la cámara pulpar con una pieza de mano y una fresa cilíndrica de punta plana de aro azul calibrada (1 mm x 1 mm), después se volvió a irrigar con hipoclorito de sodio al 2 % durante 2 minutos y suero fisiológico al 0,9 % durante 1 minuto, para proceder a secar el diente con torundas de algodón pequeñas y una pera de aire, se colocó sobre el piso de la cámara pulpar cinta teflón que iba siendo compactada con un atacador cilíndrico de punta convexa hasta cubrir 1 mm más hacia

arriba de la perforación simulada, y se evitó que ingrese a la misma. El milímetro restante, se cubrió con ionómero de vidrio de restauración (Bioglass R – Biodinámica) que fue preparado según las indicaciones del fabricante.

Para evitar áreas o vías de filtración adicional, se cubrió toda la muestra con esmalte de uñas hasta secar, seguido de cera amarilla en barra, excepto 1 mm alrededor de la perforación, con la finalidad de repeler los fluidos que estarían en contacto directo con la muestra. Además, se consideró mantener en humedad las muestras mientras se preparaban, en un depósito de plástico con una esponja húmeda.

Para ello, previa a la preparación de las muestras, el grupo de estudio se había dividido mediante muestreo probabilístico aleatorio simple a través de sorteos en 4 grupos (A, B, C y D) de 20 piezas cada uno, luego 3 de estos grupos se dividieron en 2 subgrupos cada uno (A1, A2, B1, B2, C1 y C2), el grupo restante fue seleccionado para ser parte del grupo control negativo (D).

La muestra, al encontrarse ya apta para recibir el biocerámico, se secaba con una pera de aire y se procedía con la preparación del material. El grupo A, fue reparado con MTA Repair HP (Angelus), el B se reparó con Biodentine (Septodont) y el C con NeoMTA 2 (Avalon Biomedic) según indicaciones de cada fabricante y sus subgrupos (A1, A2, B1, B2, C1, C2) dependían del tiempo de fraguado de los mismo (0 horas y 24 horas).

El subgrupo A1, B1 y C1 ya con la perforación reparada, no tenían un tiempo de fraguado y fueron expuestas a la tinción; sin embargo, el grupo A2, B2 y C2 al ser reparados, iban almacenándose en un recipiente de plástico con una esponja húmeda que simulaba condiciones de humedad durante 24 horas y se esperó que los biocerámicos completaran el tiempo de fraguado para ser sumergidos en la tinción. El grupo D no se reparó y se expuso la perforación a la tinción.

- **Microfiltración con colorantes**

Antes de la reparación de los especímenes, se mezcló de manera incremental 4,9 mg de polvo de azul de metileno y 490 ml de agua destilada que previamente fue pesado en una balanza electrónica y medido en un vaso de precipitado respectivamente logrando obtener el colorante al 1 %, después se procedió con el proceso de filtrado mediante un papel filtro, un embudo y matraz, y se almacenó en 7 recipientes de vidrio oscuro (70 ml cada uno) a temperatura ambiente (37° C). Al repararse las perforaciones de todos los subgrupos, excepto el grupo control; las muestras se sumergieron en el azul de metileno al 1% donde reposaron 24 horas y fueron trasladadas a un vaso precipitado, dejándoles caer agua a chorro de la cañería durante 10 minutos con la finalidad de eliminar todo exceso de tinte, posteriormente se secaban con una

pera de aire y se realizaban los cortes en seco de forma intermitente con un micromotor eléctrico y un disco de diamante, mismo que iniciaba por la parte vestibular de la muestra de forma horizontal y por coronal de forma vertical a fin de que se pueda observar el biocerámico por su parte lateral.

Posterior a ello, las muestras de cada grupo fueron trasladadas al laboratorio para utilizar el estereoscopio previamente calibrado y observar la filtración de cada biocerámico con 10X de aumento; se tomaron fotografías a las muestras considerando el enfoque, nitidez y estabilidad, además que se observe la sonda periodontal Hu-friedy de forma horizontal y pueda ser utilizada como referencia de las mediciones. Las fotografías fueron seleccionadas y almacenadas en un PowerPoint y se realizó la medición de penetración del colorante a través de una regla milimétrica digital que se calibraba según los milímetros de la sonda periodontal Hu-friedy evidenciada en la fotografía, además se consideró realizar la medición a la pared del diente que haya preservado mayor cantidad de biocerámico al corte debido a que esta sería la más susceptible a la filtración de cada material y se podría evidenciar de mejor manera el ingreso de fluidos dentro de la interfase material- estructura dentaria (61). Posteriormente los valores de penetración fueron almacenados en un Excel para obtener el valor medio de penetración de cada subgrupo analizado.

- **Plan de análisis**

Los resultados fueron evaluados por un especialista en estadística, el mismo que realizó una prueba de normalidad que se muestra en anexo 4, debido a que se consideró más de 50 especímenes de reparación con biocerámico ($n > 50$) se tomó en cuenta el resultado del análisis de la técnica de Kolmogórov-Smirnov, donde el P- valor es menor al nivel de confianza ($P = 0.01 < \alpha = 0.05$) lo que demuestra que los datos no siguen una distribución normal y puede ser utilizada una técnica no paramétrica.

Para la medición de más de dos muestras independientes no paramétricas se utilizó la técnica H. de Kruskal-Wallis y para la medición de dos muestras independientes no paramétrica se aplicó la técnica U-Mann Whitney.

Resultados

La tabla 1 muestra que existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, mismas que se evidencian entre el grupo de MTA Repair Hp con un tiempo de fraguado de 24 y 0 horas respecto al subgrupo de Biodentine con un tiempo de fraguado de 0 horas y el grupo control.

Tabla 1. Comparación de microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares *in vitro* (mm).

Grupos	Subgrupos	Mediana (Min-Max)	Desviación estándar	Valor p
MTA Repair HP	MTA Repair HP – 24 horas (A1)	1.38 (1.00–1.50) ^a	0.18	0.000
	MTA Repair HP – 0 horas (A2)	1.35 (1.20-1.50) ^a	0.10	
Biodentine	Biodentine – 24 horas (B1)	1.00 (0.50-1.50) ^{ac}	0.29	
	Biodentine – 0 horas (B2)	1.00 (1.00-1.10) ^{bc}	0.04	
NeoMTA 2	NeoMTA 2 – 24 horas (C1)	1.25 (0.90-1.50) ^{ac}	0.24	
	NeoMTA 2 – 0 horas (C2)	1.25 (1.00-1.50) ^{ac}	0.19	
Control (D)		1.05 (1.00-1.30) ^{bc}	0.10	

T. H de Kruskal-Wallis. En los superíndices, las letras diferentes indican aquellos valores en los que hubo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

La tabla 2, indica la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas al comparar la microfiltración entre los subgrupos de MTA Repair HP durante un tiempo de fraguado de 24 horas y 0 horas.

Tabla 2. Microfiltración del MTA Repair HP como material reparador de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares *in vitro*, de acuerdo con el tiempo (mm).

Subgrupos	Mediana (Min-Max)	Desviación estándar	Valor p
MTA Repair HP – 24 horas (A1)	1.38(1.00-1.50)	0.18	0.887
MTA Repair HP – 0 horas (A2)	1.35(1.20-1.50)	0.10	

T. U-Mann Whitney ($P < 0.05$).

La tabla 3, indica la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas al comparar la microfiltración entre los subgrupos de Biodentine durante un tiempo de fraguado de 24 horas y 0 horas.

Tabla 3. Microfiltración de Biodentine como material reparador de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares *in vitro*, de acuerdo con el tiempo (mm).

Subgrupos	Mediana (Min-Max)	Desviación estándar	Valor p
Biodentine – 24 horas (B1)	1.00 (0.50-1.50)	0.24	0.732
Biodentine – 0 horas (B2)	1.00(1.00-1.10)	0.19	

T. U-Mann Whitney (P <0.05).

La tabla 4, indica la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas al comparar la microfiltración entre los subgrupos de NeoMTA 2 durante un tiempo de fraguado de 24 horas y 0 horas.

Tabla 4. Microfiltración del NeoMTA 2 como material reparador de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares *in vitro*, de acuerdo con el tiempo.

Subgrupos	Mediana (Min-Max)	Desviación estándar	Valor p
NeoMTA – 24 horas (C1)	1.25 (0.90- 1.50)	0.24	0.969
NeoMTA – 0 horas (C2)	1.25 (1.00-1.30)	0.19	

T. U-Mann Whitney (P <0.05).

Discusión

Esta investigación tuvo como propósito determinar la microfiltración *in vitro* de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámara pulpares de premolares según el tiempo de fraguado, debido a que este último factor según reportes permitiría el ingreso de fluidos a través de la interface material-diente reduciendo el pronóstico dental. Además, a medida que transcurre el tiempo se desarrollan nuevos materiales con indicación de reparación de perforaciones, como NeoMTA 2 y no existen reportes de microfiltración donde se compare con otros biocerámicos estandarizados considerando diferentes tiempos de fraguado.

Los hallazgos de este estudio, muestran que existe diferencias estadísticamente significativas de microfiltración entre el grupo de MTA Repair HP, Biodentine con un tiempo de fraguado de

0 horas y el grupo control. Corroborándose ello con el estudio de Yamini, et al. (62), Grover, et al. (63) y Shivakumar V, et al. (64), quienes evaluaron cuan eficiente es MTA Repair HP y Biodentine para sellar perforaciones apicales y furcales respectivamente, mediante la metodología de penetración de tinte, encontrando que Biodentine presenta mayor capacidad de sellado que MTA Repair HP. La similitud de resultados encontrados, se deberían a la consistencia arenosa que presenta MTA Repair HP lo cual hace más complicado su manejo y transporte hasta el lugar que se ha perforado provocando mayor desorden en su estructura y permitiendo el pase de fluidos (65), también la ausencia de aluminatos y sulfatos de calcio en Biodentine disminuyen la resistencia mecánica y el tiempo de fraguado permitiendo ello la mejora en sus propiedades (66), además sus componentes que incluyen calcio crean estructuras de unión (67), y al ser aplicado en la perforación proporcionaría una cubierta protectora y duradera (68), de igual manera el tamaño de partícula generaría un mayor sellado de los poros en la interfaz de la restauración, mejorando su sellado y evitando la filtración (69).

Por otro lado, Guney M, et al. (70) al evaluar la eficiencia de sellamiento del MTA Repair HP y Biodentine para reparar perforaciones de furca en diferentes ambientes de pH, encontrando a través de la metodología de tintes que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Esto podría deberse al entorno en el que se aplica el material, el pH más bajo (5.5, 5.6) que podrían afectar la microdureza y afinidad en la interfaz de la reparación, además de la morfología y microestructura dentinaria de cada espécimen (71). También Ambinayu, et al. (8), evaluaron la microfiltración de Biodentine y MTA Repair HP como reparadores de perforaciones laterales simuladas a través de la metodología de tinciones y concluyen que no existen diferencias estadísticas significativas de filtración. Los resultados distintos a lo encontrado, podría ser debido a que haya falta de hidratación en los especímenes, ya que este es un factor importante para que Biodentine se adhiera a la dentina y forme una barrera química similar a la hidroxiapatita, además de que la perforación es paralela a los túbulos de la dentina y no se generaría un ingreso de los cristales de carbonato de calcio al mismo (72), también que MTA presenta buena capacidad de sellado ya que este expande cuando fragua y existe una unión química hacia la dentina a través de la liberación de productos basados en calcio que reaccionan con los iones fosfatos (73). Además, Delikan, et al. (10), determinaron la microfiltración apical de NeoMTA, BC RRM-FS, Biodentine y Endo Repair a través de la metodología de tinciones, encontrando que NeoMTA y Biodentine no presentan diferencias significativas, y esto debido a que ambos materiales pueden ser manipuladas de buena manera y el tiempo que toma en fraguar es corto.

Al observar los valores medio de filtración en cada subgrupo, se obtiene que Biodentine presenta un valor inferior a comparación de los otros subgrupos, pero estos valores finalmente terminan siendo altos teniendo en cuenta la distancia mínima de recorrido de la tinción en la perforación y la premisa de que todos los materiales dentales presentan cierta cantidad de filtración (74). El tamaño de la perforación probablemente haya sido parte de la problemática, aun así, se haya tomado en cuenta rangos estandarizados, así como también la consideración de que las paredes en los premolares no son constantes (75), aunque se ha demostrado que en cuanto los milímetros de perforación aumentan, principalmente entre el milímetro 2 y 3, la microfiltración disminuye (9). Las condiciones de humedad, también podrían no haber sido las ideales o semejantes a la realidad para que los biocerámicos fragüen correctamente, incluso considerado tiempos mayores a los indicados por el fabricante en los subgrupos, esperando un buen endurecimiento del material que evite fugas de la tinción (8). Así mismo el pH ácido de los líquido a los que se exponen las muestras desencadenarían un fraguado anormal alterando la dureza superficial y unión del biocerámico a la dentina (76), y el tamaño de la molécula del azul de metileno es muy pequeña (0,5 -0,7 nm) al compararse con la de las bacterias orales, incluso la distancia que recorrerá la tinción a través de la interfaz no es similar a la de los fluidos orales y los cortes arbitrarios de los especímenes podrían haber otorgado valores imprecisos (77,78).

La microfiltración resultante de los subgrupos de MTA Repair HP indican que independientemente del tiempo fraguado, estos filtran de forma similar y no hay diferencias estadísticamente significativas. Gaurav P, et al. (79), compararon la microfiltración de MTA Repair HP en diferentes días, encontrando que en el día 1 la fuga bacteriana aumenta significativamente hasta el día 7, para que posterior a ello, hasta los días 14 y 30 disminuya gradualmente y no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Lo mismo que es generado por la porosidad inicial, que presentan inherentemente los cementos basados en silicato de calcio generando espacios entre los granos que no logran ser hidratados, mismo que al entrar en contacto con un agente líquido cierran y como consecuencia la porosidad disminuye (80). Independientemente de que no haya diferencia estadística significativa, las puntuaciones más altas de microfiltración se obtuvieron en estos subgrupos, mostrando que el material necesita tener un medio ideal, el tiempo necesario de fraguado y estar en contacto directo con humedad de los tejidos dentarios según lo que indica el fabricante, para poder disociar el hidróxido de calcio y acelerar su función de sellador (81).

Asimismo, al comparar los subgrupos de Biodentine, no se encontraron diferencias significativas, En el estudio de Karobari M, et al. (11), evaluaron la bioactividad de

Biodentine™ y otros materiales utilizados como obturadores de ápices a través del tiempo de 15 y 30 días, mediante la metodología de penetración de tinte, de igual manera Sahu S, et al. (82), comparan la microfiltración de este biocerámico a los 7 y 14 días de haber fraguado y se exponen los especímenes a evaluación de fugas bacterianas donde en ambos estudios se demuestra que la microfiltración aumenta de acuerdo al tiempo pero este es insignificante estadísticamente. Los resultados son similares ya que existe calidad en su unión, fraguado, formación de puentes dentinarios y protocolos (83), además las puntuaciones de este estudio indican que Biodentine tuvo valor medio menor de microfiltración, pero este sigue siendo significativo, pese a que suele tener un tiempo de fraguado inicial corto por los aditivos de carbonato de calcio (84), y al tener un periodo de fraguado nulo, no se lograrían el aumento en el tamaño de sus partículas por efecto del cloruro de calcio (85) además que, al contacto directo con líquidos de pH ácido, provocarían alteraciones en su microdureza y poca o nula adaptación a los tejidos dentarios, por lo tanto, fugas de fluidos (86).

Al comparar los subgrupos de NeoMTA 2, tampoco se encontró diferencias estadísticamente significativas de microfiltración. Lo mismo que podría ser porque presenta una excelente liberación de iones de calcio (45) e hidroxilo creando una estructura similar a la hidroxiapatita, su pH es alcalino, es dimensionalmente estable y presenta un tiempo de fraguado y manipulación similar al de Biodentine (46). Además, este material se desarrolla para mejorar las propiedades de su antecesor NeoMTA Plus (87) quien, si ha sido estudiado y los reportes de microfiltración respecto al tiempo de fraguado indican que, a los 15 y 30 días al igual que a los 7 y 14 días no existen diferencias estadísticamente significativas (11,82), por lo que se esperó que NeoMTA 2 presente resultados similares.

La microfiltración de los biocerámicos fue simulada a través del método que utiliza colorantes, para ello se consideró el azul de metileno al 1 %, debido a que esta metodología es utilizada en el área de endodoncia incluso en la actualidad porque presenta muchas ventajas respecto a su rendimiento y/o dificultades respecto a otras metodologías. Para ello, las muestras son sumergidas durante un periodo de tiempo, y luego se observa la interfaz formada entre el diente y la restauración, pudiendo así determinar cuánto de microfiltración presenta cada biocerámico (88), además no reacciona con las estructuras mineralizadas del diente, es fácil de detectar ante la luz visible (89) y el peso molecular de este es bajo, similar a los productos residuales de las bacterias encontrada en cavidad oral (90).

Sin embargo, una de las problemáticas de este estudio es el tamaño de molécula que presenta el azul de metileno lo que generaría que no se mida con exactitud cuanto ha filtrado el material en el diente mediante los cortes arbitrarios, si no cuanta distancia puede recorrer la tinción en

la interfaz, sobrestimando los valores en la relación a la clínica (75); a pesar de ello Torabinejad, et al. indicaron que si un material tiene la capacidad de poder evitar que ingresen moléculas pequeñas en su interfaz, podrá evitar que ingresen moléculas más grandes posteriormente (91).

Finalmente, el estudio es *in vitro*, y sus resultados no podrían ser aplicadas directamente en pacientes que presenten perforaciones, pero si permite conocer más sobre la microfiltración de los nuevos biocerámicos incluidos en el mercado. Se necesitan más investigaciones para lograr un consenso sobre filtración de los materiales, evitando las complicaciones que desencadena no reparar una perforación iatrogénica.

Conclusiones

- Existen diferencias estadísticamente significativas al comparar la microfiltración entre los tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares *in vitro*, donde el grupo Biodentine con un tiempo de fraguado a las 0 horas presentó mejores resultados.
- MTA Repair HP, obtuvo valores medios de microfiltración de 1.38 mm y 1.35 mm al fraguar durante 24 horas y 0 horas respectivamente, evidenciando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre sus subgrupos
- Biodentine, obtuvo un valor medio de microfiltración de 1.00 mm al fraguar durante 24 horas y 0 horas, evidenciando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre sus subgrupos
- NeoMTA 2, obtuvo valor medio de microfiltración de 1.25 mm al fraguar durante 24 horas y 0 horas, evidenciando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre sus subgrupos

Recomendaciones

- Medir la microfiltración NeoMTA 2 como material reparador de perforaciones laterales, de furca o apicales a través de metodologías estandarizadas *in vitro* que utilicen microscopios electrónicos de barrido para un mejor análisis del espécimen teniendo en consideración el tiempo de fraguado, para reforzar los datos obtenidos en este estudio.

Referencias

1. Hussain O, Farooq R, Rashid A, Ahmad F, Zargar W. Clinical and radiographic study of the causes of primary endodontic treatment failure. *Int J Appl Dent Sci.* 2018;4(1):21-24.
2. Manoj K, Chakravarthy D, Nbsp S, Vijayaraja S, Bakkiyalakshmi A, Harshavardhan J. Prevention of endodontic perforation - A review article. *J Multidiscip Res.* 2021;7(1):41–5.
3. Attar S. Root Canal Perforation: A Quick Review. *JODHR.* 2018;2(1).
4. Dong X, Xu X. Bioceramics in endodontics: Updates and future perspectives. *Biomed Eng.* 2023;10(3):354.
5. Aljifan M, Almakrami A, Al Mutairi B, Alyami H, Hawsawi H, Halawi M, et al. Advantages and Types of Bioceramics in Endodontics. *Int J Sch Health.* 2022;02(05):73–8.
6. Tronstad L, Asbjørnsen K, Døving L, Pedersen I, Eriksen H. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16(5):218–21.
7. Macías M. Evaluación del grado de microfiltración comparando tres sistemas adhesivos autograbantes: Estudio In-Vitro. *Am. J Public Health.* 2022;5(2).
8. Abimanyu R, Meidyawati R, Kamizar. Differences in microleakage between MTA and Biodentine™ as material for treatment of access perforation. *J Phys: Conf Ser.* 2017;884:012104.
9. Kumar A, Hegde P, Nidarsh M. Evaluation of bioceramics and zirconia-reinforced glass ionomer cement in repair of furcation perforations: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2018;21(3):184-189.
10. Delikan E, Aksu S. Comparison of the sealing ability of apical plug materials in simulated open apices: An *in vitro* study. *J Oral Res Rev.* 2020;12:70-5.
11. Karobari M, Basheer S, Sayed F, Shaikh S, Agwan M, Marya A, et al. An *In Vitro* Stereomicroscopic Evaluation of Bioactivity between Neo MTA Plus, Pro Root MTA, Biodentine and Glass Ionomer Cement Using Dye Penetration Method. *Materials.* 2021;14(12):3159.
12. American Association of Endodontists. Glossary of endodontic terms. 9th ed. Chicago: AAE; 2016. p. 36.
13. Roda R, Gettleman B. Nonsurgical retreatment. In: Hargreaves K, Berman L. *Cohen's Pathways of the pulp.* 11th ed. St. Louis: Elsevier; 2016. p. 324-86.
14. Vehkalahti M, Swanljung O. Accidental perforations during root canal treatment: an 8-year nationwide perspective on healthcare malpractice claims. *Clin Oral Invest.* 2020;24(10):3683–90.

15. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol.* 1996;12(6):255–64.
16. Alrahabi M, Zafar M, Adanir N. Aspects of Clinical Malpractice in Endodontics. *Eur J Dent.* 2019;13(3):450–8.
17. Yildirim T, Gençoğlu N, Firat I, Perk C, Guzel O. Histologic study of furcation perforations treated with MTA or Super EBA in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;100(1):120–4.
18. Moloney L, Feik S, Ellender G. Sealing ability of three materials used to repair lateral root perforations. *J Endod.* 1993;19(2):59–62.
19. Yepes F, Castrillón C. El hidróxido de calcio, como paradigma clínico, es superado por el agregado de trióxido mineral (MTA). *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2013;25(1):176–207.
20. Mannocci F, Vichi A, Ferrari M. Sealing ability of several restorative materials used for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1997;23(10):639–41.
21. Aljifan M, Almakrami A, Al Mutairi B, Alyami H, Hawsawi H, Halawi M, et al. Advantages and Types of Bioceramics in Endodontics. *Int J Sch Health.* 2022;02(05):73–8.
22. Estrela C, Decurcio A, Rossi G, Silva A, Guedes A, Borges H. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz oral res.* 2018;32.
23. Mangat P, Azhar S, Singh G, Masarat F, Yano N, Sah S. Bioceramics in endodontics: A review. *Int j oral care res.* 2021;9(2):59.
24. Alghamdi A. Bioceramics in endodontics – A critical assessment of old and new technologies. *EC Microbiol.* 2017;10:169-76.
25. Zaneva D, Borisova T. Bioceramics in endodontics - advantages and disadvantages. *Journal of the Union of Scientists - Varna Medicine and Ecology Series.* 2019;23(1):141–6.
26. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Antimicrobial and Antibiofilm Properties of Bioceramic Materials in Endodontics. *Materials.* 2021;14(24):7594.
27. Munitić M, Peričić T, Utrobičić A, Bago I, Puljak L. Antimicrobial efficacy of commercially available endodontic bioceramic root canal sealers: A systematic review. *Plos One.* 2019;14(10):e0223575.
28. Jitaru S, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Clujul Med.* 2016;89(4):470–3.
29. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater J.* 2015;31(4):351–70.
30. Camilleri J. Classification of Hydraulic Cements Used in Dentistry. *Front dent med.* 2020;1.

31. Lee S, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1993;19(11):541–4.
32. Schwartz R, Mauger M, Clement D, Walker W. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc.* 1999;130(7):967–75.
33. Islam I, Khen H, Jin Y. Comparison of the Physical and Mechanical Properties of MTA and Portland Cement. *J Endod.* 2006;32(3):193–97.
34. Esteves F, Pinto J, Oliveira G, Guerreiro J, Tanomaru M. A micro-computed tomographic study using a novel test model to assess the filling ability and volumetric changes of bioceramic root repair materials. *Restor Dent Endod.* 2021; 46(1):e2.
35. Ferreira C, Sassone L, Gonçalves A, de Carvalho J, Tomás C, García D, et al. Physicochemical, cytotoxicity and in vivo biocompatibility of a high-plasticity calcium-silicate based material. *Sci Rep.* 2019;9(1):3933.
36. Dias A, de Oliveira W, Machado T, da Silveira G, Villarreal N, Machado T, et al. Physical and biological properties of a high-plasticity tricalcium silicate cement. *BioMed Res Int.* 2018;2018:1-6.
37. Casadei B, Lara S, Barbosa C, Araújo C, de Freitas C, Machado V, Santa C. Access to original canal trajectory after deviation and perforation with guided endodontic assistance. *Aust Endod J.* 2020;46(1):101-106.
38. Guimarães B, Prati C, Duarte M, Bramante C, Gandolfi M. Physicochemical properties of calcium silicate-based formulations MTA Repair HP and MTA Vitalcem. *J Appl Oral Sci.* 2018;26:e2017115.
39. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *J Endod.* 2010;36(1):16–27.
40. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine(TM) induces TGF-beta1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J.* 2012; 45(5): 439-48.
41. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels R, Anthonappa R. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2018;19(1):1–22.
42. Arandi N, Thabet M. Minimal Intervention in Dentistry: A Literature Review on Biodentine as a Bioactive Pulp Capping Material. *Biomed Res Int.* 2021;2021:e5569313.
43. Alotaibi J, Saji S, Swain M. FTIR characterization of the setting reaction of biodentine™. *Dent Mater.* 2018;34(11):1645–51.

44. Nekoofar M, Motevasselian F, Mirzaei M, Yassini E, Pouyanfar H, Dummer P. The Micro-Shear Bond Strength of Various Resinous Restorative Materials to Aged Biodentine. *Iran Endod J.* 2018;13(3):356–61.
45. Selamoğlu Z, Akgül H, Bahşi I. Research & Reviews in Health Sciences. In: Karaaslan H, Tumen E. Usage areas and properties of calcium silicate-based materials in pediatric dentistry from past to present. 1st ed. Turkey: Gece; 2020. p. 103-104.
46. Rodríguez F, Lozano A, López S, García D, Sanz J, Guerrero J, et al. Biomineralization potential and biological properties of a new tantalum oxide (Ta₂O₅)–containing calcium silicate cement. *Clin Oral Investig.* 2022;26:1427–1441.
47. Yeniçeri M, Falakaloğlu S, Plotino G, Adıgüzel O. The micro-shear bond strength of new endodontic tricalcium silicate-based putty: An *in vitro* study. *Aust Endod J.* 2022;00:1–6.
48. Going R. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc.* 1972;84(6):1349–57.
49. Ballal N. Microleakage of composite resin restorations. *Aust Dent J.* 2008;53(4):369-70.
50. Achiar K, Subrata G. Infection and microleakage the caused of endodontic failure. *DOAJ.* 2008;20(1).
51. Saghiri M, Lotfi M, Saghiri A, Vosoughhosseini S, Fatemi A, Shiezadeh V, et al. Effect of pH on sealing ability of white mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 2008;34(10):1226–9.
52. Guerrero F, Berástegui E, Aspiazu K. Porosity analysis of mineral trioxide aggregate Fillapex and BioRoot cements for use in endodontics using microcomputed tomography. *J Conserv Dent.* 2018;21(5):491–4.
53. Ehsani M, Dehghani A, Abesi F, Khafri S, Dehkordi SG. Evaluation of Apical Microleakage of Different Endodontic Sealers in the Presence and Absence of Moisture. *J Dent Res. Dent Clin. Dent Prospects.* 2014;8(3):125.
54. Jafari F, Jafari S. Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(6):e812–9.
55. Veríssimo D, do Vale M. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J Oral Sci.* 2006;48(3):93–8.
56. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod.* 2003;29(9):592–4.

57. Mokhtari H, Shahi S, Janani M, Reyhani M, Mokhtari H, Rahimi S, et al. Evaluation of Apical Leakage in Root Canals Obturated with Three Different Sealers in Presence or Absence of Smear Layer. *Iran Endod J.* 2015;10(2):131–4.
58. Srikumar P, Varma R, Shetty H, Kumar P. Coronal microleakage with five different temporary restorative materials following walking bleach technique: An ex-vivo study. *Contemp Clin Dent.* 2012;3(4):421–6.
59. Wu M, De Gee A, Wesselink P. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1994;27(5):233–8.
60. Chitsazi T, Pourabbas R, Jafari F, Khameneh J. Comparison of Subgingival Plaque Removal Using Hand Curettes, Magnetostrictive Ultrasonic Scalers and Air Polishing Devices with and without NaHCO₃ Abrasive Powder: An Ex Vivo Study. *J Periodontol Implant Dent.* 2009;1(1):31–5.
61. Tielemans M, Saloukas I, Heyselaer D, Compere Ph, Nyssen-Behets C, Nammour S. Management of Root Perforations Using MTA with or without Er:YAG Laser Irradiation: An *In Vitro* Study. *Int J Dent.* 2012;2012:628375.
62. Yamini S, Sunil S, Datta S, Sunil C, Vamsee N, Chandra K. A Comparative Evaluation of Apical Microleakage of Two Retrograde Filling Materials "A Stereo Microscopic Study". *Saudi J Oral Dent Res.* 2020;5(2):106-110.
63. Grover R, Sadana G, Gupta S, Gupta T, Mehra M, Kaur B. Comparative Evaluation of Sealing Ability of Two Different Biocompatible Materials in Repair of Furcal Perforation: An *in vitro* study. *Dent Med Res.* 2020;8:70-4.
64. Shivakumar V, Tegginamani A. An Invitro Evaluation of the Furcation Perforation Repair Ability of Silicate Cement Mineral Trioxide Aggregate (MTA Repair HP) and Biodentin. *Turk J Qual Inquiry.* 2021;12(8):271-280.
65. Pushpalatha C, Drareshwar V, Sowmya S, Augustine D, Vinothkumar T, Renugalakshmi A, et al. Modified Mineral Trioxide Aggregate—A Versatile Dental Material: An Insight on Applications and Newer Advancements. *Front bioeng biotechnol.* 2022;10:1-15.
66. Caron G, Azérad J, Faure M, Machtou P, Boucher Y. Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: two case reports. *Int J Oral Sci.* 2014;6(4):250–253.
67. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J.* 2011;44(12):1081-1087.

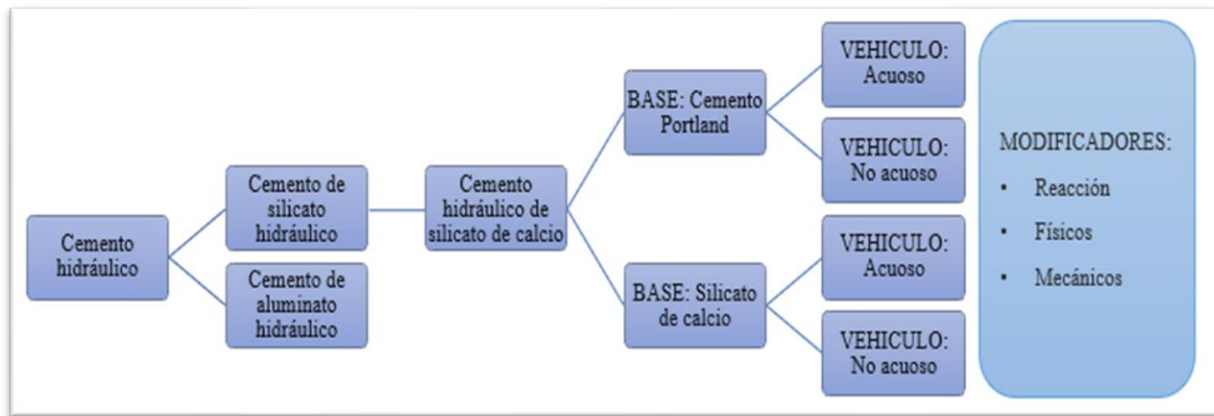
68. Övsay E, Kaptan R, Sahin F. The Repair of Furcal Perforations in Different Diameters with Biodentine, MTA, and IRM Repair Materials: A Laboratory Study Using an E. Faecalis Leakage Model. *Biomed Res Int.* 2018;2018: 5478796.
69. Camilleri J. The chemical composition of mineral trioxide aggregate. *J Conserv Dent.* 2008;11(4):141–143.
70. Guney M, Sadullah K. Comparison of Sealing Efficiency of Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine used in Perforation Repair in Acidic and Neutral Environments- An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2021;15(7):19-23.
71. Francisconi L, Honório H, Rios D, Magalhães A, Machado M, Buzalaf M. Effect of Erosive pH Cycling on Different Restorative Materials and on Enamel Restored with These Materials. *Oper Dent.* 2008;33(2):203–208.
72. Malkondu Ö, Kazandağ M, Kazazoğlu E. A Review on Biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int.* 2014;2014:1-10.
73. Palczewska M, Kaczor K, Nowicka A. New Bioactive Calcium Silicate Cement Mineral Trioxide Aggregate Repair High Plasticity (MTA HP)—A Systematic Review. *Materials.* 2021;14(16):4573.
74. Gupta R, Kewalramani. In-vitro evaluation of microleakage of bioceramic root-end filling materials: A spectrophotometric study. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2021;11(2):330-333.
75. Bani M, Sungurtekin E, Enes M. Efficacy of biodentine as an apical in nonvital permanent teeth with open apices: an *in vitro* study. *Biomed Res Int.* 2015;2015:359275.
76. Namazikhah M, Nekoofar M, Sheykhrezae M, Salariyeh S, Hayes S, Bryant T, et al. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2008;41(2):108-116.
77. Fabianelli A, Pollington S, Davidson C, Chrysanti M, Goracci C. The relevance of micro-leakage studies. *Int Dent S.* 2007;9(3):64-74.
78. Camps J, Pashley D. Reliability of the Dye Penetration Studies. *Int Endod J.* 2003;29(9):592-594.
79. Gaurav P, Harshita L, Vijeta P. Efficacy of Mineral Trioxide Aggregate Repair High Plasticity, Biodentine, and EndoSequence Root Repair Material Putty as Apical Barriers in Immature Permanent Teeth: An *In Vitro* Bacterial Leakage Study. *J Contemp Dent Pract.* 2022;23(9):872-876.
80. Antony J, George L, Mathew J, Joy A. Sealing ability of mineral trioxide aggregate, Biodentine, and EndoSequence RRM putty used as retrograde restorative material: An *in vitro* bacterial leakage model study. *Endodontology.* 2022;34:16-21.

81. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2007;40(6):462-470.
82. Sahu S, Ramachandran N, Shetty R, Salgar A, Podar R, Singh S. *In vitro* evaluation of apical leakage of three bioceramic materials using glucose leakage model in a simulated open apex. *SRM J Res Sci.* 2023;14(1):11-16.
83. Tomás C, Collado M, García D, Oñate R, Forner L, Llena C, et al. Biocompatibility of New Pulp-capping Materials NeOMTA Plus, MTA Repair HP, and Biodentine on Human Dental Pulp Stem Cells. *J Endod.* 2018;44(1):126-132.
84. Kaup M, Schafer E, Dammaschke T. An *in vitro* study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head Face Med.* 2015;11(16):1-8.
85. Malkondu O, Karapinar M, Kazazoglu E. A review on Biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int.* 2014;2014:1-10.
86. Poplai G, Jadhav S, Hegde V. Effect of acid environment on the surface microhardness of Biodentine. *World J Dent.* 2013;4(2):100-102.
87. Rodríguez F, Collado M, López S, García D, Moraleda J, Lozano A, et al. Evaluation of changes in ion release and biological properties of NeOMTA-Plus and Endocem-MTA exposed to an acidic environment. *Int Endod J.* 2019;52(8):1196-1209.
88. Reddy N, Srujana P, Daneswari V, Konyola H, Mareddy A, Mohammad N. Sealing Ability of MTA vs Portland Cement in the Repair of Furcal Perforations of Primary Molars: A Dye Extraction Leakage Model—An *In Vitro* Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2019;12(2):83-87.
89. Wu M, Wesselink P. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J.* 1993;26:37–43.
90. Kazem M, Eghbal M, Asgary S. Comparison of bacterial and dye microleakage of different root-end filling materials. *Iran Endod J.* 2010;5(1):17-22.
91. Torabinejad M, Falah A, Kettering J, Pitt T. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *Int Endod.* 1995;21(3):109-112.

Anexos

Anexo 1

Figura 1. Elaboración propia a partir de la clasificación de los cementos hidráulicos de Camilleri J.(30).



Anexo 2

Figura 2. Resolución de comité de ética.



CONSEJO DE FACULTAD
RESOLUCIÓN N° 075-2023-USAT-FMED
Chiclayo, 04 de abril de 2023

Vista la solicitud virtual N° TRL-2023-3602 en virtud de la aprobación con fecha 29 de marzo de 2023 por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina del Proyecto de Investigación del estudiante NUÑEZ ODAR FRANZ LUIS, de la Escuela de Odontología. Asesor: Mtro. C.D. Rocio Lizet Torres Verástegui.

CONSIDERANDO:

Que esta investigación forma parte de las áreas y líneas de investigación de la Escuela de Odontología.

Que el proyecto de Investigación denominado: **MICROFILTRACIÓN DE TRES BIOCERÁMICOS COMO REPARADORES DE PERFORACIONES LATERALES IATROGÉNICAS EN CÁMARAS PULPARES DE PREMOLARES, IN VITRO**, fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina.

En uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo;

SE RESUELVE:

Artículo 1º.- Anular y dejar sin efecto la Resolución N° 034-2023-USAT-FMED de fecha 23.02.2023.

Artículo 2º.- Declarar aprobado el Proyecto de Investigación para continuar con el proceso de recolección de datos y finalización del mismo.

Artículo 3º.- Dar a conocer la presente resolución al interesado.

Regístrese, comuníquese y archívese.



SECRETARÍA ACADÉMICA
FACULTAD DE MEDICINA



FACULTAD DE MEDICINA

Mtro. Sorey Garjet Gayoso Dianderas
Secretaría Académica
Facultad de Medicina

Mtro. Luis Enrique Jara Romero
Decano (e)
Facultad de Medicina

Anexo 3

Figura 3. Autorización.



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

Chiclayo, 24 de mayo de 2023

Carta N 043-2023-USAT-EODO

Señor Mgtr.
Luis Enrique Jara Romero
Decano (e) Facultad de Medicina
Presente.-

Es grato dirigirme a usted y así mismo presentar al estudiante Franz Luis Nuñez Odar, con DNI N° 72320655 y código universitario 181CV78337, estudiante de la Escuela de Odontología de la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, quien está realizando su trabajo de investigación "MICROFILTRACIÓN DE TRES BIOCERÁMICOS COMO REPARADORES DE PERFORACIONES LATERALES IATROGÉNICAS EN CÁMARAS PULPARES DE PREMOLARES, IN VITRO Se adjunta el Proyecto y la Resolución del Comité de Ética .

Por tal motivo de solicito su apoyo para que desarrolle parte de su prueba piloto en los ambientes del laboratorio de biología, química y bioquímica utilizando instrumentos:

- Microscopio estereoscópico

La utilización del equipo se realizará bajo la supervisión de su Gold Standard, Ingeniera Martha Chávez Alarcón. Así mismo si sucede la avería del equipo mencionado durante su uso, el estudiante se hace responsable de su reparación.

Agradezco por anticipado su gentil apoyo y comprensión ante lo solicitado, me despido no sin antes manifestarle mi consideración y estima personal.

Atentamente



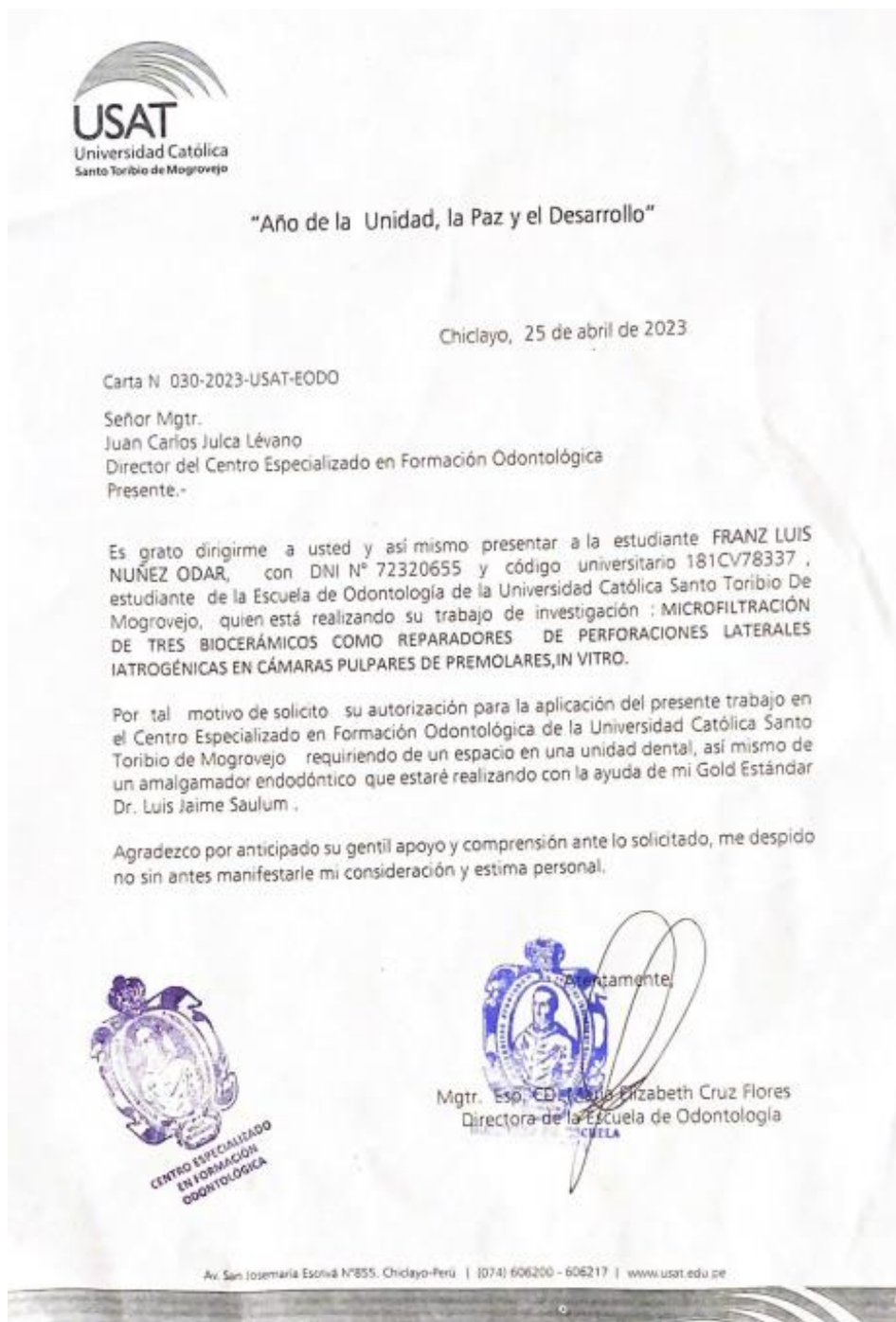
Esp. CD. María Elizabeth Cruz
Directora de la Escuela de Odontología

DIRECCION DE ESCUELA
ODONTOLOGIA

Recibido
Martha E. Chávez Alarcón

RECIBIDO
17/11/2023
FIRMA
2.38 p.m.

Figura 4. Autorización.



Anexo 4

Tabla 5. Ficha de recolección de datos

Biocerámico	Tiempo de fraguado	de Numero de muestra	de Penetración	Promedios
MTA REPAIR HP	24 HORAS	1		
		2		
		3		
		4		
		5		
		6		
		7		
		8		
		9		
		10		
	0 HORAS	11		
		12		
		13		
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
		19		
		20		
BIODENTINE	24 HORAS	21		
		22		
		23		
		24		
		25		
		26		
		27		
		28		

		29
		30
	0 HORAS	31
		32
		33
		34
		35
		36
		37
		38
		39
		40
NEOMTA2	24 HORAS	41
		42
		43
		44
		45
		46
		47
		48
		49
		50
	0 HORAS	51
		52
		53
		54
		55
		56
		57
		58
		59
		60
		61

CONTROL	SIN	62
NEGATIVO	BIOCERAMICO	63
		64
		65
		66
		67
		68
		69
		70
		71
		72
		73
		74
		75
		76
		77
		78
		79
		80

Anexo 4

Tabla 6. Prueba de normalidad sobre microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpaes de premolares, *in vitro*.

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Residuo para penetración	0,139	80	0,001	0,963	80	0,020

Anexo 5

Tabla 7. Matriz de consistencia

“Microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares, in vitro.”

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
¿Cuál es el valor promedio de microfiltración que presenta MTA Repair HP (agregado de trióxido mineral), Biodentine™ y NeoMTA 2 utilizados como materiales reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares in vitro, de acuerdo al tiempo?	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comparar la microfiltración de tres biocerámicos como reparadores de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares in vitro. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la microfiltración del MTA Repair HP como material reparador de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares 	<ul style="list-style-type: none"> - Microfiltración - Biocerámicos - Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfoque: cuantitativo - Diseño: experimental puro - Nivel de investigación: explicativo - Tipo de estudio: analítico, longitudinal, experimental y prospectivo. 	80 piezas dentales humanas

de premolares in vitro, de acuerdo con el tiempo.

- Determinar la microfiltración del Biodentine™ como material reparador de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares in vitro, de acuerdo con el tiempo.
 - Determinar la microfiltración del NeoMTA 2 como material reparador de perforaciones laterales iatrogénicas en cámaras pulpares de premolares in vitro, de acuerdo con el tiempo.
-

Anexo 6

Tabla 8. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO (NATURALEZA)	TIPO (FUNCIÓN)	ESCALA DE MEDICIÓN	ÍNDICE/VALOR/UNIDAD
MICROFILTRACIÓN	Ingreso o intención de fluidos de composición variable hacia el diente a través de una restauración (64).	Medición de microfiltración mediante microscopio estéreo óptico.	-	Estereoscópico	Cuantitativa continua.	Dependiente.	Razón	En milímetros (mm)
BIOCERÁMICOS	Materiales utilizados en el área médica a base de	Biocerámicos utilizados como reparadores de perforaciones	MTA Repair HP Biodentine NeoM TA 2	Aplicación del biomaterial en las perforaciones	cualitativa politémica	Independiente.	Nominal	Presencia o ausencia de biocerámico en la perforación.

silicato ciones laterale
 de laterale s
 calcio s iatrogé
 y iatrogé nicas.
 fosfato nicas en
 de cámara
 calcio s
 (65), pulpare
 que s.
 poseen
 caracte
 rísticas
 muy
 eficien
 tes
 para
 ser
 usado
 como
 materi
 al
 restaur
 ador en
 endodo
 ncia
 (66).

TIEMPO	Period	Medici	-	Reloj.	Cuantit	-	Inter	A las 0 y 24
	o	ón del			ativa		valo.	horas de
	limitad	tiempo			continú			fraguado
	o en el	de			a.			
	que	fraguad						
	sucede	o de los						
	algo y	biocerá						

hay micos
resulta como
dos reparad
ante ores de
diversa las
s perfora
situaci ciones
ones
(67).
