

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**

MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA CON TERMINAL EN PEDIATRÍA

**“DIFERENCIA DEL pH Y LIBERACIÓN DE FLUORURO EN ALKASITES CON
RECARGA DE NaF AL 5% EXPUESTAS A pH CRÍTICO SALIVAL”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ESTOMATOLOGÍA CON
OPCIÓN TERMINAL EN PEDIATRÍA**

PRESENTA

**C.D. Esmeralda Duque Salgado
223450012**

DIRECTOR DE TESIS

**D.C. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez
ID NSS524063**

DIRECTOR DISCIPLINARIO

**M.O. Mónica Sánchez Ortiz
ID 100526002**

DIRECTOR METODOLÓGICO

**M.O. Estela del Carmen Velasco León
ID 100225455**

DIRECTOR EXTERNO

E.E.P. Luis Raziel Martagón Cabrera

LECTOR

**M.D.E. Jorge Luis Soto Balderas
ID 100442633**

Puebla de Zaragoza, Puebla, abril 2025.



Oficio No. FESIEP/CIFE/045/2025

C. Esmeralda Duque Salgado
Estudiante de la Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Pediatría
Matrícula No.: 223450012
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Sirva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, en mi doble calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado y Presidenta del Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; aprovecho para felicitarla por el avance significativo en su proceso académico. En atención a su solicitud, me permita notificarle que su tesis titulada:

"Diferencia del pH y liberación de fluoruro en adhesivos con liberación de ZnF al 5% expuestos a pH crítico salival", ha recibido la aprobación oficial para su impresión.

Su trabajo ha sido registrado en el Libro de Registros No. 08, página 01, con el No. de Asignación 2023229, quedando debidamente documentado en esta Secretaría de Investigación. Esta tesis será presentada como parte del procedimiento para su examen profesional, necesario para obtener el grado de Maestría en Estomatología.

Próximos pasos:

1. Impresión de la tesis: Proceda con los trámites de impresión conforme a los lineamientos establecidos por la Facultad.
2. Revisión del documento: Asegúrese de que el texto cumpla con los estándares académicos y formales.
3. Coordinación del examen profesional: Comuníquese con el Responsable de la Etapa Terminal de la Maestría de su elección para programar su examen de grado y gestionar los trámites administrativos correspondientes.

Le recordamos que el cumplimiento de los plazos y requisitos establecidos es fundamental para garantizar la fluidez del proceso.

Reconocimiento y mensaje final:

Este logro refleja su esfuerzo, dedicación y el impacto de su investigación en el ámbito de la Estomatología. Le felicitamos por este avance significativo y confiamos en que continuará demostrando su compromiso académico y profesional.

Para cualquier consulta o información adicional, no dude en comunicarse con nosotras. Estamos a su disposición para acompañarla en esta etapa crucial de su formación.

Sin otro particular, le reitero mi más atenta y distinguida consideración y le deseo éxito en la etapa final de esta carrera académica.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Zaragoza, lunes 07 de abril de 2025.


MEP. Gisela Wagner Rubin de Celis Quintana
Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología



*Nota: Se anexa formato de impresión de Tesis - C. Esmeralda Duque Salgado - Maestría en Estomatología - Terminal en Pediatría - S.I.E.P. - Facultad de Estomatología - BUAP (origina) - p.s.c.p.s.

*C.c.p. Activo.

*MCO: FJML/MEP, GARCQ/yemeth

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
31 poriente 1304, Col. Volcanes
Puebla, Pue.
C.P. 72410
Tel. Of. 22*22 29 55 00
Ext. 5526

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL

Para obtener el Grado de: Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Pediatría.

No. Registro CIFE: 2023229. **Fecha de Registro ante CIFE:** viernes 24 de noviembre del 2023.

Título de la Tesis: "Diferencia del pH y liberación de fluoruro en alcasites con recarga de NaF al 5% expuestas a pH crítico salival".

Nombre del estudiante: Esmeralda Duque Solgado.

Matrícula: 223450012.

Domicilio: Calle Privada volcán de colima NO. 2701, Col. Los volcanes, Puebla.

No. Cel.: 44*33 93 75 21.

Fecha de ingreso a la Facultad: lunes 09 de enero del 2023.

Firma: 

Director de Tesis: DC. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez.

Grado académico: Doctor en Ciencias Químico-Biológicas.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: NSS524063.

No. Cel. 22*2426 95 08.

Firma: 

Director Disciplinario: Dra. Mónica Sánchez Ortiz.

Grado académico: Maestría en odontopediatría.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100526002.

No. Cel. 22*21 17 76 52.

Firma: 

Director Metodológico: MO. Estela del Carmen Velasco León. **Grado académico:** Maestría en odontología infantil.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100225455.

No. Cel. 22*23 23 48 42.

Firma: 

Lector: Mtro. Jorge Luis Soto Balderas.

Grado académico: Maestría en desarrollo humano y educativo.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100442633.

No. Cel. 22*21 55 38 47.

Firma: 

Nombre y firma de aprobación por parte del responsable de la Maestría en Estomatología en Terminal en Pediatría.

EEP. Nila Claudia Gil Orduña.

Firma: 

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

Facultad de Estomatología.

Autoriza la impresión de la Tesis.

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana



Fecha oficial de emisión: lunes 07 de abril del 2025

Sello



Constancia No. FESIEP/CIFE/175/2023

DC. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez
Responsable del Proyecto de Investigación
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Sirva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo el que suscribe MD. Farid Alfonso Dipp Velázquez en mi
calidad de Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla, HAGO CONSTAR que, el Proyecto de Investigación (Colectivo):

Nombre del Título del Proyecto:

"Diferencia del pH y liberación de fluoruro en alquiritas con recarga de NaF al 50%"

Presentado por:

No.	Cargos	Nombres	ID y/o Matrícula
1	Responsable del Proyecto de Investigación	DC. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez	N55524063
2	Director Metodológico	MD. Estela del Carmen Velasco León	100225495
3	Director Disciplinaria	Dra. Mónica Sánchez Ortiz	210226002
4	Asesor Externo	Dr. Luis Rogel Montagón Cobrero (Universidad Justo de América - México Metéoritas)	5W
5	Estudiante de Maestría en Estomatología <u>Terminal Postgrado</u>	C. Esmeralda Duque Salgado	2229450212

ha sido ACEPTADO y quedara registrado ante el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología (C.I.E.),
en el libro de registros No. 08, en la página 01, bajo el No. de asignación 2023223, en la Secretaría de Investigación de
esta Unidad Académica.

Para los fines legales que los interesados conengan, y sin otro particular, reitero a Usted mi más atenta y distinguida
consideración.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a viernes 24 de noviembre del 2023

MD. Farid Alfonso Dipp Velázquez
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología



C.C. Archive
*CCO. F. AM. MD. FADV/175/2023

Secretaría de Investigación y
Estudios de Posgrado
Facultad de
Estomatología

31 poniente 1304, Col. Volcanes
Puebla, Pue
C.P. 72410
Tel. Of. 22'22 29 55 00
Ext. 5526



Constancia No. FESIEP/CIFE/127/2025

DC. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez
Director y Responsable del Proyecto de Investigación
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Sirva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, en mi doble calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado y Presidenta del Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, me permita informarle sobre una actualización significativa respecto al Proyecto de investigación Colectiva que Usted lidera.

I. Antecedentes del Proyecto de Investigación:

- 📄 Número de Asignación: 2023229
- 📅 Fecha de Registro: viernes 24 de noviembre del 2023
- 📖 Libro de Registro: 08, página 01
- 👥 Comité ante el cual se registró: Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología (C.I.F.E.)

Título original:

"Diferencia del pH y liberación de fluoruro en alúositos con recarga de NaF al 5%"

Integrantes originales del Proyecto de Investigación:

No.	Cargos	Nombres	ID - Matrículas
1	Director y Responsable del Proyecto de Investigación	DC. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez	W55524063
2	Directora Disciplinaria	Dra. Mónica Sánchez Ortiz	100526902
3	Directora Metodológica	MD. Estela del Carmen Velásco León	100225455
4	Asesor Externo	EP. Luis Rafael Mantagán Cabrera Universidad Latinoamericana (U.L.A.), Morelia, Michoacán, México	S/N
5	Estudiante de Maestría en Estomatología <u>Técnica en Pediatría</u>	C. Esmeralda Durque Salgado	273450017

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
31 ponente 1304, Cal. Volcanes
Puebla, Pue.
C.P. 72410
Tel. Of. 22*22 29 55 00
Ext. 5526

Página 1 de 2



ii. Salicitud de Modificación y Aprobación:

El día jueves 27 de marzo del presente año, el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología (C.I.F.E.) recibió formalmente su salicitud de actualización respecta al cambio en título de su Proyecto de Investigación.

Tras un análisis detallado y conforme a los criterios establecidos, se ha aprobado la actualización solicitada.

iii. Datos Actualizados del Proyecto de Investigación

Título modificado:

"Diferencia del pH y liberación de fluoruro en alkaesites con recarga de NaF al 5% espuestas a pH crítico salival"

Por lo anterior, el equipo de investigación y los roles asignados permanecen inalterados. Es importante destacar que esta actualización para para efectos legales y administrativos pertinentes.

En virtud de lo anterior, se deja constancia de las modificaciones aprobadas, mismas que surten efectos a partir de la presente comunicación.

Reiterando mi disposición para atender cualquier consulta adicional, me permito expresarle mi reconocimiento por su compromiso con la investigación en nuestra Facultad.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a jueves 27 de marzo del 2020

MEP. Giséla Nataly Rubin de Celis Quintana
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología



*C.c.p. Archivo
*MCO, FJMA/MEP, GWRCQ/Noveth

Esmeralda Duque Salgado

DIFERENCIA DEL pH Y LIBERACIÓN DE FLUORURO EN ALKASITES CON RECARGA DE NAF AL 5% EXPUESTAS A pH C...

 Quick Submit Quick Submit JSEI

Detalles del documento

Identificador de la entrega

tm:oid::1:3181120164

Fecha de entrega

12 mar 2025, 10:55 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

12 mar 2025, 12:19 p.m. GMT-6

Nombre de archivo

s con recarga de NaF_10 DE MARZO VERSI N FINAL Rew Jerezano.pdf

Tamaño de archivo

2.8 MB

62 Páginas

12,402 Palabras

68,495 Caracteres




12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
144 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a Dios, quien ha sido mi guía en cada paso de este proceso.

A mis padres, su amor incondicional y su confianza en mí han sido fundamentales para alcanzar esta meta. A mi padre Rubén Duque, siempre serás mi luz en la oscuridad, mi ejemplo de fuerza y resiliencia. A mi madre Caritina Salgado gracias por enseñarme la fuerza y el amor. Gracias por ser mi lugar seguro.

A mis hermanos Ruben, Cristhian y Xiomara, ustedes son un refugio constante en mi vida, y agradezco profundamente todo lo que hacen por mí.

A mi abuelita Ninfa Cuica, por todo tu amor y por ser una presencia cálida y constante en mi vida.

Quiero agradecer de forma especial a mi comité de investigación al Dr. Alberto Jerezano, mi director de tesis, por su apoyo incondicional en este proyecto, su orientación ha sido cruciales. Agradezco profundamente a la Dra. Mónica Sánchez y Carmen Velasco por todo el tiempo y esfuerzo que ha dedicado a mi formación y a este proyecto en particular. Sin ustedes, este trabajo no habría sido posible. Gracias por su guía y apoyo continuo.

Quiero también extender mi agradecimiento a todos los doctores que me brindaron su apoyo a lo largo de este proceso, gracias Dr. Rosendo Carrasco, Dr. Alberto Hachity y Dra. Abigail Flores. De manera especial, me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. Luis Raziél Martagón. A ti, mi querido mentor, fuiste la primera persona que creyó en mí, quien me dio la oportunidad de comenzar este camino y quien me mostró que, con esfuerzo y dedicación, todo es posible. Gracias por ser mi maestro, por ser un ejemplo por seguir.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que han contribuido para que este proyecto de investigación haya concluido.

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVES	15
2. INTRODUCCIÓN	17
3. ANTECEDENTES GENERALES	19
3.1 Alkasites.....	19
A. Características generales.....	19
B. Composición.....	19
C. Propiedades químicas.....	20
3.2 Fluoruro de sodio al 5%.....	21
A. Mecanismo de acción de fluoruro de sodio	21
B. Capacidad antibacteriana del fluoruro de sodio	22
3.3 Saliva.....	23
A. Mecanismo de acción.....	24
4. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	25
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
6. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	29
7. JUSTIFICACIÓN	29
8. HIPÓTESIS	30
9. OBJETIVO GENERAL.....	30
10. OBJETIVOS ESPECIFICOS	30
11. MATERIALES Y MÉTODOS:	31
11.1 Diseño de estudio.....	31
11.2 Población de estudio y muestra	31
12. CRITERIOS DE SELECCIÓN	31
12.1 inclusión:	31
12.2 Exclusión:.....	31
12.3 Eliminación:.....	31
13. VARIABLES	32
14. CONCORDANCIA Y FIABILIDAD	34

15. UBICACIÓN ESPACIO TEMPORAL.....	34
16. METODOLOGÍA.....	35
16.1 Materiales y formación de grupos	35
16.2 Preparación de los materiales	36
16.3 Fase I envejecimiento acuoso	39
16.4 Fase II recarga de fluoruro de sodio al 5%.....	40
16.5 Medición de liberación de fluoruro.....	41
16.7 Evaluación de pH en saliva artificial	43
17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
18. LOGÍSTICA	45
19. RESULTADOS	46
19. DISCUSIÓN	58
20. CONCLUSIÓN	62
21. IMPLICACIONES BIOÉTICAS	63
23. RECUSOS FINANCIEROS	63
24. BIBLIOGRAFÍA	64
25. ANEXOS	68
Anexo 1. Tabla de composición química de Cention N® y Cention Forte®.	68
Anexo 2. Tabla de composición química del fluoruro de sodio al 5%.....	68
Anexo 3. Tabla de procesamiento de Cention N® y Cention Forte®.	69
Anexo 4. Tabla de indicaciones y contraindicaciones.	70
Anexo 5. Tablas medición de ion fluoruro de sodio.	71
Anexo 6. Tablas de medición de pH.....	71

ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Imagen 1 Intercambio de iones.....	23
Imagen 2 Distribución de los grupos de materiales.....	37
Imagen 3 Materiales dentales: Cention N®, Cention Forte®, molde de silicón para la conformación de los discos.....	38
Imagen 4 Proceso de preparación de los 3 materiales.....	39
Imagen 5 Discos de estudio.....	39
Imagen 6 Proceso de medición del diámetro y alto de los discos con uso de un micrómetro.....	39
Imagen 7 Tubos Falcon con 5 mL de agua de ionizador para cada muestra.....	40
Imagen 8 Fabricación de saliva artificial y toma de pH.....	41
Imagen 9 Aplicación de barniz de fluoruro de sodio al 5% y colocación bajo agitación magnética.....	42
Imagen 10 Calibración del electrodo de iones selectivo de fluoruro de sodio previo a la toma de cada muestra y recalibración cada 5 tomas de lectura.....	43
Imagen 11 Toma de lectura para cambios de pH en saliva artificial.....	44
Imagen 12 Diagrama de flujo de metodología.....	45
Imagen 13 Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en los días 7.....	51
Imagen 14 Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en los días 14.....	52
Imagen 15 Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en los días 21.....	53
Imagen 16 Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en los días 28.....	54
Imagen 17 Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales en el día 21 con respecto a los cambios de pH en saliva artificial.....	57
Imagen 18 Concentraciones acumuladas de iones fluoruro de sodio liberados medidas a intervalos de tiempo y en saliva artificial a pH 5.5. Las barras de error	

indican ± 1 DE. Compuesto de alkasite recargado: Cention N® y Cention Forte®.....	58
Tabla 1 Variables independientes.....	33
Tabla 2 Variables independientes.....	34
Tabla 3 Valores medios de liberación de iones fluoruro de sodio (ppm).....	48
Tabla 4 Estadística descriptiva.....	49
Tabla 5 Resultados de la prueba Kruskal-Wallis liberación de iones de fluoruro de sodio.....	50
Tabla 6 Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de cambios del pH en la saliva artificial.....	55
Tabla 7 Resultados de la prueba post hoc, Dwass Steel para parejas.....	56

ABREVIATURAS

CN: Cention N®

CF: Cention Forte®

C: Composite Restaurador Universal Nano Híbrido 3m Filtek Z250 Xt

CNr: Cention N® con recarga de fluoruro de sodio

CFr: Cention Forte® con recarga de fluoruro de sodio

CLr: Composite Restaurador Universal Nano Híbrido 3m Filtek Z250 Xt con recarga de fluoruro de sodio

ATP: Adenosín Trifosfato ATP

HF: Ácido fluorhídrico

GIC: Ionómero de vidrio

UDMA: Dimetacrilato de uretano

UDMA aromático-alifático: Dimetacrilato de tetrametil-xilileno-diuretano

PEG-400 DMA: Polietilenglicol 400 Dimetacrilato

SIVEPAB: Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales en México

OMS: Organización Mundial de la Salud

Ppm: Partes por millón

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

DIFERENCIA DEL pH Y LIBERACIÓN DE FLUORURO EN ALKASITES CON RECARGA DE NaF AL 5% EXPUESTAS A pH CRÍTICO SALIVAL

Introducción: Los alkasites son materiales restauradores bioactivos, se destacan por su capacidad para liberar y recargar iones de fluoruro de sodio, estabilizando el pH salival en condiciones críticas. Estos materiales son cruciales en la odontología pediátrica, especialmente en pacientes con alto riesgo para el desarrollo de caries, al prevenir la desmineralización dental y reducir la incidencia de caries.

Objetivo: Comparar las diferencias en la liberación de fluoruro de sodio y los cambios del pH en saliva artificial en los alkasites con recarga de NaF al 5% en condiciones de pH crítico salival.

Materiales y Métodos: Se utilizaron discos de alkasites (Cention N® y Cention Forte®) y un composite control (Filtek Z250®), sumergidos en saliva artificial a pH 5.5. Los materiales fueron recargados con barniz de NaF al 5% y se evaluaron en intervalos de 1, 7, 14, 21 y 28 días. Las mediciones incluyeron liberación de iones de fluoruro de sodio (Orion 4 STAR® Thermo Scientific ISE Benchtop) y cambios de pH (PHS-3C Digital PH Tester®). **Resultados:** Los alkasites mostraron una mayor liberación de fluoruro de sodio con un efecto superior en Cention N. La liberación aumentó significativamente al día 7 (Cention N®: 200 veces; Cention Forte®: 180 veces) en condiciones ácidas, estabilizando el pH salival y favoreciendo la remineralización dental. **Conclusión:** Los alkasites con recarga de NaF al 5% representan una opción eficaz para prevenir la formación de caries y estabilizar el pH salival, siendo una alternativa prometedora en odontología pediátrica.

Palabras clave:

Alkasites, Cention N, fluoruro, pH crítico salival, NaF al 5%.

ABSTRACT AND KEYWORDS

DIFFERENCE IN pH AND FLUORIDE RELEASE IN ALKASITES WITH 5% NaF RECHARGE EXPOSED TO CRITICAL SALIVARY pH

Introduction: Alkasites are bioactive restorative materials known for their ability to release and recharge sodium fluoride ions, stabilizing salivary pH under critical conditions. These materials are crucial in pediatric dentistry, especially for patients at high risk of developing cavities, as they help prevent dental demineralization and reduce the incidence of caries.

Objective: To compare the differences in sodium fluoride release and pH changes in artificial saliva in alkasites recharged with 5% NaF under critical salivary pH conditions.

Materials and Methods: Alkasite discs (Cention N® and Cention Forte®) and a control composite (Filtek Z250®) were immersed in artificial saliva at pH 5.5. The materials were recharged with 5% NaF varnish and evaluated at intervals of 1, 7, 14, 21, and 28 days. Measurements included sodium fluoride ion release (Orion 4 STAR® Thermo Scientific ISE Benchtop) and pH changes (PHS-3C Digital PH Tester®).

Results: Alkasites showed higher sodium fluoride release, with a superior effect in Cention N. Release increased significantly by day 7 (Cention N®: 200 times; Cention Forte®: 180 times) under acidic conditions, stabilizing salivary pH and promoting dental remineralization.

Conclusion: Alkasites recharged with 5% NaF represent an effective option for preventing cavity formation and stabilizing salivary pH, making them a promising alternative in pediatric dentistry.

Keywords:

Alkasites, Cention N, fluoride, critical salivary pH, sodium fluoride, NaF 5%.

2. INTRODUCCIÓN

La odontología restauradora contemporánea está en continua evolución para desarrollar nuevos materiales, técnicas y conceptos, que se ajusten a las necesidades de la odontología actual. Es así como surgen los materiales dentales restauradores bioactivos también denominados materiales inteligentes, que restablecen la función y la estructura dental perdida, estos tienen efectos terapéuticos ya que actúan a través del intercambio de iones que favorecen el proceso de remineralización.

Dentro de esta gama de materiales dentales resaltan los alcasites que son usados en la odontología restauradora por sus propiedades físicas y químicas, estos ofrecen propiedades de liberación de iones de fluoruro de sodio y tienen un sistema de recarga de fluoruro de sodio al entrar en contacto con la saliva. Estas propiedades pueden ser interrumpidas por factores individuales que pueden intervenir en la liberación de fluoruro de sodio, tales como: la composición del material, el contenido de relleno, la relación polvo-líquido, el proceso de mezclado, la superficie de la estructura dental, el pH salival y la formación de biopelículas. Esta última promueve la caída del pH salival, como consecuencia se producen ácidos que reducen la capacidad buffer salival y provoca la desmineralización del esmalte. El ambiente bucal ácido se considera a partir de valores de pH salival crítico que oscila entre 4.0 - 5.5 siendo potencialmente cariogénico. La literatura ha puesto en evidencia que el fluoruro de sodio liberado por los nuevos materiales no es suficiente para producir un cambio relevante en el ambiente bucal y proporcionar un efecto anticariogénico efectivo. La exposición de saliva con estos nuevos materiales genera un intercambio iónico que actúa en la interfaz de estos materiales y en la estructura dental.

La liberación de fluoruro de sodio en 20 ppm tiene efecto bacteriostático. Con esto se logra un proceso de remineralización efectivo en el esmalte, un cambio positivo en la estructura y un ambiente bucal adecuado. Para lo anterior, se debe obtener una liberación entre 200-300 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de iones de fluoruro de sodio, durante un

período de un mes por parte de los materiales de restauración. El fluoruro de sodio al 5%, se usa en la odontología preventiva debido a sus propiedades remineralizante y anticariogénicas, esta última se asocia a su capacidad antibacteriana.

El presente estudio evaluó las diferencias del pH salival y la liberación de fluoruro de los alcasites con recarga de NaF al 5% expuestas a un pH crítico salival.

3. ANTECEDENTES GENERALES

3.1 Alkasites

Los alkasites son un subgrupo de material restaurador resinoso de polimerización dual, bioactivo, de color A2 con alta resistencia a la flexión (1). Tienen un relleno alcalino que libera iones de fluoruro de sodio e hidróxido, que ayudan a neutralizar la acidez durante los ataques ácidos de la flora cariogénica y prevenir la desmineralización (2). Los alkasites se incorporaron al mercado en el año 2016. Actualmente existen dos presentaciones de alkasite de la casa comercial Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein. Cention N® está diseñado para mezclarse de forma manual en presentación base/catalizador, el polvo contiene cargas de vidrio, pigmentos e iniciadores de polimerización y el líquido catalizador contiene metacrilatos e iniciadores de polimerización (3). Cention Forte® está diseñado para usarse con mezcladores de cápsulas, ofrece una fácil aplicación y reduce el tiempo de trabajo clínico (4).

A. Características generales

Los alkasites tienen diversas aplicaciones clínicas, para restauraciones en dientes temporales y en dientes permanentes para clases I, II y V (3). Los alkasites poseen un sistema de auto adhesión que le confiere la unión de los tejidos dentales a la estructura del material de restauración. Este material restaurador tiene dos opciones de polimerización, por autocurado o fotocurado y puede usarse con o sin un sistema adhesivo (5).

B. Composición

El polvo está formado por vidrio alcalino que representa el 24.6% y relleno alcalino inorgánico que constituye 78.4% del polvo total. Los alkasites contienen una tecnología Isofiller (Tetric N-Ceram), carga de vidrio fluorosilicato de aluminio y bario de calcio y carga de vidrio fluorosilicato de calcio (alcalino), con un tamaño de partícula de entre 0,1 µm y 35 µm. Estos componentes le otorgan propiedades físicas específicas; el silicato de aluminio y bario: aumentan la resistencia del

material, el trifluoruro de iterbio: proporciona radiopacidad, los vidrios de fluorosilicato de calcio, bario y aluminio: aumentan la resistencia mientras proporcionan liberación de fluoruro de sodio y el vidrio de fluorosilicato de calcio: libera iones básicos (F^- , Ca^{2+} , OH^-) (6).

El líquido contiene: Dimetacrilato de uretano (UDMA): le confiere propiedades mecánicas, el dimetacrilato de triciclododecandimetanol y Dimetacrilato de tetrametil-xilileno-diuretano (UDMA aromático-alifático): se encargan de disminuir los cambios del color del material y le proporciona un módulo de elasticidad parecido al del órgano dentario y PEG-400 DMA: da estabilidad a largo plazo y adiciona propiedades mecánicas (5).

C. Propiedades químicas

Los alcasites tienen la capacidad de liberar diferentes iones como el fluoruro de sodio, calcio y fosfato que interactúan con el ambiente bucal. Estos ayudan a reducir el acúmulo de biopelícula, previenen lesiones de caries y promueven la remineralización de la estructura del esmalte dental (7). Su propiedad remineralizante se atribuye al tamaño de partícula nanométrica del vidrio activo que libera iones de forma rápida y aumenta la tasa de remineralización. Los iones fluoruro de sodio de los alcasites se unen a la red cristalina del esmalte y forman fluorapatita. En presencia de iones fluoruro de sodio, el ion hidróxido (OH^-) de la hidroxiapatita puede intercambiarse por fluoruro de sodio (F^-), transformándose en fluorapatita a través del intercambio iónico (8).

Los rellenos alcalinos de fluorosilicato de calcio al estar en un ambiente húmedo, inician la absorción de agua y liberan iones de calcio, aluminio y fluoruro de sodio (9).

3.2 Fluoruro de sodio al 5%

El fluoruro de sodio con la fórmula NaF es un compuesto inorgánico y es el más utilizado en la terapia preventiva en forma de barniz, el fluoruro de sodio al 5%, contiene 22,600 ppm de fluoruro, adicionado con fosfato cálcico, interactúa a través de un intercambio de iones de fosfato de calcio con la superficie del diente para producir un proceso de remineralización en la superficie del esmalte (10). El fluoruro de sodio tiene diversas propiedades, su capacidad antibacteriana es la más estudiada, la cual actúa en el metabolismo de las bacterias cariogénicas, reduce la formación de ácido láctico, interfiere en el proceso de la glucólisis bacteriana, altera la absorción de la glucosa e inhibe el crecimiento bacteriano (11). El fluoruro de sodio al 5% en contacto con un medio ácido libera iones fluoruro de sodio en la saliva, reduce la disolución de hidroxiapatita de calcio del diente. Su acción es en la saliva saturada de fluoruro de sodio que está en contacto con la superficie del diente (12).

A. Mecanismo de acción de fluoruro de sodio

El barniz de fluoruro de sodio aumenta la disponibilidad de iones fluoruro de sodio en la saliva y mejora la formación de fluorapatita, el mecanismo de acción está asociado a su afinidad por el calcio y su carga electronegativa (13).

La estructura del órgano dental contiene un 70% de materia inorgánica, 20% de materia orgánica y 10% de agua. La hidroxiapatita es un cristal de fosfato de calcio que forma el esmalte, es el principal componente inorgánico de esta estructura.

La hidroxiapatita tiene una superficie reactiva que actúa de forma química por tres mecanismos de acción: intercambio, sustitución y absorción (14). El intercambio de iones inicia entre la hidroxiapatita de la superficie del esmalte y el sistema de barniz de fluoruro de sodio, en contacto con un medio de inmersión que es la saliva. Posteriormente inicia el proceso de sustitución de los iones hidroxilo del cristal de hidroxiapatita por fluoruro de sodio (15). Una vez que los grupos hidroxilo (iones OH⁻) interactúan con la hidroxiapatita se sustituyen por iones fluoruro de sodio (F⁻), se obtiene fluorapatita (Ca₁₀ (PO₄)₆ F₂). Esta sustitución de hidroxilo por iones fluoruro de sodio con la estructura dental forma fluorohidroxiapatita que es un cristal

estable, que presenta una mayor resistencia a los ácidos y es menos soluble (16). La formación de fluoruro de calcio constituye el tercer mecanismo de acción que es la absorción. El fluoruro de calcio y el fluoruro de sodio que se absorben son solubles en álcalis, también se denominan fluoruro débilmente unido, el fluoruro de calcio adherido a la superficie del esmalte actúa como un depósito para liberar fluoruro de sodio al entrar en contacto con la saliva y la biopelícula, se liberan de forma gradual, cuando la estructura dental se expone a ataques de ácido. Este fluoruro de sodio inhibe la desmineralización de la estructura dental y disminuye la susceptibilidad del diente a generar lesiones de caries (17). En la imagen 1, se observa de forma gráfica el intercambio de iones para la transformación de la hidroxiapatita a fluoruroapatita.

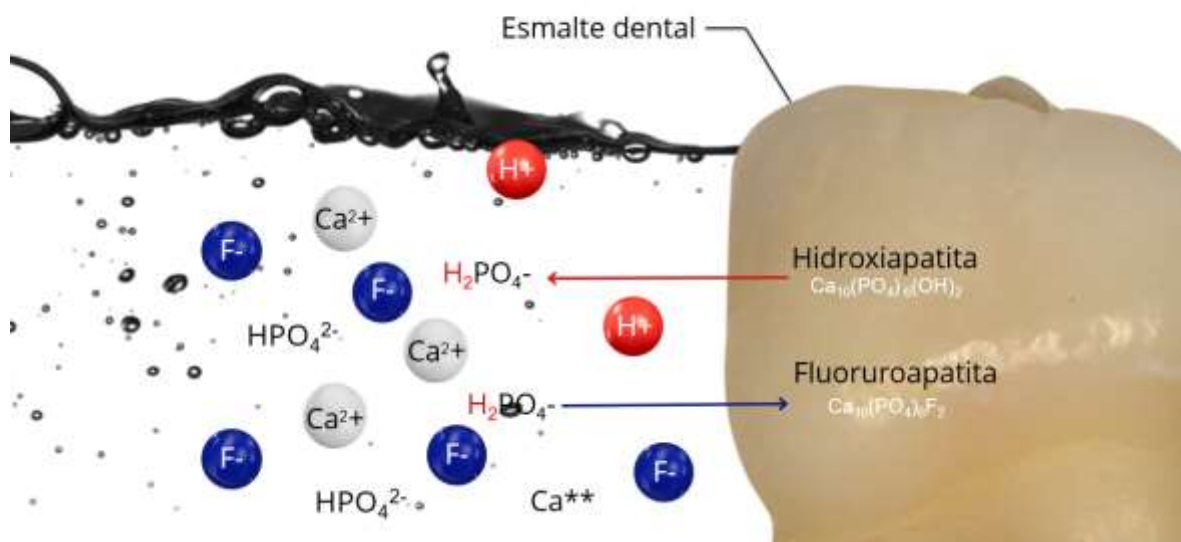


Imagen 1. Intercambio de iones, para transformar la hidroxiapatita a fluoruroapatita.

Fuente propia.

B. Capacidad antibacteriana del fluoruro de sodio

El fluoruro de sodio actúa mediante dos principales mecanismos para inhibir el crecimiento bacteriano, su efecto principal es la alteración en la carga en la superficie de la estructura del esmalte que disminuye la adhesión bacteriana y afecta directamente la formación de la biopelícula (18). Este mecanismo tiene acción en los iones de fluoruro de sodio (F^-), que actúan en la solubilidad de la estructura del esmalte dental después de una exposición a un

pH ácido, inhibe el proceso de glucólisis bacteriano al interferir en la formación de polisacáridos extracelulares a partir de la glucosa; como resultado se obtiene una reducción en la adhesión bacteriana (19). El segundo mecanismo actúa en el pH intracelular de las bacterias, este inicia con la conversión de F^- en ácido fluorhídrico (HF), una molécula no ionizada que puede atravesar la membrana celular bacteriana dentro de la célula, debido al pH más alto del citoplasma, el HF se disocia en H^+ y F^- (20). Este proceso genera un gradiente de concentración que facilita la entrada continua de (HF), aumenta la concentración intracelular del ion F^- . Esta acumulación interfiere con enzimas como la enolasa que inhibe la producción de Adenosín Trifosfato ATP y altera el metabolismo bacteriano. Esto ocasiona que incremente la concentración de iones H^+ , provocando una disminución el pH intracelular, lo que inhibe una amplia gama de enzimas esenciales para la supervivencia bacteriana y, en consecuencia, reduce significativamente la actividad metabólica de los microorganismos (21).

3.3 Saliva

La saliva es la combinación de fluidos presentes en la cavidad bucal, es una secreción exocrina compleja, transparente, sin olor y débilmente ácida. La saliva se forma de la secreción de las glándulas salivales y tejidos bucales (22), cumple diversas funciones entre las que destacan la formación del bolo alimenticio, lubricante para los tejidos bucales, limpieza mecánica, capacidad antimicrobiana relacionada con las proteínas que contiene, formación de la película adquirida del esmalte, participación en la masticación, la deglución, el habla y protección de los tejidos mineralizados de la boca (23). La secreción de saliva por día oscila entre 0.5 a 1.5 litros, el pH puede variar entre 6.2 – 7.4 estos valores pueden variar dependiendo de factores locales como la dieta, higiene o implicaciones sistémicas como xerostomía (24). La saliva está compuesta en 99.5% por agua, 0.3% de proteínas y 0.2% de sustancias inorgánicas. La parte proteica de la saliva está constituida por 2 enzimas; α -amilasa y la anhidrasa carbónica, además contiene inmunoglobulinas y péptidos tales como; cistatinas, estaterina e histatinas. La parte inorgánica de la saliva contiene diversos electrolitos: sodio, potasio, cloruro y bicarbonato, estos le confieren la capacidad de ser un fluido hipotónico (25).

A. Mecanismo de acción

La saliva tiene una capacidad amortiguadora conocida como sistema buffer, que neutraliza el pH ácido en la cavidad bucal y en la biopelícula. Además, contiene iones esenciales como iones de fluoruro de sodio, iones calcio y de fosfato, que desempeñan un papel fundamental para el proceso de remineralización del esmalte (26). La capacidad buffer consta de tres sistemas: el sistema bicarbonato, el sistema fosfato y el sistema proteico (27).

El sistema bicarbonato actúa a través de difusión en la biopelícula y neutralizando ácidos, alcanza valores de 8 – 8.5 pH. Esto ocurre por un aumento de OH^- en los protones del agua presentes en la composición de la saliva, CO_2 elimina el efecto ácido de este sistema bicarbonato y se reduce la concentración de ácidos de carbonato y esto puede producir precipitación del calcio y fosfato (25).

El sistema de fosfato funciona por el mismo principio que el sistema bicarbonato, actúa a concentraciones bajas por encima de un pH de 6, la saliva está sobresaturada de fosfato con relación a la hidroxiapatita, actúa sobre el pH menor al pH crítico 5.5, la hidroxiapatita comienza a disolverse, y los fosfatos liberados restablecen el equilibrio perdido usando los iones de fosfato y calcio circundantes.

El sistema de las proteínas es el encargado de generar sustancias alcalinas como la arginina que ayudan a regular el sistema (27).

4. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

Marija Kelic et al., en 2023, en su estudio determinaron la liberación de fluoruro de sodio y los cambios de pH durante un período de 168 días. Se usaron 4 materiales dentales giómero, Cention N®, Composite Filtek Z250® y Ionómero de vidrio Fuji IX Extra®, se le adiciono el uso de dos sistemas de recubrimiento. Usaron discos con n=66 de cada material que fueron almacenadas previamente durante 25 meses en agua destilada, las muestras de composite Filtek Z250® se fotopolimerizaron y se recubrieron con G-aenial Bond®, mientras tanto las muestras de ionómero de vidrio se recubrieron usando GC Fuji Coat LC®. Todas las muestras fueron colocadas en 5mL de agua desionizada y se cuantificó la liberación de fluoruro de sodio con un electrodo de iones selectivos de fluoruro de sodio. Los cambios de pH se midieron después de 1 h, 24 h, 2 días, 7 días, 28 días, 84 días y 168 días, hasta no obtener mediciones de liberación de iones de fluoruro de sodio. Posteriormente se colocó barniz de NaF al 2% con 12,300 ppm para cada muestra y fueron colocadas bajo agitación magnética, la liberación de fluoruro de sodio se midió de 1-14 día. En este estudio se observó que los alcasites, giómero y el ionómero de vidrio convencional tiene la capacidad de recarga al usar barniz de NaF, sin embargo, el alcasite es superior. Además, el uso de sistemas adhesivos afecta la recarga de fluoruro de sodio y reducen las concentraciones de iones fluoruro de sodio, es necesarios seguir realizando más estudios para obtener las condiciones donde se maximice este efecto de recarga y liberación de iones de fluoruro de sodio (28).

Katarina Kelic et al., en 2021, evaluaron la liberación de fluoruro de sodio y los cambios de pH durante 168 días en dos sistemas adhesivos (Clearfil universal que es un adhesivo liberador de fluoruro de sodio y Bono G-aenial®, adhesivo universal) y una resina modificada con recubrimiento de ionómero de vidrio. Se formaron grupos de cada material de giómero Beautiful II®, Cention®, un composite convencional Filtek Z250® y un cemento de ionómero de vidrio Fuji IX®. Cada uno formado por n=6, todas las muestras fueron sumergidas en 5 mL de agua desionizada a 37 °C y después con el medidor de pH MP220 se realizó la medición

en los siguientes intervalos de tiempo de 0, 1, 2, 7, 28, 84 y 168 días. Las muestras se colocaron bajo agitación magnética a 500 rpm sin calentamiento para hacer la medición de la liberación y cuantificación de iones de fluoruro de sodio se utilizó un electrodo selectivo de iones de fluoruro de sodio Star Orion 4®. Los materiales dentales usados tienen una liberación de iones de fluoruro de sodio variada que depende del uso de sistemas adhesivos y recubrimientos. El ionómero de vidrio Fuji IX Extra resultó con alta cantidad de iones de fluoruro de sodio liberados, seguido por Cention N®. El uso de sistemas adhesivos dio como resultado una disminución sobre los iones de fluoruro de sodio liberados y los valores de pH usados en el medio de inmersión difieren (29).

Gupta et al., en 2019, evaluaron y compararon la liberación de iones de fluoruro de sodio de dos materiales ionómero de vidrio convencional y Cention N® con aplicación de fotocurado y autocurado, sometidos a pH de 4.0 y 6.8 con diferentes intervalos de tiempo. Se utilizaron 45 muestras dientes mandibulares permanentes, se realizaron cavidades y fueron divididas en tres grupos asignados a cada material. Posteriormente fueron subdivididos en dos grupos según el pH. Los subgrupos se dividieron en tres grupos relacionados al tiempo de duración (7, 14, 21 días). Todos los grupos fueron colocados en agua desionizada y colocados en incubadora a 37 °C. Se midió la liberación de iones de fluoruro de sodio en los diferentes pH e intervalos de tiempo asignados. Todos los grupos demostraron un aumento significativo en el pH expuestos a un medio ácido y la liberación de iones de fluoruro de sodio aumentó únicamente en el subgrupo de Cention sin fotocurado. Se concluye que Cention N autocurado presentó la mayor liberación de iones fluoruro de sodio expuesto a pH de 4.0, mientras Cention fotocurado y el ionómero lo presentaron en un pH 6.8 (30).

Siddharth et al. en 2019, evaluaron y compararon la liberación de fluoruro de sodio y la capacidad de recarga con barniz de NaF al 0,2% en Cention N®, Giómero, Gc Gold Label 9 Extra®. Se usaron discos n= 12, las muestras se sumergieron en 5 mL de agua desionizada y se incubó a 37 °C durante 24 horas posteriormente se cuantificó la de liberación de fluoruro de sodio en el día 1 y 6 usando un espectrofotómetro. En el día 6, a las muestras se les aplicó un barniz de NaF al 0.2 % durante 2 min, 24 horas después se determinó la liberación de fluoruro de sodio. Cention N mostró una mayor capacidad para liberar iones de fluoruro de sodio.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2022, establece a la caries dental como una enfermedad con alta prevalencia a nivel mundial y que afecta a 2.500 millones de personas. En 2020, el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucales en México (SIVEPAB) reportó una prevalencia del 88% de enfermedad caries dental en niños de 2 a 10 años. Una de las complicaciones más frecuentes en los pacientes pediátricos es la formación de caries secundaria esta se forma en el borde de las restauraciones y está asociada a condiciones multifactoriales como el estrés de contracción de polimerización de los materiales dentales esto puede provocar el desprendimiento de los materiales de las paredes dentales y facilitar la formación de espacios en la interfase del diente y el material de restauración, obteniendo como resultado microfiltración lo que lleva a la progresión de bacterias entre la restauración y los sustratos dentales, el esmalte y la dentina. El proceso de caries secundaria al estar debajo de las restauraciones es poco visible avanza rápidamente y provoca estados de dolor e incomodidad para el paciente. Por tanto, limita la alimentación, altera la oclusión y genera repercusiones en el estado de salud general de los pacientes pediátricos.

El pH salival ácido es un factor determinante para la inducción de lesiones caries al generar una disbiosis en el microbioma bucal, la baja capacidad amortiguadora de la saliva aumenta el riesgo a generar lesiones de caries. A pesar de usar materiales que tienen liberación de ion fluoruro de sodio que actúa como agentes anticariogénicos, esta liberación no es constante y no es suficiente para producir un cambio positivo en el microbioma. En la práctica clínica, la aplicación de fluoruro de sodio es muy usada en el área estomatológica, porque produce cambios en el pH salival. Pero se desconoce el comportamiento de los alcasites con aplicación de fluoruro de sodio al 5%.

No existen en la literatura estudios referentes a la recarga de fluoruro aplicado en alcasites expuestas a un pH salival ácido que simulan el ambiente oral. Por lo tanto, surge la siguiente pregunta de investigación.

6. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la diferencia en el pH salival y la liberación de fluoruro de sodio en alcasites con recarga de NaF al 5% expuestos a pH crítico salival?

7. JUSTIFICACIÓN

Los alcasites son una alternativa de materiales de restauración, poseen propiedades bioactivas como liberación de diferentes iones de fluoruro: iones fluoruro silicato de calcio, bario, tricloruro de iterbio que le confiere la capacidad anticariogénica. Además, tiene un sistema de recarga de fluoruro en contacto con la saliva genera intercambio de iones. Los alcasites tienen además propiedades alcalinas que están mediadas por iones de hidróxido que liberan iones neutralizadores de ácido que en conjunto con los iones de fluoruro actúan neutralizando los ataques ácidos en el microbioma y previene el proceso de desmineralización sobre la estructura dental.

Por ello, los alcasites desempeñan un papel importante en el manejo de los pacientes con alto riesgo para el desarrollo de caries en el área de estomatología pediátrica.

Sin embargo, esta liberación de fluoruro de sodio es insuficiente, su sistema de cisterna de recarga de fluoruro de sodio depende directamente del fluoruro de sodio consumido en la alimentación y la presente en pastas dentales fluoradas. Para generar una liberación de fluoruro de sodio adecuada se debe aplicar fluoruro de sodio en ppm y porcentaje elevado, para que pueda ser efectivo el sistema de recarga, para producir un cambio positivo considerable en el microbioma oral.

A corto plazo, se buscó maximizar el efecto de los alcasites y obtener mejores beneficios para el microbioma oral. A largo plazo poder utilizarlo como parte de un protocolo y reducir las lesiones de caries en la población infantil, mantener un pH salivales estable durante periodos constantes.

8. HIPÓTESIS

H1: El pH salival y la liberación de fluoruro de sodio son diferentes en alkasites con recarga de NaF al 5% expuestas a pH crítico salival.

H0: El pH salival y la liberación de fluoruro de sodio no son diferentes en alkasites con recarga de NaF al 5% expuestas a pH crítico salival.

9. OBJETIVO GENERAL

Comparar las diferencias del pH salival y la liberación de fluoruro de sodio de los alkasites con recarga de NaF al 5% expuestas a un pH crítico salival.

10. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Medir el pH salival de los alkasites almacenados a pH salival 5.5, con recarga de fluoruro de sodio al 5% durante los días 1, 7, 14, 21, 28 posterior al periodo de envejecimiento acuoso.
2. Medir la liberación de fluoruro de sodio de los alkasites almacenados a pH salival 5.5 con recarga de fluoruro de sodio al 5% durante los días 1, 7, 14, 21, 28 posterior al periodo de envejecimiento acuoso.
3. Comparar el pH salival del alkasite con aplicación de fluoruro de sodio al 5% inicial durante el día 1, 7, 14, 21, 28 posterior al periodo de envejecimiento acuoso.
4. Comparar la liberación de iones de fluoruro de sodio en alkasites con aplicación de fluoruro de sodio al 5% inicial durante el día 1, 7, 14, 21, 28 posterior al periodo de envejecimiento acuoso.

11. MATERIALES Y MÉTODOS:

11.1 Diseño de estudio

Tipo de investigación: Básica, *in vitro*.

De acuerdo con la intervención del investigador: Experimental.

De acuerdo con el número de mediciones: Longitudinal, a través de un intervalo temporal determinado 1, 7, 14, 21 y 28 días.

11.2 Población de estudio y muestra

Población: Muestras de discos de alcasites Cention N® y Cention Forte®.

Muestreo: Muestreo no probabilístico por conveniencia.

12. CRITERIOS DE SELECCIÓN

12.1 inclusión:

- Muestras que presenten superficie homogénea.
- Incorporación adecuada de los componentes de los alcasites.

12.2 Exclusión:

- Muestras que presenten algún daño durante su preparación.
- Muestras que excedieron el tiempo de trabajo establecido por el fabricante.

12.3 Eliminación:

- Todas aquellas muestras contaminadas durante su preparación.
- Muestras que presente algún tipo de fractura.

13. VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALAS Y CATEGORÍAS	UNIDAD DE MEDICIÓN
Materiales dentales	Materiales restauradores con capacidad de liberación de iones.	Se formaron discos de la muestra de cada material con las siguientes medidas: 4 mm de diámetro y 6 mm de espesor	Cualitativa Nominal - Politómica Grupo experimental 1.Cention N® Grupo experimental 2.Cention Forte® Grupo control 3. Composite Restaurador Universal Nano Híbrido 3m Filtek Z250 Xt®	N/A
Barniz de fluoruro de Sodio al 5%	Compuesto inorgánico con la fórmula NaF. Es un sólido incoloro o blanco que es soluble en agua.	Se aplicó fluoruro de sodio al 5% a las muestras de cada uno de los grupos de materiales.	Cualitativa Nominal Grupos con recarga de fluoruro de sodio al 5% Clinpro White Varnish™ 3M™	N/A
pH de saliva artificial	Coeficiente que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.	Las muestras de los grupos fueron sumergidas en saliva artificial.	Cuantitativa Continua-Razón pH de 5.5	Potencial de iones de hidrógeno
Tiempo	Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo.	Para el estudio se midió en días.	Cuantitativa Intervalar	En 1, 7,14, 21, 28 días

Tabla 1. Variables independientes del estudio.

Fuente propia.

VARIABLES DEPENDIENTES					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALAS CATEGORÍAS	Y	UNIDAD DE MEDICIÓN
pH del medio de inmersión	Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.	Medición del pH en las muestras de cada grupo de materiales posterior a la aplicación de NaF al 5% con (PHS-3C Digital PH Tester®)	Cuantitativo Continua - Intervalar Escala de pH		0-6.9 (Ácido) 7 (Neutro) 7.1-14 (Alcalino)
Liberación de iones fluoruro	Cuantificación de la liberación de iones de fluoruro.	Medición de iones de fluoruro de sodio de las muestras de cada grupo de material con un electrodo selectivo de iones fluoruro de sodio (Orion 4 STAR® Thermo Scientific ISE Benchtop).	Cuantitativa Continua		Partes por millón (ppm)

Tabla 2. Variables dependientes del estudio.

Fuente propia.

14. CONCORDANCIA Y FIABILIDAD

Capacitación para la manipulación de los materiales dentales, capacitación para el manejo del electrodo de iones selectivo de fluoruro de sodio Orion Star 4 pH-ISE® y el potenciómetro PHS-3C Digital PH Tester® mediante estándar de referencia. Calibración de los equipos eléctricos antes de iniciar la toma de muestras y recalibrando en cada 5 mediciones.

15. UBICACIÓN ESPACIO TEMPORAL

- Laboratorio biomateriales dentales de FEBUAP
- Laboratorio multidisciplinario de la FEBUAP
- Laboratorio de fisiología de la FEBUAP

16. METODOLOGÍA

16.1 Materiales y formación de grupos

Se investigaron dos materiales de restauración, un grupo experimental Cention N® (CN), un grupo experimental Cention Forte® (CF) y un composite nano híbrido Filtek Z250 Xt® (CL) que sirvió como grupo control.

Grupos experimentales

Grupo 1 de Cention N con medio acuoso a pH 5.5 con recarga de fluoruro de sodio al 5% (CNr).

Grupo 2 de Cention Forte con medio acuoso a pH 5.5 con recarga de fluoruro de sodio al 5% (CFr).

Grupo control

Grupo control 1 composite nano híbrido filtek Z250 Xt® con medio acuoso a pH 5.5 con recarga de fluoruro de sodio al 5% (CLr).

Los grupos quedaron distribuidos de la siguiente manera:

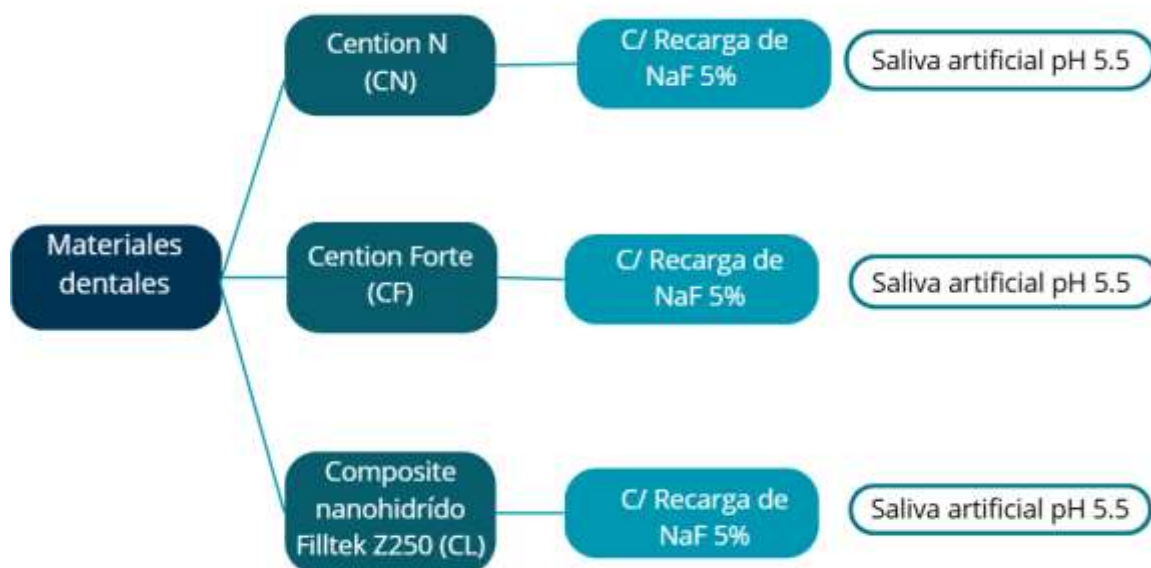


Imagen 2. Distribución de los grupos, según el material dental con efecto de recarga del barniz de fluoruro de sodio al 5% y a pH del medio de inmersión saliva artificial. Fuente propia.

Esta investigación se dividió en dos fases, para la primera los dos grupos experimentales y el grupo control fueron llevados a envejecimiento acuoso con agua desionizada, en la segunda fase fueron colocados en un medio acuoso de saliva artificial a pH a 5.5 posteriormente se colocó un barniz de fluoruro de sodio al 5% a todos los grupos.

16.2 Preparación de los materiales

Se realizó la capacitación del investigador principal mediante un estándar de referencia para la manipulación de los materiales siguiendo las instrucciones del fabricante. La fabricación de los discos se obtuvo mediante un molde de silicón cilíndrico con un diámetro de 6 mm y una altura de 4 mm.

Las muestras de los materiales fueron preparadas siguiendo las indicaciones del fabricante. Se colocaron en los moldes de silicón, se rellenaron con los materiales

con la asignación del grupo correspondiente y fueron cubiertas con una lámina de PET para asegurar una superficie homogénea y retirar el excedente de los materiales.

Las muestras de resina compuesta fueron polimerizadas usando una lámpara de fotocurado LED (3M™ Elipar™ Deep Cure®) con una intensidad de luz de 1470 mW/cm² y una longitud de onda de 450 nm durante 20 segundos. por cada lado de las muestras de resina compuesta.

Para conseguir que las muestras puedan estar completamente inmersas por el medio acuoso de saliva artificial, se usó un hilo dental de teflón (Oral-B pro-salud®), que se incorporó en cada una de las muestras para que quede suspendido en la tapa de los tubos Falcón. Cada muestra fue etiquetada para su identificación.



Imagen 3. Materiales: Cention N®, Cention Forte®, molde de silicona para la conformación de los discos. Fuente propia.

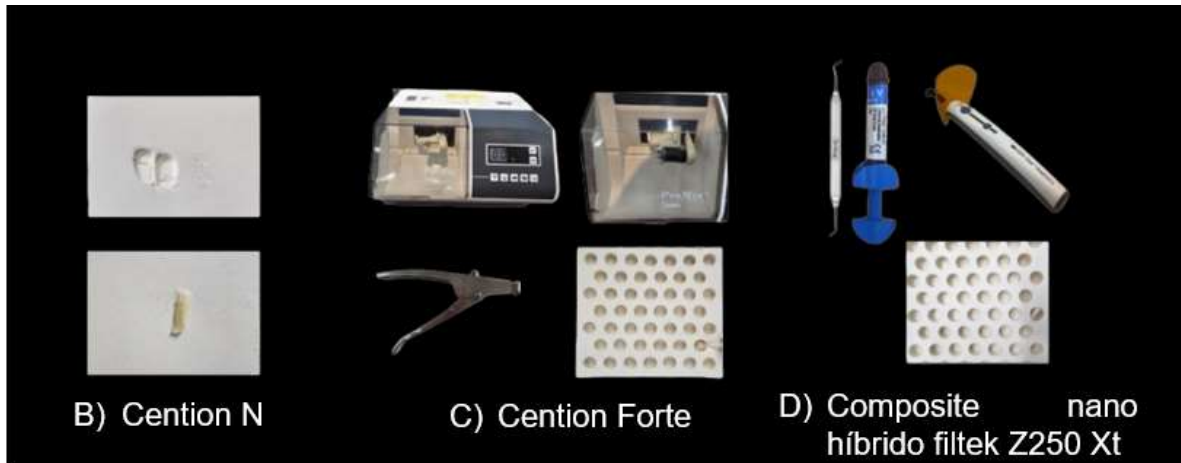


Imagen 4. Proceso de preparación de los 3 materiales.

Fuente propia.

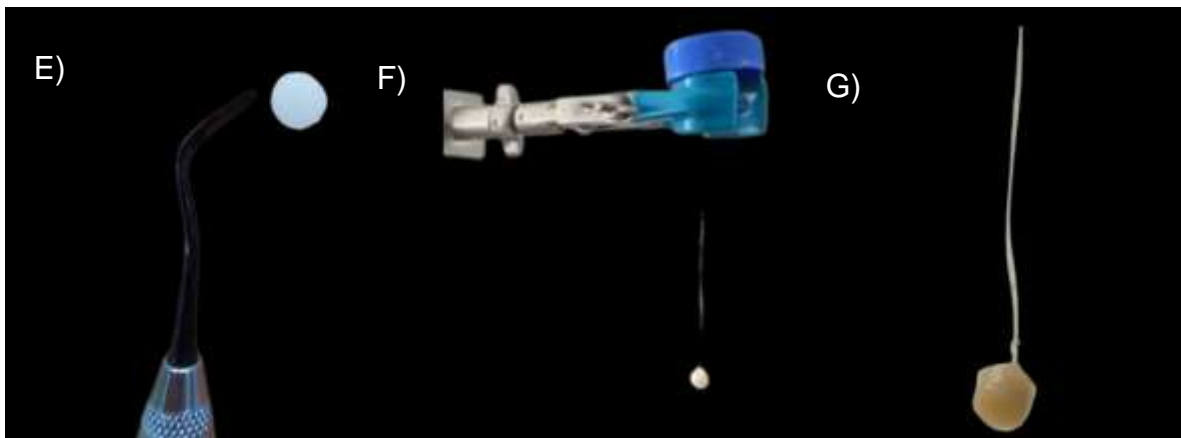


Imagen 5. Discos de estudio.

Fuente propia.

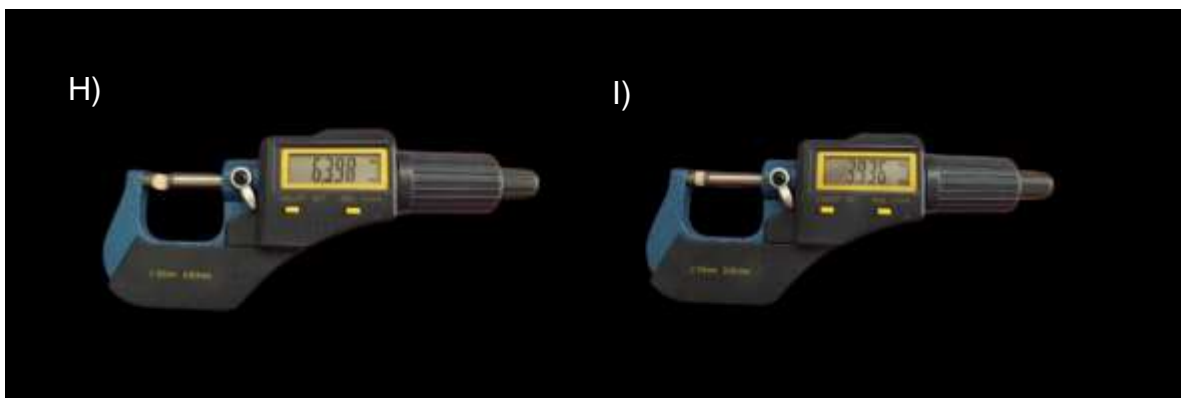


Imagen 6. Proceso de medición del diámetro y alto de los discos con uso de un micrómetro.

Fuente propia.

16.3 Fase I envejecimiento acuoso

Los grupos CNr, CFr y CLr se colocaron por separado en tubos Falcón (Tubo Falcon® fondo cónico 50 mL estériles) que contenían 5 mL de agua desionizada estas fueron llevadas a la incubadora 37 ± 2 °C (Binder, modelo BD 115 Standard®) por 24 horas. Posteriormente se evaluó la liberación de iones fluoruro de sodio con (Orion 4 STAR ® Thermo Fisher Scientific, ISE Benchtop) en intervalos de tiempo de 1, 2, 7, 28, 84 y 97. Para el día 97 ya no se detectó liberación de iones de fluoruro de sodio.

Cada muestra fue tratada de la misma manera y una vez que se realizaba la medición, se colocaron 5 mL de agua desionizada y este cambio fue diario, posteriormente se cerraba el tubo Falcón y fueron llevados a incubadora a 37 ± 2 °C hasta la siguiente medición en los intervalos de tiempo establecido. El electrodo fue lavado con agua desionizada entre cada muestra 3 veces y secado con toallas de papel (5).

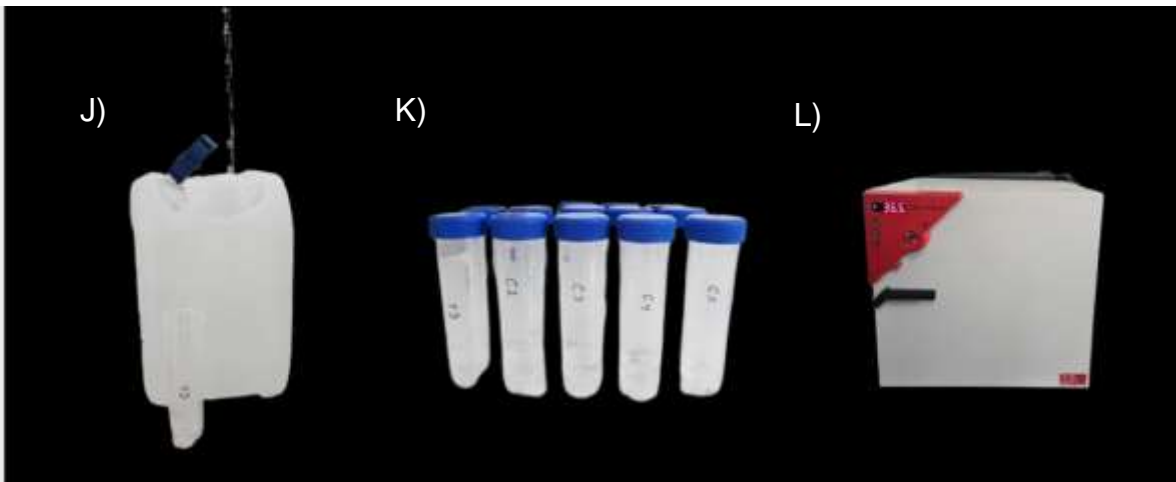


Imagen 7. Tubos Falcon® con 5 mL de agua de ionizador para cada muestra.

Fuente propia.

Preparación de saliva artificial

Reactivos (para 1000ml):

Solución amortiguadora pH 5.5 - 1L

CMC - 10g

Ácido Cítrico - 4g

Se colocó la totalidad de la solución amortiguadora en un vaso de precipitados sobre una parrilla con agitación magnética a 60 °C. Posteriormente se agregó el ácido cítrico lentamente. Se esperó 5 minutos o hasta la disolución total. Una vez disuelto se agregó el CMC en forma lluvia sobre el vaso de precipitados para evitar la formación de grumos. Para obtener el pH de 5.5 de la saliva artificial se modificó con NaOH 1N y ácido láctico 0.85 M.

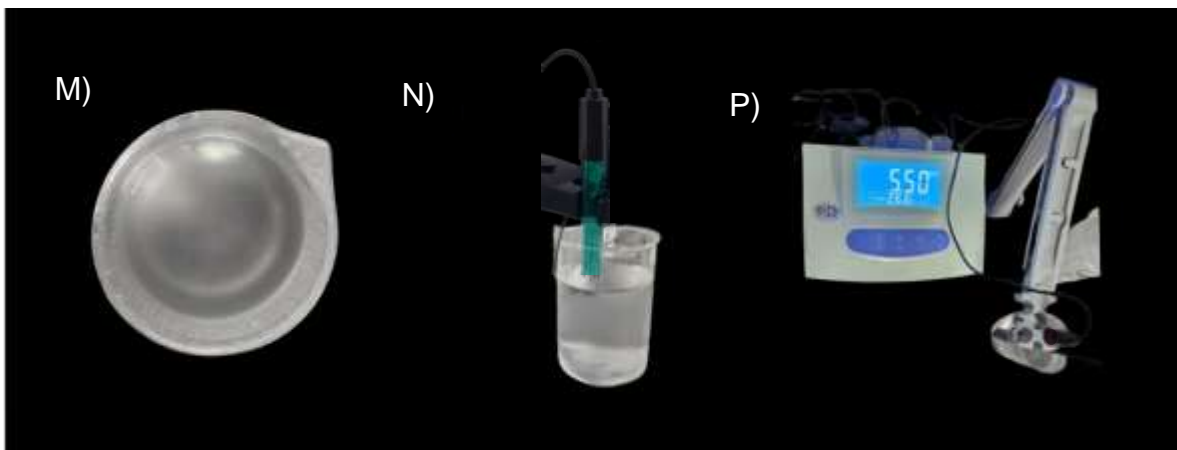


Imagen 8. Fabricación de saliva artificial y toma de pH.

Fuente propia.

16.4 Fase II recarga de fluoruro de sodio al 5%

Después de 24 horas de no detectar liberación de iones fluoruro de sodio, se realizó el lavado de las muestras 3 veces con agua desionizada y secadas con toallas de papel. Posteriormente, las muestras fueron etiquetadas con la asignación del pH del

medio de inmersión de saliva artificial a pH 5.5, y con la asignación de grupos anteriormente descrita en la imagen 2. En los tubos Falcón fueron colocados 5 mL de saliva artificial para cada una de las muestras. Posteriormente las muestras de cada grupo se trataron con un barniz de fluoruro de sodio al 5% (Clinpro White Varnish™ 3M™ 22,600 ppm, con fosfato tricálcico TCP), se colocaron bajo agitación magnética (Stable Temp, Cole-Parmer®) a 500 rpm durante 4 minutos a temperatura ambiente y luego fueron enjuagadas con agua desionizada durante 20 segundos. Esta fue la única aplicación de tratamiento con barniz de fluoruro de sodio al 5%.

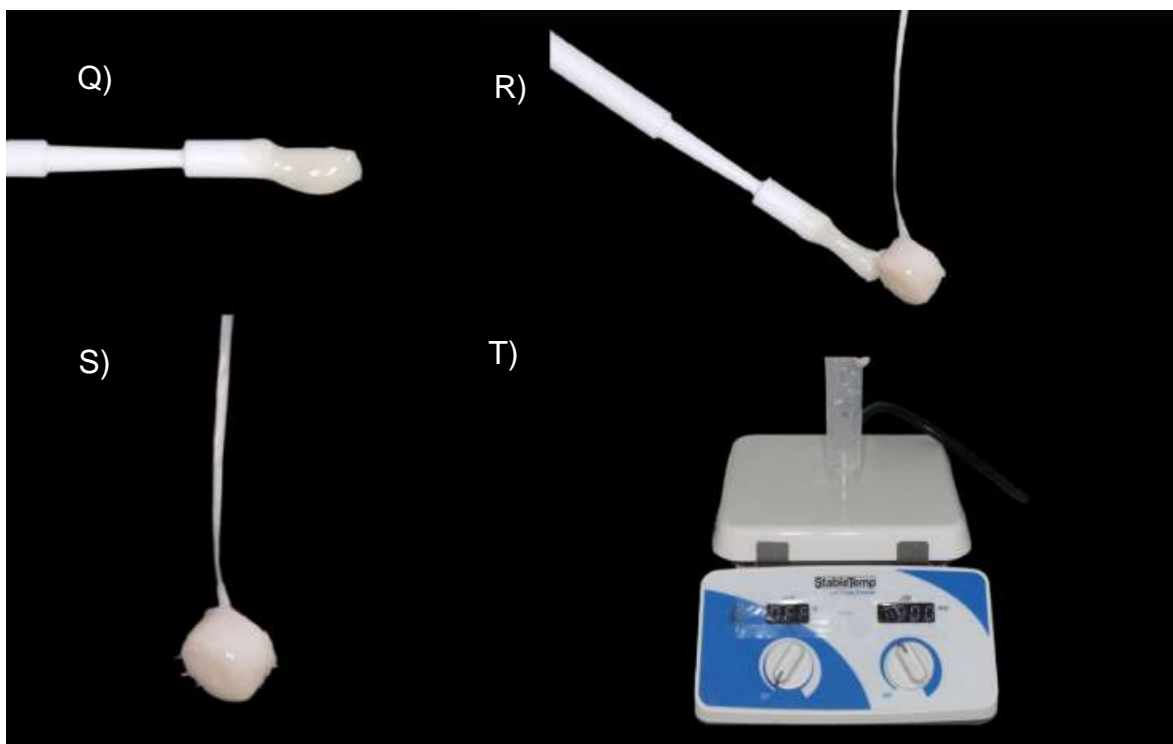


Imagen 9. Aplicación de barniz de fluoruro de sodio al 5% y colocación bajo agitación magnética. Fuente propia.

16.5 Medición de liberación de fluoruro

Las muestras de cada grupo experimental CNr, CFr y el grupo control CLr fueron sumergidos en 5 mL del medio de inmersión saliva artificial a pH 5.5 y fueron colocadas nuevamente en la incubadora a $37^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ en sus respectivos recipientes

de almacenamiento. La liberación de iones de fluoruro de sodio se midió en intervalos de tiempo de 1, 7, 14, 21, 28 días. En cada intervalo las muestras fueron tratadas bajo la misma metodología, las muestras fueron sacadas de la incubadora, se lavaron con agua desionizada 3 veces, y se realizó la medición de iones de fluoruro de sodio con el electrodo (Orion 4 STAR® Thermo Scientific ISE Benchtop). Posteriormente, fueron devueltas a su recipiente de almacenamiento después de cada medición.

Para determinar la concentración de iones de fluoruro de sodio se realizó la medición de este ion en la saliva artificial contenida en el tubo falcón con un electrodo selectivo de iones de fluoruro de sodio estándar (Orion 4 STAR® Thermo Scientific ISE Benchtop), ISO 19448: 2018, se calibro cada 5 muestras con una serie de estándares de concentraciones conocidas en un rango de 10^{-5} – 10^{-2} mol/L F⁻.

Para cada grupo de muestra, se tomaron tres lecturas, a partir de las cuales se calculó el valor medio de la concentración de iones de fluoruro de sodio. Después de cada medición, el electrodo se mantuvo retirado el sensor, fue lavado con agua desionizada y secado con toallas de papel.



Imagen 10. Calibración del electrodo de iones selectivo de fluoruro previo a la toma de cada muestra y recalibración cada 5 tomas de lectura. Fuente propia.

16.7 Evaluación de pH en saliva artificial

Las muestras de cada grupo experimental CNr, CFr y el grupo control CLr fueron sumergidos en 5 mL del medio de inmersión saliva artificial a pH 5.5. Posteriormente, las muestras fueron colocadas nuevamente en la incubadora a 37 ± 2 °C.

Los valores de pH en saliva artificial se obtuvieron en intervalos de 1, 7, 14, 21, 28 días. En cada intervalo las muestras fueron tratadas bajo la misma metodología. Las muestras fueron sacadas de la incubadora y secadas con toallas de papel.

El pH de la saliva artificial de los grupos se midió con el potenciómetro PHS-3C Digital PH Tester®. Previo a cada medición el potenciómetro fue calibrado usando soluciones tampón estándar a pH = 4.0 y pH = 7.0, se colocó a un volumen de 4.5 mL de agua desionizada y 0.5 mL de solución tampón TISAB III (Total Ionic Strength Adjustment Buffer®, Thermo Fisher Scientific, Chelmsford, EE. UU.) En cada grupo de las muestras se tomaron tres lecturas, para calcular el valor de la concentración de pH del medio de inmersión saliva artificial, se calibro el potenciómetro cada 5 lecturas. Después de cada medición, el potenciómetro fue lavado con agua desionizada y secado con toallas de papel.

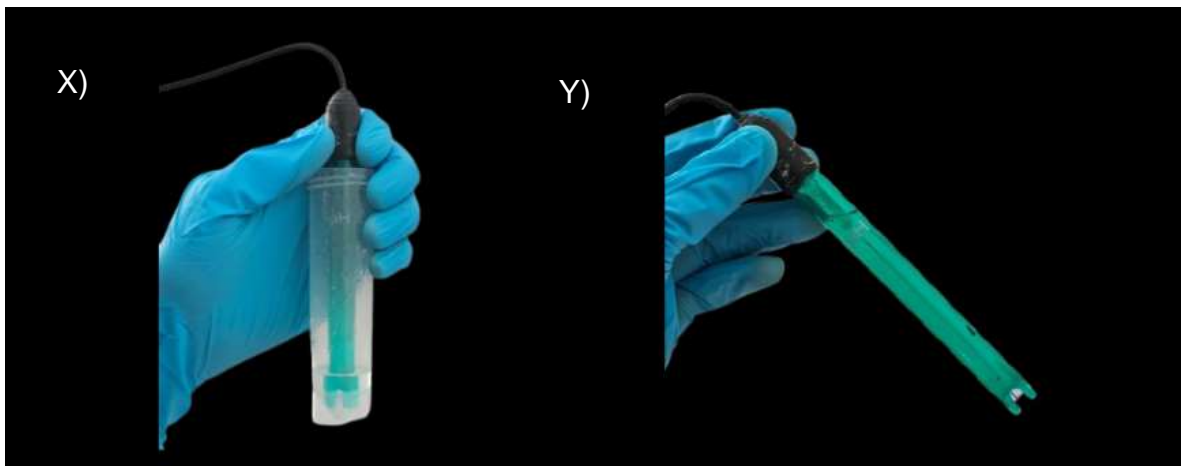


Imagen 11. Toma de lectura para los cambios de pH en saliva artificial.

Fuente propia.

16.8 Diagrama de flujo de metodología

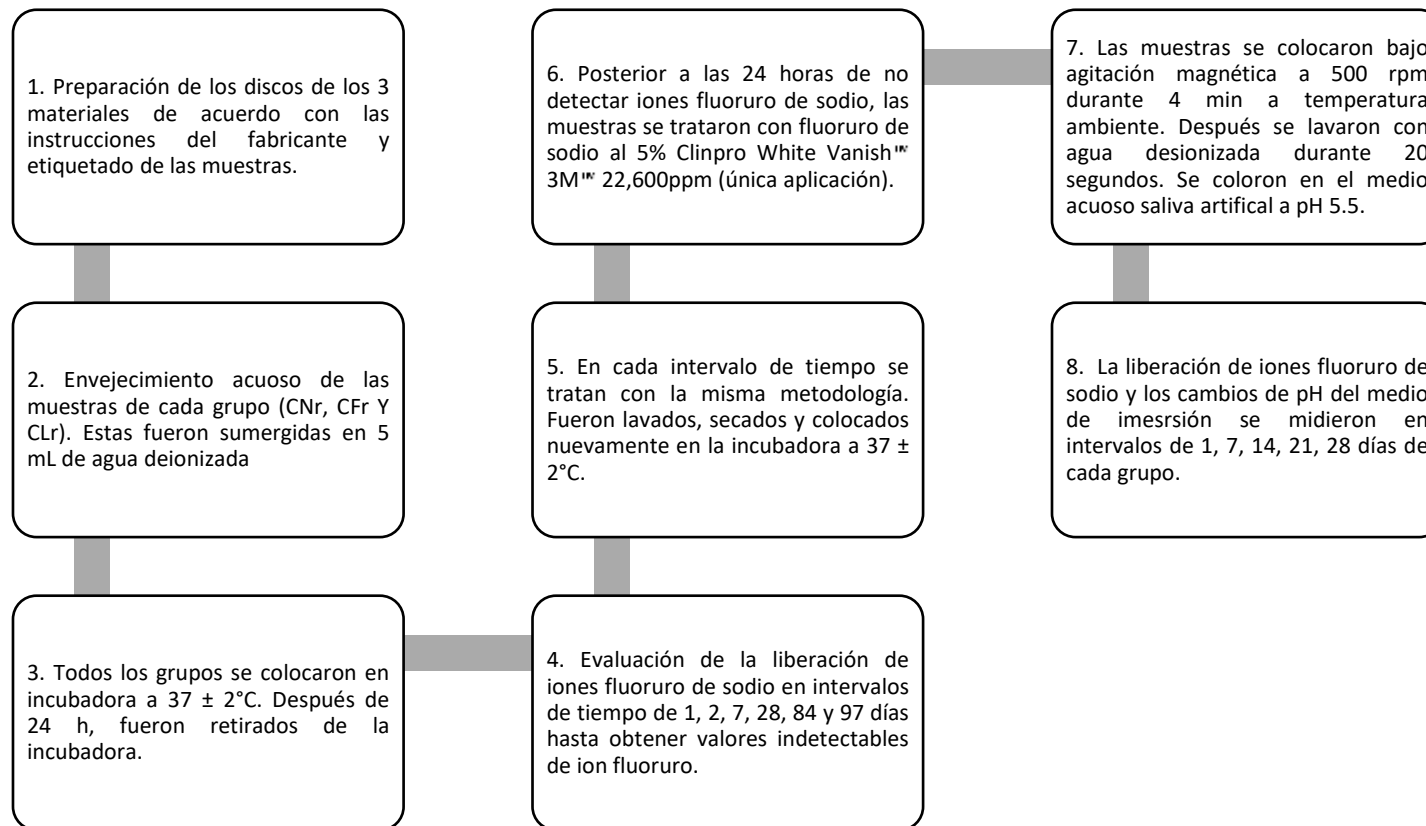


Imagen 12. Diagrama de flujo de metodología.

Fuente propia.

17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de cambios de pH en la saliva artificial y la medición de ion fluoruro de sodio para cada variable se tomaron 3 lecturas, los datos fueron recopilados por medio de una tabla de cálculo diseñada en el programa Microsoft Excel. Los datos fueron capturados en el programa de análisis estadístico con el software JAMOV versión 2.6.24.

La estadística descriptiva de las variables fue con medidas de tendencia central, dispersión y de forma con atención especial a la asimetría y curtosis para determinar la distribución de los datos para las variables cuantitativas. La prueba de normalidad que se realizó fue Shapiro-Wilk, debido a que esta no indicó normalidad, el análisis estadístico se realizó utilizando pruebas no paramétricas. La variable concentración de fluoruro de sodio se comparó entre materiales utilizando Kruskal-Wallis para comparar las diferencias en la concentración de F- entre los diferentes materiales dentales se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$. Se utilizó la media y la desviación estándar para los datos descriptivos. El nivel general de significancia fue de 0,05. Para las diferencias entre grupos se utilizó la prueba Post-Hoc, Dwass-Steel.

18. LOGÍSTICA

Recursos Humanos

Para la presente investigación se requirió de:

- Responsable del proyecto:
- Alumno
- Director de tesis
- Director disciplinario
- Director metodológico
- Asesor externo

Recursos Materiales

- Cention N® (Vivadent-Ivoclar).
- Cention FORTE® (Vivadent-Ivoclar).

- Composite restaurador universal Nano Híbrido (3M Filtek Z250 XT®).
- Espátulas de cemento (VOCO®).
- Aplicador para cápsulas (3M™).
- Amalgamador (Dentsply Sirona ProMix 400™).
- Losetas de papel encerado.
- Agua desionizada.
- Lámpara de fotocurado (3M™ Elipar™ Deep Cure®).
- Saliva artificial a pH 5.5.
- Tubos Falcon.
- Hilo dental (Oral-B pro-salud®).
- Potenciómetro (PHS-3C Digital PH Tester®).
- Electrodo selectivo de iones estándar (Orion 4 STAR® Thermo Scientific ISE Benchtop).
- Incubadora (Binder, modelo BD 115 Standard®).

19. RESULTADOS

Liberación de iones de fluoruro de sodio

Las concentraciones acumuladas de fluoruro de sodio liberado y el cambio de pH en función del tiempo durante el período de observación de 28 días de los materiales

probados en un pH de saliva artificial a pH 5.5 se cuantificaron en Tabla 1. La concentración de fluoruro de sodio liberado fue significativamente más alta en los grupos alcasite CNr en comparación con CFr y el grupo control.

Días	Parámetro	CNr	CFr	CLr
1 día	ppm	0.16 ±0.055	0.1 ±0.06	3.8 ±2.049
	Cambio de pH	5.644 ±0.076	5.526 ±0.015	5.546 ±0.022
7 días	ppm	32.0 ±4.472	18 ±8.367	7.6 ±2.881
	Cambio de pH	5.614 ±0.127	5.528 ±0.03	5.614 ±0.145
14 días	ppm	3.8 ±1.095	2.2 ±0.447	0.46 ±0.195
	Cambio de pH	5.774 ±0.68	5.464 ±0.072	5.476 ±0.025
21 días	ppm	8.4 ±1.517	5.6 ±0.548	0.76 ±0.288
	Cambio de pH	5.714 ±0.469	5.482 ±0.11	5.418 ±0.02
28 días	ppm	20.0 ±0.0	10.0 ±0.0	3.6 ±0.894
	Cambio de pH	5.83 ±0.504	5.576 ±0.009	5.594 ±0.046

Tabla 3. Valores medios de liberación de iones fluoruro de sodio (ppm) y cambio de pH de diferentes subgrupos a los 1, 7, 14, 21 y 28 días, con recarga (r) de gel de NaF al 5%. n = 5, cada valor se midió por triplicado.

Fuente propia.

Todos los grupos experimentales recargados aumentan significativamente la liberación de fluoruro de sodio. Este aumento en la liberación de fluoruro de sodio fue más pronunciado para las muestras de CN de alcasite recargadas con barniz de NaF al 5% Clinpro White Varnish™ 3M™ con 22.600 ppm de fluoruro de sodio,

adicionado con fosfato tricálcico (TCP), que para el material compuesto CFr recargado (Tabla 3). La concentración más alta de ppm de fluoruro de sodio en los materiales fue en el día 7, CNr fue superior con una mediana de 30.00 (Tabla 4).

Ppm de fluoruro	Grupos	N	Mediana	Rango
ppm día 1	Control	5	.20	.4
	CNr	5	.20	.10
	CFr	5	.04	.07
ppm día 7	Control	5	9	.4
	CNr	5	30.00	10
	CFr	5	20.00	20
ppm día 14	Control	5	.40	.5
	CNr	5	3.00	2
	CFr	5	2.00	1
ppm día 21	Control	5	.80	.7
	CNr	5	8.00	3
	CFr	5	6.00	1
ppm día 28	Control	5	3	2
	CNr	5	20.00	0
	CFr	5	10.00	0

Tabla 4. Estadística descriptiva.

Fuente propia.

Tabla 4. Estadística descriptiva de los 3 materiales dentales Control = Filtek z350 3m; CNr = Cention N; CFr = Cention Forte con recarga de NaF al 5% sometidos a pH crítico salival a los días 1, 7, 14, 21 y 28.

La Tabla 5 presenta los resultados de la prueba estadística de Kruskal-Wallis, utilizada para evaluar diferencias significativas entre los tres materiales dentales con recarga de NaF al 5%, sometidos a pH crítico salival, en distintos tiempos de evaluación días 1, 7, 14, 21 y 28.

El valor de chi-cuadrado (χ^2) y el grado de libertad (*gl*) para cada uno de los tiempos evaluados revelan diferencias estadísticamente significativas en la liberación de iones fluoruro de sodio, particularmente a partir del día 7 ($p < 0.05$). En el día 1, el valor de *p* es de 0.030, lo que indica una diferencia significativa inicial en la liberación de fluoruro de sodio entre los materiales. La tendencia se mantiene con valores de *p* decrecientes, alcanzando su mínimo en el día 21 ($p = 0.001$), lo que sugiere una diferencia creciente entre los materiales en la liberación de iones fluoruro de sodio. Estos resultados destacan que la liberación de fluoruro de sodio es dependiente del tiempo y del tipo de material, sugiriendo que ciertos materiales tienen una capacidad superior para liberar fluoruro de sodio bajo condiciones de pH crítico.

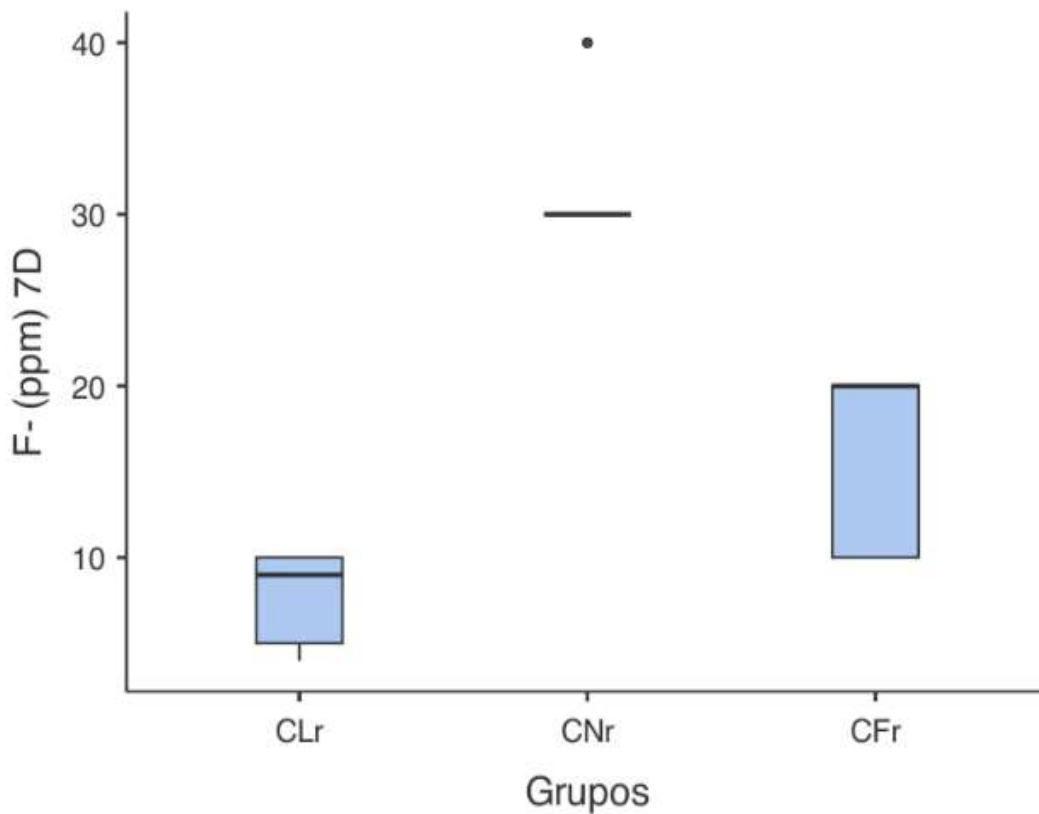
Kruskal-Wallis			
	χ^2	<i>gl</i>	<i>p</i>
F- (ppm) día 1	8.94	2	0.048
F- (ppm) día 7	11.87	2	0.002
F- (ppm) día 14	13.41	2	0.002
F- (ppm) día 21	14.60	2	0.001
F- (ppm) día 28	14.25	2	0.002

Fuente propia.

Tabla 5. Comparación de la capacidad de liberación de iones fluoruro de sodio de los 3 materiales con recarga de NaF al 5% sometidos a pH crítico salival a los días 1, 7, 14, 21 y 28.

La imagen 13 y 14 presentan las comparaciones entre los tres materiales (CNr, CFr y CLr) en los días 7 y 14. La presencia de diferencias estadísticamente significativas indica que en estos días se observaron variaciones importantes en la liberación de fluoruro de sodio entre los grupos.

La imagen 15 y 16 ilustra los resultados correspondientes para los días 21 y 28, donde se mantiene la tendencia observada en la Tabla 5, con diferencias marcadas entre los materiales a medida que avanza el tiempo. En el día 28 se muestran de liberación de fluoruro de sodio es más homogéneos en comparación a los días 7, 14 y 21.



Fuente propia.

Imagen 13. Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en el día 7.

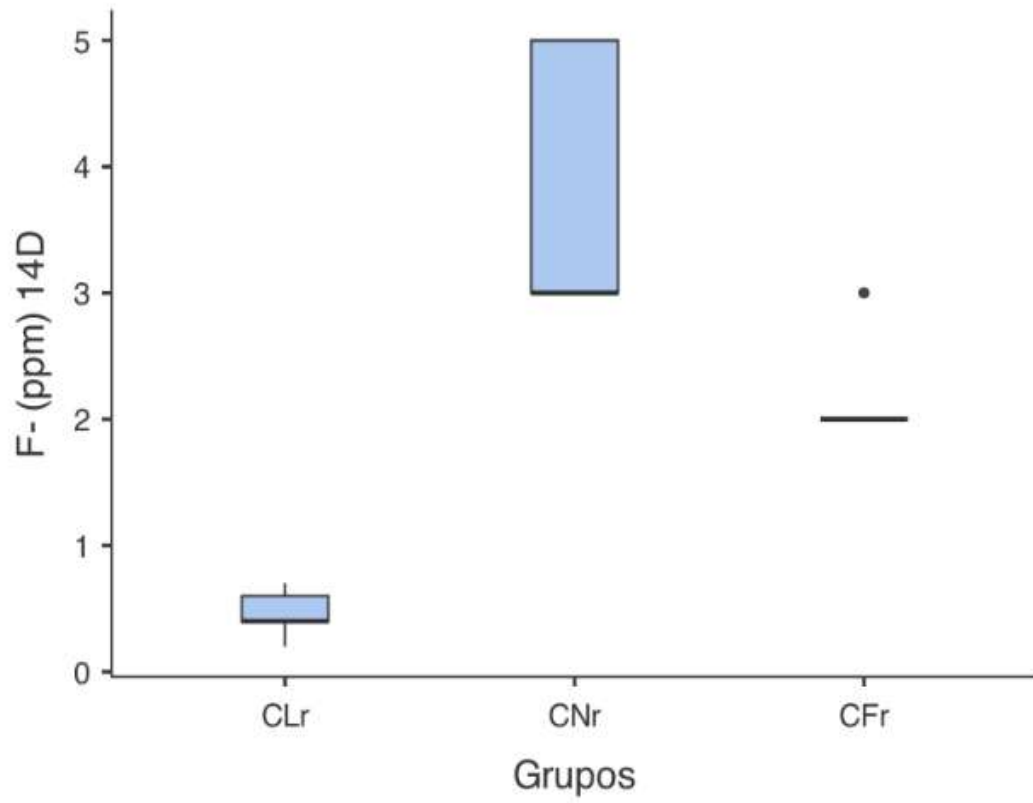


Imagen 14. Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en el día 14. Fuente propia.

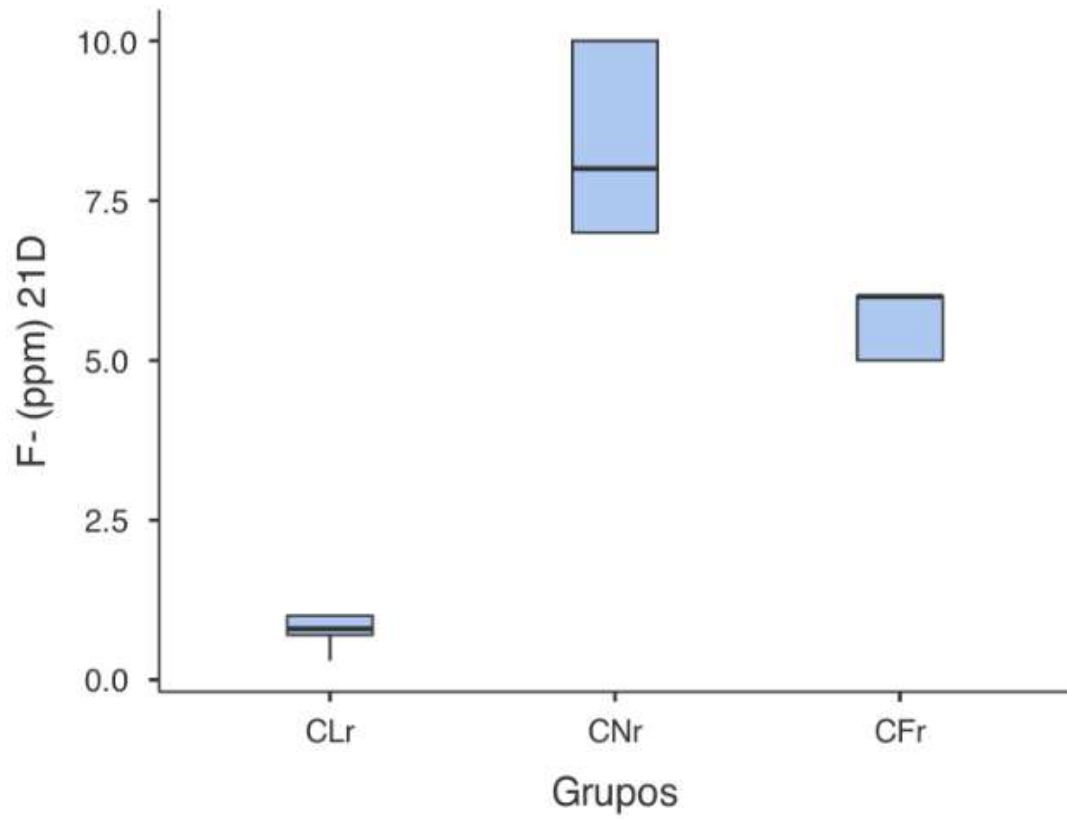


Imagen 15. Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en el día 21.

Fuente propia.

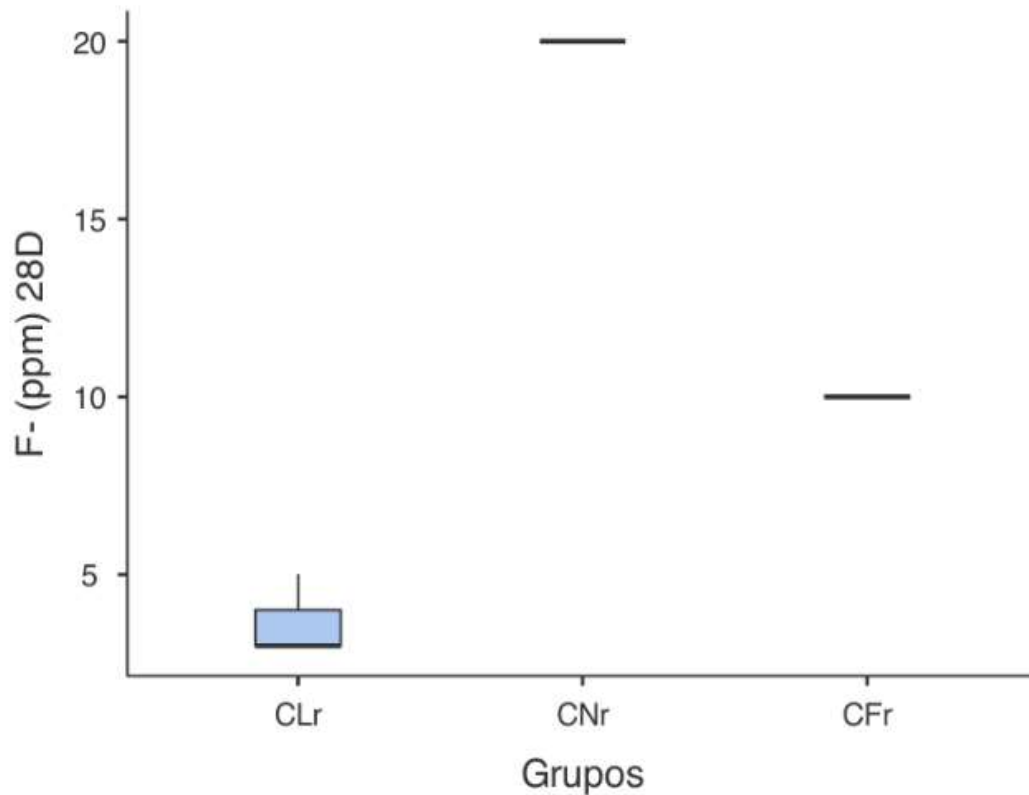


Imagen 16. Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y CLr, en el día 28. Fuente propia.

La Tabla 6 muestra los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a los cambios de pH en la saliva artificial con la exposición a los tres materiales en distintos momentos del estudio.

Se observa que el pH salival presenta diferencias significativas solo en el día 21 ($p = 0.007$). En otros días, los valores de p son superiores a 0.05, lo que sugiere que no hay diferencias significativas en la regulación del pH salival antes o después de este tiempo.

Cambios del pH en la saliva artificial

Kruskal-Wallis			
	χ^2	gl	p
pH día 1	6.08	2	0.048
pH día 7	2.92	2	0.233
pH día 14	2.82	2	0.244
pH día 21	10.06	2	0.007
pH día 28	3.22	2	0.200

Fuente propia.

Tabla 6. Los resultados de la prueba de Kruskal Wallis identificaron efecto de los 3 materiales, sobre los cambios del pH de la saliva artificial a los días 1, 7, 14, 21 y 28 días, con un p valor < 0.05 en el día 21.

La Tabla 7 presenta los resultados de la prueba Post-Hoc, Dwass-Steel para las comparaciones entre parejas para el día 21. Se observa que las diferencias estadísticamente significativas están entre los grupos experimentales contra el grupo control; Control vs. CNr ($p= 0.031$), Control vs. CFr ($p = 0.021$) y CNr vs. CFr ($p = 0.298$), sin diferencias significativas.

Estos resultados indican que los materiales CNr y CFr presentan diferencias significativas respecto al grupo control, lo que sugiere que la adición de fluoruro en estos materiales influye en la regulación del pH salival en el día 21.

Dwass-Steel, Comparaciones entre parejas - pH día 21

		W	p
Control	CNr	3.58	0.031
Control	CFr	3.76	0.021
CNr	CFr	-2.10	0.298

Fuente propia.

Tabla 7. Control = Filtek z350 3m; CNr = Cention N® con recarga de NaF a pH 5.5
CFr = Cention Forte® con recarga de NaF a pH 5.5.

Los resultados de la prueba Post-Hoc Dwass-Steel mostraron que las diferencias se encuentran en entre Cention N® contra el grupo control y Cention Forte contra el grupo control.

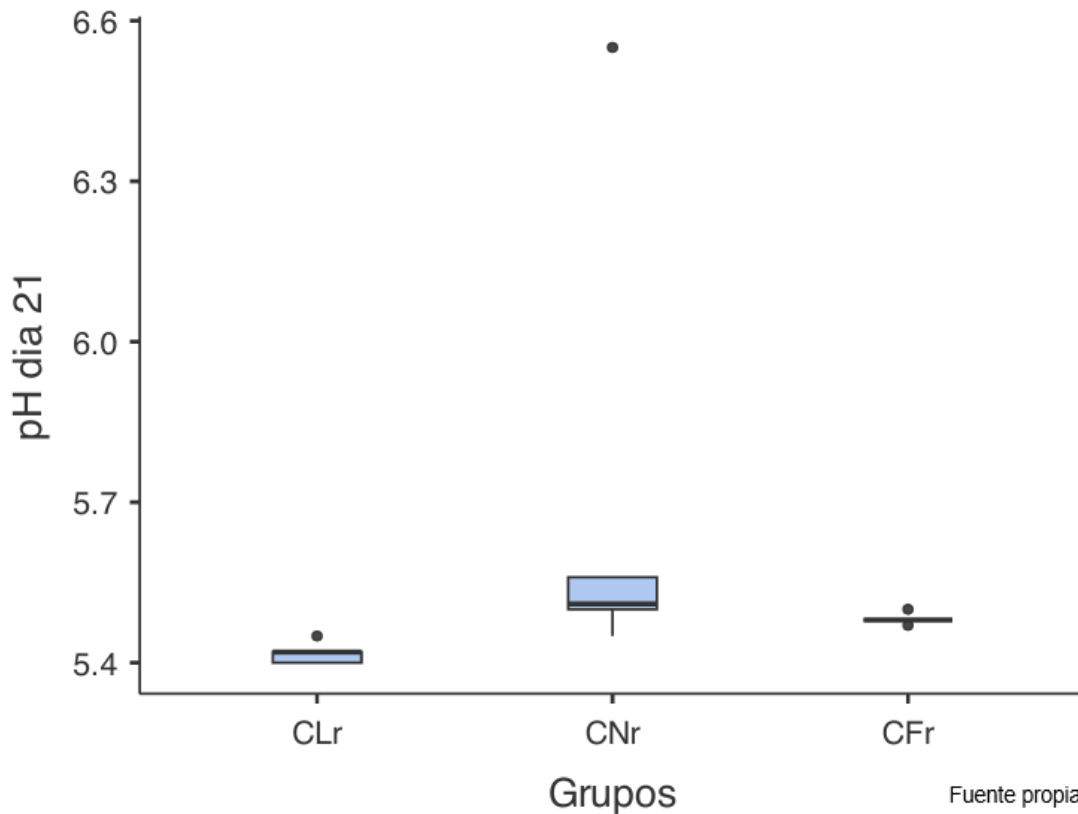


Imagen 17. Diagrama de caja entre los 3 grupos de materiales dentales CNr, CFr y Cr, en el día 21 con respecto a los cambios de pH en saliva artificial.

Efecto del pH sobre la liberación de fluoruro de sodio

Las concentraciones acumuladas de fluoruro de sodio liberado en función del tiempo durante los intervalos de tiempo de 1, 7, 14, 21 y 28 días. Se observaron en los alkasites recargados en pH salival ácido y se presentan en la Tabla 3. La concentración de fluoruro de sodio liberado fue significativamente más alta en los compuestos de alkasites CNr y CFr en medio ácido al día 7.

La imagen 18 muestra cuantitativamente la liberación de fluoruro de sodio debido al medio de pH ácido entre muestras de alkasite recargadas. La presencia de un medio ácido aumenta la concentración de iones de fluoruro de sodio a los 7 días en comparación con el primer día hasta 200 veces y 180 veces, para CNr y CFr, respectivamente. Sin embargo, la concentración acumulada de fluoruro se redujo a los 14 días en 8,4 y 8,2 veces, para CNr y CFr recargados, respectivamente Imagen 18. Estos valores de liberación de iones de fluoruro de sodio aumentan nuevamente

a los 21 días en 2,6 y 2,5 veces, tanto para alcasite CNr y CFr, respectivamente, y un comportamiento similar a los 28 días. La imagen 18 muestra un rango general de factores de aumento de 1,6 a 2,0 por liberación de iones fluoruro para alcasite CNr / CFr en todos los intervalos de tiempo.

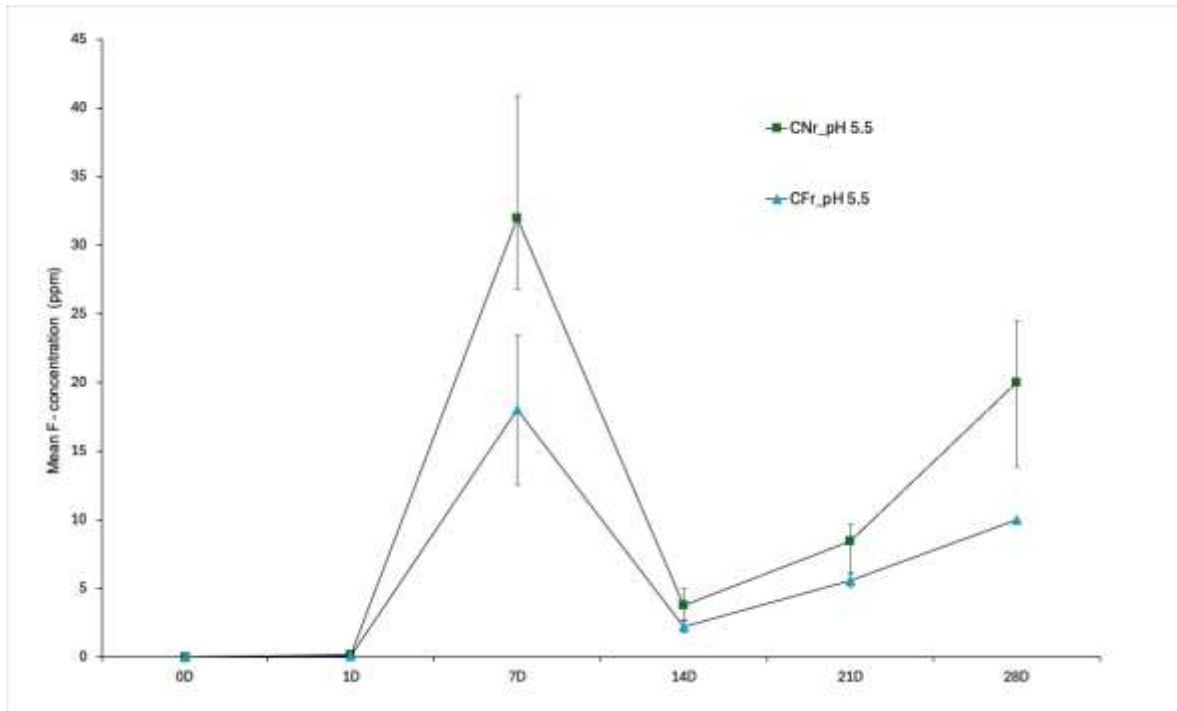


Imagen 18. Concentraciones acumuladas de iones fluoruro de sodio liberados medidas a intervalos de tiempo y en saliva artificial a pH 5.5 Las barras de error indican ± 1 DE. Compuesto de alcasite recargado: Cention N[®] y Cention Forte[®]. Fuente propia.

19. DISCUSIÓN

En la presente investigación se abordó una de las características más destacadas de los materiales de alcasite: su capacidad para liberar y recargar iones de fluoruro de sodio en condiciones ácidas. Este estudio buscó no solo evaluar cuantitativamente la liberación de fluoruro de sodio, sino también explorar el impacto de este proceso en la modulación del pH del medio de inmersión de saliva artificial, un factor crucial en la remineralización dental y la prevención de caries. Para ello, se empleó un protocolo basado en la aplicación de un barniz de fluoruro de sodio al 5% (22,600 ppm), con una simulación de ambiente oral ácido, donde se monitorizaron tanto la liberación de fluoruro de sodio y los cambios en el pH de la saliva artificial a lo largo del tiempo.

Los materiales de alcasite, como Cention N® y Cention Forte®, han sido impulsados como opciones restauradoras innovadoras debido a su bioactividad y capacidad antimicrobiana. Sin embargo, la literatura sugiere que, aunque tienen un potencial significativo para liberar fluoruro de sodio, la duración y eficacia de esta liberación pueden variar ampliamente dependiendo del medio y las condiciones clínicas. En este contexto, esta investigación se centró en determinar cómo la recarga con barniz de fluoruro de sodio al 5% de alta concentración con 22,600 ppm podría potenciar estas propiedades, y de esta forma proporcionar un fundamento sólido para el uso clínico de estos materiales en pacientes con alto riesgo para el desarrollo de caries.

Liberación de iones de fluoruro de sodio

Los resultados de este estudio revelan que los materiales alcasites, como Cention N® y Cention Forte®, demostraron una capacidad significativamente superior para liberar iones de fluoruro de sodio. Este hallazgo concuerda con los resultados obtenidos por Kelić et al. (2023), quienes destacaron que Cention N® liberó mayores concentraciones acumuladas de fluoruro de sodio que otros materiales restauradores como giómeros y el ionómero de vidrio modificado (GIC). La composición química de los alcasites, esta adicionada con rellenos como el fluoruro de Iterbio y el vidrio fluoroaluminosilicato, por esta razón presenta una mayor liberación de iones fluoruro de sodio (28). De manera específica, los resultados

indican que la liberación de fluoruro de sodio en el día 7 se incrementó hasta 200 veces para CNr y 180 veces para CFr en medio ácido, en comparación con los valores iniciales del día 1. Estos patrones de liberación, que incluyen un "efecto de ráfaga" seguido de un descenso y un posterior repunte, han sido documentado en la literatura. Rai et al. (2020) y concuerda con lo descrito en la presente investigación, también señalaron que el Cention N® tiene este comportamiento, destacándose como un material óptimo para situaciones clínicas donde se requiere una liberación sostenida y efectiva de fluoruro de sodio (31). En comparación con otros materiales restauradores, queda en evidencian que la recarga con NaF es más efectiva en los materiales de alcasite, esto coincide con lo reportado por el estudio de Kelic et al. (2023) y Rai et al. (2020), donde se demostró que la capacidad de recarga del Cention N supera significativamente al giómero y al ionómero de vidrio GC Gold Label 9 Extra® (29, 31).

Cambios en el pH y su relación con la liberación de fluoruro de sodio

El presente estudio confirma que la liberación de iones de fluoruro de sodio es altamente dependiente del pH del medio de inmersión. En condiciones de pH ácido 5.5, los materiales restauradores liberaron mayores concentraciones de fluoruro de sodio, lo cual es consistente con lo documentado por Gupta et al. (2019) y otros estudios. Este comportamiento se explica por la mayor solubilidad de los materiales en medios ácidos, que facilita la disolución de los rellenos que contienen fluoruro de sodio (30).

En comparación con estudios previos, nuestra investigación destaca por evaluar el efecto sinérgico entre la recarga de NaF al 5% y la composición bioactiva de Cention N® bajo condiciones ácidas. Estudios como el de Michelli Justen et al. (2024) y Khadatkhar et al. (2024) se centraron en condiciones controladas, mientras que nuestra investigación introdujo un enfoque más clínico al simular un pH salival crítico. Esto aporta evidencia más relevante para el uso práctico de estos materiales en pacientes con alto riesgo cariogénico (32, 33). Los resultados de las Tablas 5, 6 y 7 resaltan la importancia del tiempo en la liberación de fluoruro y en la variación

del pH de la saliva artificial. Se identificaron diferencias significativas entre los materiales, particularmente en la capacidad de liberación de iones fluoruro de sodio y en el efecto sobre el pH en momentos específicos del estudio. Estos hallazgos pueden ser fundamentales para la selección de materiales dentales en función de su desempeño en ambientes con pH crítico.

Además, se confirmó que los alcasites son materiales restauradores con alta liberación de fluoruro de sodio, estos resultados fueron consistentes con el estudio de Michelli Justen et al. (2024), quienes concluyeron que los alcasites representan una opción innovadora con propiedades mecánicas y biológicas superiores a otros materiales bioactivos restauradores (32).

Los alcasites demostraron un impacto considerable en la neutralización del pH debido a su capacidad para liberar iones OH^- junto con iones de fluoruro de sodio, contribuyendo a crear un ambiente menos ácido y más favorable para la remineralización dental. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que subrayan el papel de los alcasites como materiales bioactivos capaces de modular el pH bucal (29).

Comparación con otros materiales

En los resultados obtenidos, se destaca que el control (Filtek Z350®) tuvo una liberación de fluoruro de sodio considerablemente más baja en todos los puntos de tiempo evaluados. Esto es consistente con la literatura existente, donde los compuestos convencionales han demostrado una capacidad limitada para liberar y recargar fluoruro en comparación con los alcasites y los GICs (28). Aunque los cementos de ionómero de vidrio han sido tradicionalmente considerados superiores en la liberación de fluoruro de sodio, estudios recientes como el de Kelić et al. (2021) y el presente trabajo sugieren que los alcasites pueden igualar o incluso superar esta capacidad, especialmente tras la recarga con fluoruro de sodio. Además, los alcasites presentan ventajas adicionales, como una mejor estética y resistencia mecánica, lo que los posiciona como una opción competitiva para restauraciones dentales en pacientes con alto riesgo para el desarrollo de caries (29).

Relevancia clínica

La capacidad de los alcasites para liberar y recargar fluoruro de sodio en medios ácidos tiene implicaciones significativas en el contexto clínico. En pacientes con riesgo elevado de caries, donde el pH oral tiende a ser más bajo, estos materiales podrían ofrecer una protección adicional contra la desmineralización. Además, la posibilidad de recargar estos materiales con fluoruro de sodio amplía su utilidad y longevidad clínica, para asegurar una liberación sostenida a largo plazo. Por otro lado, el impacto positivo de los alcasites en la neutralización del pH, podría contribuir a mantener un ambiente más estable en la cavidad oral, lo que favorecería la remineralización del esmalte dental y reduciría el riesgo de caries secundaria. Esta propiedad los convierte en una opción atractiva para pacientes con condiciones de alto desafío cariogénico.

Limitaciones y línea de investigación futura

A pesar de que los resultados obtenidos en esta investigación son prometedores, existen algunas limitaciones que deben considerarse. En primer lugar, se utilizó saliva artificial para simular el entorno bucal a un pH 5.5. Este valor es tomado como referencia, debido a que es el inicio del proceso de disolución de los prismas del esmalte. Lo anterior no refleja completamente las condiciones clínicas reales. En paciente este valor de pH salival es variable y, es un valor que se regula con la capacidad buffer salival con un periodo de duración corta. Estudios futuros podrían enfocarse en evaluaciones *in vivo* para validar estos resultados en condiciones reales.

Además, se podría explorar la influencia de diferentes protocolos de recarga y distintas concentraciones de fluoruro sobre la liberación de iones fluoruro de sodio. Así como el impacto de otros factores clínicos, como la presencia de placa dental y las variaciones en la composición de la saliva. Otro punto para considerar es el tamaño de muestra del estudio debido a la limitación por la cantidad de Cention Forte. En futuras investigaciones se podría replicar el estudio para realizar una estandarización y disminuir los errores que se pueden tener en un estudio a futuro *in vivo*.

20. CONCLUSIÓN

En conclusión, los alcasites Cention N® y Cention Forte® recargados con NaF al 5%, demostraron una capacidad superior para liberar iones de fluoruro de sodio en comparación con el composite Filtek Z250® en condiciones de pH crítico. Cention N® mostró los niveles más altos de liberación de fluoruro de sodio tras la recarga con barniz de fluoruro de sodio. También se observa que contribuyen a estabilizar y alcalinizar el pH salival.

La relevancia clínica de estos resultados radica en que los alcasites, al ser materiales bioactivos, no solo restauran la estructura dental perdida, sino que también contribuyen activamente al equilibrio del microbioma bucal. Esto se debe a su capacidad para liberar iones fluoruro de sodio, calcio e hidróxido, los cuales, en sinergia, ayudan la remineralización del esmalte y neutralizan los ácidos generados por las bacterias cariogénicas. Además, su acción sinérgica con el fluoruro de sodio al 5% aumenta significativamente su capacidad anticariogénica, reduciendo la incidencia de caries secundaria y promoviendo un entorno bucal saludable en la odontología pediátrica.

21. IMPLICACIONES BIOÉTICAS

Esta investigación se realizó siguiendo los lineamientos de la International Organization for Standardization (ISO), para el análisis de la concentración de fluoruro en disoluciones acuosas mediante el uso de electrodo selectivo de iones fluoruro (ISO 19448:2018) y de acuerdo con la norma: (NOM-018-STPS-2000) Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. La presente investigación no representa un riesgo, además, se ajusta a los lineamientos establecidos por el comité de Investigación Facultad de Estomatología de la BUAP CIFE.

23. RECURSOS FINANCIEROS

Los recursos financieros fueron proporcionados por la beca CONACYT, con el apoyo de proyecto VIEP-2025 (ID: 00507-PV/2025, "Evaluación de fluoruro, pH y propiedades mecánicas de materiales dentales con recarga de NaF") secretaria de investigación y estudios de posgrado y por el investigador.

24. BIBLIOGRAFÍA

1. Derchi G, Marchio V, Giuca MR, Lardani L. Clinical Performance of Cention™ Alkasite Restorative Material vs. Glass Ionomer Cement Used in Deciduous Teeth: One-Year Evaluation. *Applied Sciences*. 2022 Oct 26;12(21):10845.
2. Gupta N, Jaiswal S, Nikhil V, Gupta S, Jha P, Bansal P. Comparison of fluoride ion release and alkalizing potential of a new bulk-fill alkasite. *Journal of Conservative Dentistry*. 2019;22(3):296.
3. Talwar M, Tewari A, Chawla H, Sachdev V, Sharma S. Fluoride concentration in saliva following professional topical application of 2% sodium fluoride solution. *Contemp Clin Dent*. 2019 Jul 1;10(3):423–7.
4. Documentación Ivoclar-Vivadent Cention Forte & Cention Primer. [bing.com/ck/a?!&&p=009b45b41338a607e786b9b6c9ca17a1198a84c03c6494f679b7514e0060673dJmltdHM9MTc0MTU2NDgwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1abb7c86-8de2-6fb8-338f-6e848ca36e99&psq=Cention®+Forte+INSTRUCTIVO&u=a1aHR0cHM6Ly9pY2RILWZyLml2b2NsYXluY29tL3pzb2x1LXdIYnNpdGUvbWVkaWEvZG9jdW1lbnQvNTY3OTlvQ2VudGlvbitGb3J0ZSsIMjYrQ2VudGlvbitQcmltZXI&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=009b45b41338a607e786b9b6c9ca17a1198a84c03c6494f679b7514e0060673dJmltdHM9MTc0MTU2NDgwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=1abb7c86-8de2-6fb8-338f-6e848ca36e99&psq=Cention®+Forte+INSTRUCTIVO&u=a1aHR0cHM6Ly9pY2RILWZyLml2b2NsYXluY29tL3pzb2x1LXdIYnNpdGUvbWVkaWEvZG9jdW1lbnQvNTY3OTlvQ2VudGlvbitGb3J0ZSsIMjYrQ2VudGlvbitQcmltZXI&ntb=1)
5. Mohammadi N, Kimyai S, Lahij YG, Bahari M, Ajami AA, Kahnamouei MA, et al. Correction to: Comparison of the effect of bleaching with 15% carbamide peroxide and 35% hydrogen peroxide on flexural strength of cention n in self-cured and dual-cured polymerization modes (J Dent Res Dent Clin Dent Prospects 2020; 14 (2): 105-109). Vol. 14, *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. Tabriz University of Medical Sciences; 2020. p. 262.
6. Karakaş SN, Küden C. AFM and SEM/EDS characterization of surfaces of fluorine-releasing bulk-fill restorative materials aged in common liquids. *J Oral Sci*. 2022 Jul 1;64(3):202–7.
7. Bienek DR, Giuseppetti AA, Skrtic D. Amorphous Calcium Phosphate as Bioactive Filler in Polymeric Dental Composites [Internet]. 200AD. Available from: www.intechopen.com

8. Adsul PS, Dhawan P, Tuli A, Khanduri N, Singh A. Evaluation and comparison of physical properties of Cention N with other restorative materials in artificial Saliva: An In Vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2022 May 1;15(3):350–5.
9. Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: A review and a proposal for classification. Vol. 13, *Materials*. MDPI AG; 2020.
10. Uso de Barniz con *f*-TCP y flúor Clinpro™ White Varnish [Caso Clínico] [Internet]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/306400169>
11. Yin IX, Yu OY, Zhao IS, Mei ML, Li QL, Tang J, et al. Inhibition of dentine caries using fluoride solution with silver nanoparticles: An in vitro study. *J Dent*. 2020 Dec 1;103.
12. Baik A, Alamoudi N, El-Housseiny A, Altuwirqi A. Fluoride varnishes for preventing occlusal dental caries: A review. Vol. 9, *Dentistry Journal*. MDPI AG; 2021.
13. Hicks MJ, Catherine CM, Flaitz M, Silverstone LM, Hicks MJ. Initiation and Progression of Caries-Like Lesions of Enamel: Effect of Periodic Treatment with Synthetic Saliva and Sodium Fluoride. Vol. 19, *Basic Science Caries Res*. 1985.
14. Enamel structure and the caries process [Internet]. Available from: http://meridian.allenpress.com/jcpd/article-pdf/28/2/119/1746640/jcpd_28_2_617404w302446411.pdf
15. Biological factors in dental caries.
16. Ten Cate JM, Featherstone JDB. Mechanistic aspects of the interactions between fluoride and dental enamel. Vol. 2, *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*. 1991. p. 283–96.
17. Philip N. State of the Art Enamel Remineralization Systems: The Next Frontier in Caries Management. *Caries Res*. 2019 Apr 1;53(3):284–95.
18. LeBel G, Vaillancourt K, Morin MP, Grenier D. Antimicrobial Activity, Biocompatibility and Anti-inflammatory Properties of Cetylpyridinium Chloride-based Mouthwash Containing Sodium Fluoride and Xylitol: An In Vitro Study. *Oral Health Prev Dent* [Internet]. 2020;18(1):1069–76. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33499560>

19. Kushwah J, Ron A, Khullar S, Singh S, Kuppusamy K, Pachore PJ. Comparing the Antibacterial Efficacy of Nanosilver vs Traditional Fluoride Varnishes in Caries Prevention. *J Pharm Bioallied Sci* [Internet]. 2024 Dec;16(Suppl 4):S3485–7. Available from: https://journals.lww.com/10.4103/jpbs.jpbs_997_24
20. Alessa N, Bidyasagar Bal SC, Beegum F, Habibullah MA, Farhan M, Almunashri AA, et al. Assessment of Antibacterial Effectiveness of SDF and Fluoride Varnish Agents for Application in Pediatric Dentistry. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024 Feb 1;16:S723–6.
21. Yan J, Cao L, Luo T, Qin D, Hua F, He H. In vitro evaluation of a novel fluoride-coated clear aligner with antibacterial and enamel remineralization abilities. *Clin Oral Investig*. 2023 Oct 1;27(10):6027–42.
22. Schipper RG, Silletti E, Vingerhoeds MH. Saliva as research material: Biochemical, physicochemical and practical aspects. Vol. 52, *Archives of Oral Biology*. 2007. p. 1114–35.
23. Dawes C, Pedersen AML, Villa A, Ekström J, Proctor GB, Vissink A, et al. The functions of human saliva: A review sponsored by the World Workshop on Oral Medicine VI. Vol. 60, *Archives of Oral Biology*. Elsevier Ltd; 2015. p. 863–74.
24. Pernot E, Cardis E, Badie C. Usefulness of saliva samples for biomarker studies in radiation research. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. 2014 Dec 1;23(12):2673–80.
25. Lamy E, Capela-Silva F, Tvarijonavičiute A. Research on Saliva Secretion and Composition. Vol. 2018, *BioMed Research International*. Hindawi Limited; 2018.
26. Farooq I, Bugshan A. The role of salivary contents and modern technologies in the remineralization of dental enamel: A review. *F1000Res*. 2020;9.
27. Huang CM. Comparative proteomic analysis of human whole saliva. *Arch Oral Biol*. 2004 Dec;49(12):951–62.
28. Kelić M, Kilić D, Kelić K, Šutej I, Par M, Peroš K, et al. The Fluoride Ion Release from Ion-Releasing Dental Materials after Surface Loading by Topical Treatment with Sodium Fluoride Gel. *J Funct Biomater*. 2023 Feb 1;14(2).

29. Kelić K, Par M, Peroš K, Šutej I, Tarle Z. Fluoride-Releasing Restorative Materials: The Effect of a Resinous Coat on Ion Release. *Acta Stomatol Croat.* 2021;54(4):371–81.
30. Gupta N, Jaiswal S, Nikhil V, Gupta S, Jha P, Bansal P. Comparison of fluoride ion release and alkalizing potential of a new bulk-fill alkasite. *J Conserv Dent [Internet].* 2019 [cited 2023 Jun 24];22(3):296. Available from: /pmc/articles/PMC6632620/
31. Rai S, Anitha Kumari R, Meena N. Comparative assessment of fluoride release and recharge through newer fluoride releasing posterior restorative materials: An in vitro study. *J Conserv Dent [Internet].* 2019 Nov 1 [cited 2023 Jun 24];22(6):544. Available from: /pmc/articles/PMC7542068/.
32. Michelli Justen, Débora Scheck, Eliseu Aldrighi Münchow, Juliana Jobim Jardim, Is Cention-N comparable to other direct dental restorative materials A systematic review with network meta-analysis of in vitro studies, *Dental Materials*, Volume 40, Issue 9, 2024, Pages 1341-1352, ISSN 0109-5641, <https://doi.org/10.1016/j.dental.2024.06.014>.
33. Khadatkar P, Niranjan B, Bansal A, Sundaramurthy S, Choudhary K, Sijeria P. A comparative evaluation of fluoride release and rechargeability in conventional GIC (type II), pediatric GIC (type IX), and Cention-N: an in vitro study. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2024 Apr;25(2):161-168. doi: 10.1007/s40368-023-00856-5. Epub 2024 Feb 9. PMID: 38334867.

25. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de composición química de Cention N® y Cention Forte®.

Material	Presentación	Composición
Cention N®	Líquido	Dimetacrilato de uretano UDMA, Dimetacrilato de tetrametil-xilileno-diuretano UDMA aromático alifático, PEG-400.
Cention N®	Polvo	Relleno inorgánico 78.4%: Silicato de bario, aluminio, trifluoruro de iterbio, isofiller. Relleno alcalino 24.5%: Fluorurosilicato de calcio.
Cention Forte®	Cápsula	Vidrio fluoro-silicato de calcio, vidrio de silicato de bario-aluminio, vidrio de fluorosilicato de copolímero de Ca-Ba-Al, UDMA alifático aromático, trifluoruro de iterbio, DCP, PEG-400-DMA.

Anexo 2. Tabla de composición química del fluoruro de sodio al 5% Clinpro de 3M®.

Material	Presentación	Composición
Clinpro®	Barniz	fluoruro de sodio al 5%, fosfato tricálcico (TCP), xilitol, colofonia, ácido fumárico.

Anexo 3. Tabla de procesamiento y tiempo de trabajo establecida por el fabricante de Cention N® y Cention Forte®.

Material	Tiempo de mezclado a 23°C	Tiempo de trabajo	Tiempo de fraguado
Cention N®	45-60 segundos	3 minutos	5 minutos desde el inicio de la mezcla
Cention Forte®	3 minutos desde el inicio de la mezcla	17 segundos a 4500 rpm	6:30 minutos auto polimerización

Anexo 4. Tabla de indicaciones, contraindicaciones de Cention N® y Cention Forte®.

Material	Indicaciones	Contraindicaciones
Cention N®	Restauraciones en cavidades Clase I, II y V (permanentes y temporales).	Alergia a los componentes, campo de trabajo seco no posible, uso sin adhesivo en cavidades específicas.
Cention Forte®	Restauraciones directas en dientes anteriores y posteriores, liberación de fluoruro, calcio y iones hidróxido.	Alergia a componentes, no usar como material de recubrimiento pulpar directo, o en casos de técnica inadecuada.

Anexo 5. Tablas para la medición de ion fluoruro de sodio en cada grupo de materiales.

Tabla 1 Concentración de iones fluoruro de sodio a pH 5.5

	Envejecimiento							Recarga de fluoruro				
Días	0	1	2	7	28	84	168	1	7	14	21	28
Cr5												
\bar{x}												
CNr5												
\bar{x}												
CFr5												
\bar{x}												

Anexo 6. Tablas de medición de pH en cada uno de los grupos.

Tabla 2 Cambios de pH de los grupos

	Envejecimiento							Recarga de fluoruro				
Días	0	1	2	7	28	84	168	1	7	14	21	28
Cr5												

\bar{x}												
C Nr5												
\bar{x}												
C Fr5												
\bar{x}												