



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE ODONTOLOGÍA**

Tesis

Solubilidad de cementos de silicato de calcio: cemento portland blanco,
mineral trióxido agregado y biodentine según tiempo

Para optar el Título Profesional de
Cirujano Dentista

Presentado por:

Autora: Deza Castañeda, Ingrid Nicole

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3778-2199>

Asesora: Dra. Morante Maturana, Sara Angélica

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9715-728X>

Lima – Perú

2026

	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01	FECHA: 08/11/2022

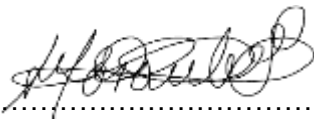
Yo, DEZA CASTAÑEDA, INGRID NICOLE egresado de la Facultad de **Ciencias de la Salud** y Programa Académico de **Odontología** de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo de investigación “SOLUBILIDAD DE CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO Y BIODENTINE SEGÚN TIEMPO.” Asesorado por el docente: MG. SARA AGELICA MORANTE MATURANA DNI 10138106 ORCID 0009-0007-3778-2199 tiene un índice de similitud de (4) (CUATRO) % con código ODI 14912:598527839 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.


.....
Firma de autor 1
Ingrid Nicole Deza Castañeda
DNI: 76589827

.....
Firma de autor 2
DNI:


.....
Firma
Sara Angélica Morante Maturana
DNI: 10138106

Lima, 08 de julio de 2026

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a mis padres y hermanos, por su amor, apoyo incondicional y por acompañarme en cada etapa de mi vida. Gracias por ser mi inspiración y enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible.

A mi Mechita, que donde se encuentre sé que se sentirá orgullosa de verme alcanzar una meta más y culminar este largo camino.

Y a Zaffi e Idara, por llenar mis días de alegría, compañía y tranquilidad en los momentos más difíciles. Este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios y a mi familia, especialmente a mis padres y hermanos, por su amor, apoyo y confianza incondicional durante toda mi formación profesional.

A mis docentes y asesores, por compartir sus conocimientos, orientación y motivación a lo largo del desarrollo de esta tesis.

También agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, me brindaron su apoyo y contribuyeron a la culminación de esta importante etapa de mi vida profesional.

ÍNDICE

Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Índice	IV
Índice de Tablas	V
Índice de Gráficos	VI
Resumen	VII
Abstract	VIII
Introducción	IX
 CAPÍTULO I. PROBLEMA	 1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	2
1.2.1 Problema General	2
1.2.2 Problema Específico	2
1.3 Objetivo de la Investigación	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específico	3
1.4 Justificación de la Investigación	3
1.4.1 Justificación Teórica	3
1.4.2 Justificación Metodológica	3
1.4.3 Justificación Práctica	4
1.5 Limitaciones de la Investigación	4
1.5.1 Temporal	4
1.5.2 Espacial	4
1.5.3 Población o Unidad de Análisis	4
 CAPITULO II MARCO TEÓRICO	 5
2.1 Antecedentes	5
2.1.1 Antecedentes Internacionales	5
2.2 Base Teórica	8
2.2.1 Cemento de Silicato de Calcio	8
2.2.2 MTA	8
2.2.3 Biodentine ®	9
2.2.4 Aplicación de Uso Clínico de los CSC	10
2.2.4.1 Recubrimiento Pulpar	10

2.2.4.2 Terapia pulpar Vital	10
2.2.4.3 Apexificación	10
2.2.4.4 Regeneración Ósea y Bioactividad	11
2.2.4.5 Perforaciones Radiculares	11
2.3 Formulación de Hipótesis	12
2.3.1 Hipótesis General	12
2.3.2 Hipótesis Específicas	12
 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	 13
3.1 Método de Investigación	13
3.2 Enfoque de la Investigación	13
3.3 Tipo de Investigación	13
3.4 Diseño de Investigación	13
3.5 Población, Muestra y Muestreo	14
3.5.1 Población	14
3.5.1.1 Criterios de Inclusión	15
3.5.1.2 Criterios de Exclusión	16
3.6 Matriz y Operacionalización	17
3.7 Técnicas e Instrumentación de Recolección de Datos	18
3.7.1 Técnica	18
3.7.2 Procedimiento	18
3.7.2.1 Elaboración de Discos Experimentales	18
3.7.2.2 Pulido de Discos Experimentales	18
3.7.2.3 Almacenamiento de las Muestras	19
3.7.2.3 Análisis de la Solubilidad	19
3.7.3 Descripción de Instrumentos	20
3.7.4 Validación Metodológica	20
3.7.5 Confiabilidad	20
3.8 Procesamiento y Análisis de Datos	21
3.9 Aspectos Éticos	22
 CAPITULO IV: PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	 24
4.1 Resultados	24
4.2 Discusión	30

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1 Conclusiones	33
5.2 Recomendaciones	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	41
Anexo 1 Matriz de Consistencia	42
Anexo 2 Instrumento de Recolección de Datos	43
Anexo 3 Validez del Instrumento	44
Anexo 4 Confiabilidad del Instrumento	46
Anexo 5 Aprobación de Comité de Ética	47
Anexo 6 Formato de Consentimiento Informado	48
Anexo 7 Carta de Aprobación de la Aprobación	49
Anexo 8 Informe del Asesor de Tesis	50
Anexo 9 Fotos del Procedimiento	51
Anexo 10 Informe de Turnitin	53

RESUMEN

El objetivo del estudio tuvo como **objetivo** determinar y comparar la solubilidad del cemento Portland blanco, Mineral Trioxide Aggregate (MTA) y Biodentine® a las 24 y 48 horas.

Materiales y métodos: Se ejecutó un modelo experimental en entorno in vitro, mediante el cual se elaboraron discos de cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® (n=10 por grupo), siguiendo la norma ISO 9917:2013. Las muestras fueron pesadas inicialmente y posteriormente expuestas al hipoclorito de sodio en una concentración al 2,5 %, bajo 37 °C durante 24 y 48 horas. Luego de la inmersión, las muestras fueron secadas en desecador y pesadas nuevamente para calcular el porcentaje de solubilidad. El análisis estadístico incluyó prueba de Shapiro–Wilk, ANOVA por una vía y post hoc de Tukey ($\alpha=0.05$). **Resultados:** Biodentine® mostró el nivel más bajo en solubilidad a las 24 h ($0.83 \pm 0.03\%$) y 48 h ($0.84 \pm 0.02\%$), seguido por MTA ($1.45 \pm 0.07\%$ y $1.74 \pm 0.13\%$) y cemento Portland blanco ($2.30 \pm 0.36\%$ y $2.81 \pm 0.40\%$), con diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$). **Conclusión:** Biodentine® mostró la menor solubilidad en ambos tiempos de evaluación. Aunque el cemento Portland blanco presentó valores más altos, todos los materiales evidenciaron niveles dentro de los rangos permitidos bajo las normas ISO.

Palabras clave: Solubilidad, Cementos dentales, Silicatos de calcio, Materiales endodónticos.

ABSTRACT

Objective: To determine and compare the solubility of white Portland cement, Mineral Trioxide Aggregate (MTA), and Biodentine® at 24 and 48 hours. **Materials and methods:** An in vitro experimental model was implemented, in which discs of white Portland cement, MTA, and Biodentine® were prepared (n=10 per group), following ISO 9917:2013. The samples were initially weighed and subsequently exposed to sodium hypochlorite at a concentration of 2.5% at 37 °C for 24 and 48 hours. After immersion, the samples were dried in a desiccator and weighed again to calculate the percentage of solubility. Statistical analysis included the Shapiro-Wilk test, one-way ANOVA, and Tukey's post-hoc test ($\alpha=0.05$). **Results:** Biodentine® showed the lowest solubility at 24 h ($0.83 \pm 0.03\%$) and 48 h ($0.84 \pm 0.02\%$), followed by MTA ($1.45 \pm 0.07\%$ and $1.74 \pm 0.13\%$) and white Portland cement ($2.30 \pm 0.36\%$ and $2.81 \pm 0.40\%$), with statistically significant differences ($p < 0.05$). **Conclusion:** Biodentine® showed the lowest solubility at both evaluation times. Although white Portland cement presented higher values, all materials evaluated remained within the acceptable limits established by ISO standards.

Keywords: Solubility, Dental cements, Calcium silicates, Endodontic materials.

INTRODUCCIÓN

En la odontología contemporánea, los cementos de silicato de calcio (CSC) representan biomateriales de gran importancia en procedimientos endodónticos debido a sus propiedades bioactivas, biocompatibilidad y capacidad de sellado. Entre los materiales más utilizados destacan el Mineral Trioxide Aggregate (MTA), Biodentine® y el cemento Portland blanco, los cuales han demostrado resultados clínicos favorables en terapias pulpares, reparación de perforaciones radiculares, apexificación y cirugía periapical.

Una de las propiedades fisicoquímicas más relevantes de estos materiales es la solubilidad, ya que influye directamente en la estabilidad dimensional y en la capacidad de sellado apical. Un material con elevada solubilidad puede presentar pérdida de masa y deterioro estructural, favoreciendo la filtración bacteriana y comprometiendo el éxito clínico del tratamiento endodóntico. Por ello, la evaluación de esta propiedad constituye un aspecto fundamental en la selección de biomateriales utilizados en odontología restauradora y endodoncia.

Actualmente, el hipoclorito de sodio es uno de los irrigantes más empleados en la práctica clínica debido a su acción antimicrobiana y capacidad de disolución tisular. Sin embargo, su interacción con los cementos de silicato de calcio puede modificar sus propiedades fisicoquímicas, especialmente la solubilidad, afectando potencialmente su comportamiento clínico. A pesar de los avances en biomateriales endodónticos, existe limitada evidencia comparativa sobre el comportamiento de estos cementos bajo condiciones que simulan el entorno clínico, particularmente en estudios desarrollados en Latinoamérica.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar y comparar la solubilidad del cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® a las 24 y 48 horas mediante un modelo experimental in vitro utilizando hipoclorito de sodio al 2,5 %. Los hallazgos obtenidos permitirán aportar evidencia científica relevante para la selección de biomateriales con mejores propiedades fisicoquímicas y potencial aplicación clínica en procedimientos endodónticos.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En el contexto actual de la odontología, el uso de biomateriales en endodoncia constituye un pilar fundamental para el éxito de los tratamientos clínicos, especialmente en procedimientos como la cirugía periapical, reparación de perforaciones y obturación retrógrada. En este escenario, los cementos de silicato de calcio (CSC), como el Mineral Trioxide Aggregate (MTA), el Biodentine® y el cemento Portland blanco, han demostrado propiedades favorables como biocompatibilidad, capacidad de sellado y bioactividad, lo que ha promovido su uso creciente en la práctica clínica (1–3).

No obstante, una de las propiedades fisicoquímicas más críticas que influye directamente en el desempeño clínico de estos materiales es la solubilidad, la cual se relaciona estrechamente con la estabilidad dimensional y la capacidad de sellado apical. Un material con alta solubilidad puede presentar pérdida de masa, comprometiendo su integridad estructural y favoreciendo la filtración microbiana, lo que incrementa el riesgo de fracaso del tratamiento endodóntico (4).

A nivel internacional, diversos estudios han evidenciado que los CSC presentan en general baja solubilidad y cumplen con los estándares establecidos por normas como la ISO 6876. Sin embargo, los resultados varían dependiendo de la composición del material, el tamaño de partícula, la presencia de agentes radiopacos y las condiciones experimentales en las que son evaluados (5). Además, la mayoría de las investigaciones han sido realizadas en condiciones ideales utilizando agua destilada, lo cual no representa completamente el entorno clínico real.

En la práctica clínica, los cementos endodónticos se encuentran expuestos a diferentes agentes irrigantes, siendo el hipoclorito de sodio uno de los más utilizados debido a su acción antimicrobiana y capacidad de disolución de tejidos (6). No obstante, la interacción de estos materiales con soluciones como el hipoclorito de sodio puede alterar sus propiedades fisicoquímicas, especialmente la solubilidad, lo que podría influir en su comportamiento clínico (7,8).

En América Latina y particularmente en Perú, la investigación sobre biomateriales endodónticos aún es limitada, especialmente en lo que respecta a la evaluación de sus propiedades bajo condiciones que simulan el entorno clínico. Si bien el MTA es considerado el material de referencia, su alto costo y ciertas limitaciones clínicas han impulsado la búsqueda de alternativas como el Biodentine® y el cemento Portland blanco. Sin embargo, existe escasa

evidencia comparativa que permita establecer diferencias claras en su comportamiento frente a la solubilidad en condiciones clínicas simuladas(8,9).

Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar investigaciones que permitan comparar el comportamiento de estos materiales, contribuyendo a la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia científica. En este sentido, resulta pertinente evaluar y comparar la solubilidad del cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® en diferentes tiempos de exposición y bajo condiciones que simulan el entorno clínico, como la inmersión en hipoclorito de sodio(9,10).

Por lo tanto, surge la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es la diferencia en el nivel de solubilidad del cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® a las 24 y 48 horas, cuando son expuestos a hipoclorito de sodio al 2,5 % en condiciones in vitro?

1.2Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el nivel de solubilidad del cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® a las 24 y 48 horas?

1.2.2 Problema Específicos

1. ¿Cuál es el nivel de solubilidad del cemento Portland blanco a las 24 horas y 48 horas?
2. ¿Cuál es el nivel de solubilidad del MTA a las 24 horas y 48 horas?
3. ¿Cuál es el nivel de solubilidad del Biodentine® a las 24 horas y 48 horas?
4. ¿Cuál es la diferencia del nivel de solubilidad de tres materiales endodónticos: cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® a los 24 y 48 horas?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar el nivel de solubilidad del cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® a las 24 y 48 horas.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el nivel de solubilidad del cemento Portland blanco a las 24 y 48 horas.
2. Evaluar el nivel de solubilidad del MTA a las 24 y 48 horas.
3. Evaluar el nivel de solubilidad del Biodentine® a las 24 y 48 horas.
4. Comparar los niveles de solubilidad del cemento Portland blanco, MTA y Biodentine®.

1.4 Justificación de la Investigación

1.4.1 Justificación Teórica

Es de relevancia científica porque se propone investigar al nuevo material Cemento Portland una propuesta a nivel comparativa a los cementos comerciales Biodentine y MTA que puede ofrecer una mayor bondad química respecto a la solubilidad frente a soluciones a soluciones irrigantes de hipoclorito de sodio pudiendo llegar a obtener buenos resultados experimentales y estudios clínicos futuros.

1.4.2 Justificación Metodológica

Presenta una relevancia metodológica, ya que busca encontrar demostrar la respuesta positiva en cuanto a estabilidad ante la solubilidad de un material experimental formulado con silicato de calcio frente a los cementos comerciales MTA y Biodentine presentes en el mercado peruano. A su vez poder establecer protocolos de laboratorios para la evaluación de la solubilidad y poder identificar sus propiedades de solubilidad pudiendo ser contrastados con otros estudios internaciones; además poder generar más evaluaciones en diferentes cementos dentales en diferentes periodos de tiempo, condiciones ambientales y soluciones irrigantes.

1.4.3 Justificación Práctica

Este estudio posee relevancia clínica y social, ya que contribuye, junto con investigaciones previas, a la evaluación de propuestas terapéuticas alternativas que favorecen el avance de la práctica odontológica. Asimismo, permite brindar a la comunidad odontológica y a los pacientes estrategias de tratamiento con propiedades mejoradas, enfocadas en maximizar los resultados clínicos y el bienestar de los pacientes sometidos a rehabilitación endodóntica.

1.5 Limitaciones de la Investigación

1.5.1 Temporal:

La fase de desarrollo y ejecución del proyecto se efectuó dentro del lapso comprendido entre el periodo abril a mayo del 2025.

1.5.2 Espacial:

La investigación correspondiente al proyecto se realizó en el laboratorio de ensayo mecánico High Technology, ubicado en Lima - Perú.

1.5.3 Población o Unidad de Análisis:

La investigación fue llevada a cabo en marcas comerciales de productos dentales que posteriormente se preparan los discos de cementos de silicato para su posterior análisis de laboratorio.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Eren SK et al. (10) En Turquía **2022**, analizaron la estabilidad cromática, solubilidad y las características superficiales de tres cementos de CSC tras su inmersión en distintas soluciones. Para ello, se emplearon muestras de agregado de MTA - ProRoot, Biodentine® y EndoSequence Root Repair Material (ERRM), las cuales fueron confeccionadas en moldes cilíndricos y almacenadas a 37 °C durante 24 horas. Posteriormente, las muestras se sumergieron en agua destilada, hipoclorito de sodio (NaOCl) a una concentración del 5%, clorhexidina en concentración del 2% y clorhidrato octenidina (OCT) al 0,1% por un período de 24 horas. Los cambios de color fueron evaluados mediante espectrofotometría, mientras que la solubilidad se determinó utilizando una balanza analítica con precisión de 10^{-5} g. Los resultados evidenciaron que el MTA presentó una decoloración significativa al entrar en contacto con NaOCl ($p < 0,05$), mientras que Biodentine® y ERRM mostraron precipitación blanca superficial sin presentar decoloración marrón oscura. Todos los materiales evaluados exhibieron solubilidad significativa tras la inmersión, independientemente del tipo de solución empleada ($p > 0,05$). Los autores concluyeron que, si bien todos los CSC presentaron cierto grado de solubilidad y precipitación cristalina, Biodentine® y ERRM constituyen alternativas adecuadas al MTA ProRoot debido a su estabilidad cromática, considerándose además el OCT como una solución segura para estos materiales.

Luna-Cruz SM et al. (11) En 2024, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y la eficacia antimicrobiana de tres cementos de uso endodóntico de CSC: MTA Biorep (BR), Biodentine® (BD) y Well-Root PT (WR). Se analizó la actividad antimicrobiana frente a la bacteria de *Enterococcus faecalis*, así como la solubilidad, la rugosidad superficial, las variaciones de pH y el ángulo de contacto con el agua. Los resultados mostraron que BD

presentó un pH significativamente menor en comparación con BR y WR ($p < 0,05$). Asimismo, BR evidenció mayor humectabilidad y rugosidad superficial, mientras que BD resultó ser más soluble que los otros cementos evaluados. Los autores concluyeron que los cementos biocerámicos pueden desempeñar un papel relevante como materiales retrógrados en el control del crecimiento bacteriano, destacando la importancia clínica de mantener bajos niveles de solubilidad.

Queiroz et al. (12) En 2023, Sao Paulo, Brasil, la investigación tuvo como propósito analizar las características físicas y mecánicas de un CSC, incorporando ZrO_2 , $CaWO_4$ y Nb_2O_5 , frente al MTA Angelus®. Entre las variables evaluadas se incluyeron el tiempo de endurecimiento, la capacidad radiopaca, el pH, el grado de solubilidad y la resistencia mecánica a la compresión. Las muestras fueron preparadas conforme a las recomendaciones del fabricante, moldeadas en cilindros y almacenadas a 37 °C durante 24 horas, para luego ser sumergidas en agua destilada y NaOCl al 2,5%. La solubilidad fue determinada mediante balanza analítica de alta precisión. Los resultados mostraron que el CSC modificado con ZrO_2 y $CaWO_4$ presentó un comportamiento mecánico comparable al MTA, aunque este último mostró un mejor desempeño en el tiempo de fraguado. Los autores concluyeron que el CSC modificado podría considerarse una alternativa viable a futuro.

Vega-González M et al. (13) En 2024, el estudio de nacionalidad Británica, se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los cementos de silicato de calcio utilizados en endodoncia, incluyendo solubilidad, bioactividad y estabilidad dimensional. Se analizaron muestras de MTA, Biodentine y otros cementos biocerámicos. Las muestras fueron preparadas siguiendo recomendaciones del fabricante y almacenadas en incubadora a 37 °C. Se evaluó la solubilidad mediante pérdida de masa, liberación de iones calcio

mediante espectrofotometría y bioactividad mediante análisis de formación de hidroxiapatita. Encontrando que los cementos evaluados presentaron baja solubilidad y adecuada estabilidad dimensional. Biodentine mostró menor pérdida de masa inicial y mayor liberación de calcio. El MTA presentó comportamiento intermedio, mientras que otros cementos experimentales mostraron mayor solubilidad inicial. Los autores concluyen que los cementos biocerámicos basados en silicato de calcio presentan propiedades fisicoquímicas favorables y baja solubilidad, lo que respalda su uso clínico en procedimientos endodónticos.

Dong X et al. (14) En 2023, China, se evaluaron la bioactividad, biocompatibilidad y propiedades fisicoquímicas de cementos biocerámicos basados en silicato de calcio utilizados en endodoncia. Se evaluaron cementos biocerámicos mediante pruebas de solubilidad, citotoxicidad, liberación iónica y bioactividad. Las muestras fueron moldeadas en discos cilíndricos y almacenadas a 37 °C. La solubilidad fue determinada mediante medición de pérdida de masa. Se evaluó la liberación de calcio mediante análisis químico y la bioactividad mediante formación de apatita. Encontrando en los cementos de silicato de calcio presentaron baja solubilidad y adecuada estabilidad estructural. Biodentine mostró menor pérdida de masa y mayor bioactividad. El MTA presenta solubilidad moderada y adecuada estabilidad dimensional. Concluyendo los cementos biocerámicos basados en silicato de calcio presentan propiedades fisicoquímicas favorables y baja solubilidad, siendo materiales adecuados para procedimientos endodónticos.

2.2 Base teórica

2.2.1 Cementos de Silicato de Calcio

Los CSC han demostrado un desempeño clínico favorable en odontología, especialmente en procedimientos endodónticos. Dentro de estos, los cementos biocerámicos utilizados en endodoncia pueden clasificarse en materiales bioactivos. Una cualidad compartida por estos biomateriales cerámicos es su aporte a la práctica de la endodoncia mínimamente invasiva y a las estrategias regenerativas. Además, favorecen un sellado hermético en el sistema de conductos radiculares y facilitan la obturación de cavidades dentro de la raíz y favoreciendo la reparación tisular. Entre los materiales biocerámicos, el MTA se ha consolidado como el estándar de oro en tratamientos biológicos pulpares y en procedimientos endodónticos especializados, debido a su capacidad de sellado. (3,4,14).

2.2.2 MTA

El MTA comparte su base estructural con el cemento Portland, del cual deriva en gran medida. El MTA es sometido a procesos adicionales de purificación y control de calidad. En comparación con el cemento Portland, el MTA presenta un tamaño de partícula menor y una reducción significativa de metales pesados potencialmente tóxicos, lo que contribuye a su uso seguro en el ámbito clínico (8). El MTA fue utilizado en primera oportunidad en el campo odontológico en 1993, marcando su introducción formal en el ámbito científico y recibió la certificación oficial en Loma Linda - Estados Unidos. Posteriormente, en el año 1999, ProRoot MTA (Dentsply Sirona) se convirtió en el primer producto comercial disponible en los Estados Unidos. Más adelante, el MTA Angelus fue lanzado en Brasil en 2001 y obtuvo la aprobación de la FDA en 2011, permitiendo su comercialización en dicho país (9,22).

Este material se encuentra disponible en dos presentaciones, MTA gris y MTA blanco, cuya diferencia principal radica en las diferentes concentraciones de agentes de Al_2O_3 , MgO y FeO . El MTA blanco presenta una reducción considerable en el contenido de óxido de hierro, lo que explica su menor potencial de tinción en comparación con el MTA gris (10–12). A pesar de estas variaciones composicionales, ambos tipos de MTA conservan propiedades físicas y biológicas similares, manteniendo su eficacia clínica (22,23).

Inicialmente, el MTA presentó dificultades en su manipulación debido a su consistencia granular, comparable a la arena húmeda. No obstante, con el desarrollo de sistemas de aplicación específicos, su manejo clínico se ha vuelto más predecible y controlado (29).

2.2.3 Biodentine

Las formulaciones tradicionales de MTA presentan ciertas limitaciones clínicas, como el riesgo de cambio de color en estructuras dentales y gingivales, junto con un endurecimiento tardío y un manejo clínico complejo, especialmente en procedimientos como la reparación de perforaciones radiculares, perforaciones de furca y obturación retrógrada. En respuesta a estas limitaciones, se han desarrollado nuevas formulaciones biocerámicas, entre las que destaca Biodentine® (Septodont, Francia). Según el fabricante, Biodentine® es un cemento restaurador endodóntico con notable plasticidad clínica, integrado por óxidos minerales en partículas finas de naturaleza hidrofílica. Esta formulación conserva las principales características químicas y biológicas del MTA, ofreciendo ventajas en cuanto a manipulación y tiempo de fraguado (15). Biodentine® está indicado para diversas aplicaciones clínicas de reparación de perforaciones radiculares, la obturación retrógrada en cirugía periapical, el tratamiento de perforaciones por reabsorción interna y pulpotomía. (6,30).

2.2.4 Aplicaciones de Uso Clínico de los CSC

Anualmente se realizan millones de procedimientos endodónticos, de los cuales un porcentaje significativo corresponde a tratamientos avanzados como microcirugía periapical, reparación de perforaciones y procedimientos de apexificación. La disponibilidad de materiales como el MTA ha contribuido notablemente a mejorar los resultados clínicos de estas terapias especializadas (17).

2.2.4.1 Recubrimiento Pulpar

Las exposiciones pulpares pueden presentarse durante el tratamiento de lesiones cariosas extensas. Aunque el recubrimiento pulpar directo ha sido considerado un procedimiento de pronóstico variable, siendo el uso del MTA mejorar resultados clínicos por su baja solubilidad, favorecida por su expansión durante el fraguado. Estudios clínicos e histológicos han evidenciado menores rasgos en la inflamación pulpar y mayor formación de puentes dentinarios en contraste al hidróxido de calcio convencional, especialmente en casos de pulpitis reversible (1,30).

2.2.4.2 Terapia Pulpar Vital

En dientes inmaduros con pulpitis irreversible, la pulpotomía puede ser considerada como una alternativa terapéutica orientada a preservar la vitalidad de la pulpa radicular. Este procedimiento, también conocido como apexogénesis, permite la continuación de la maduración radicular, y el cierre apical fisiológico, lo que reduce el riesgo de fractura y facilita futuros tratamientos endodónticos (20,22,30).

2.2.4.3 Apexificación

El tratamiento de dientes con pulpa necrótica y ápices abiertos representa un reto clínico debido a la ausencia de un límite apical. Tradicionalmente, esta condición se abordaba mediante tratamientos prolongados con hidróxido de calcio; sin embargo, el MTA ha

demostrado ser una alternativa eficaz al permitir la formación del tapón apical en una sola sesión, reduciendo el tiempo de tratamiento y el riesgo de fractura radicular (22,23).

2.2.4.4Regeneración Ósea y Bioactividad

En dientes inmaduros con paredes radiculares delgadas, la regeneración del complejo dentina-pulpa constituye una estrategia terapéutica innovadora. Este planteamiento se fundamenta en la desinfección del sistema radicular, seguida en la estimulación de procesos de regeneración en tejido duro con características semejantes a la dentina.. No obstante, aún se requieren estudios adicionales para determinar el impacto real de este tejido regenerado en el fortalecimiento radicular a nivel in vivo (14,20,21,25).

2.2.4.5Perforaciones Radiculares

Las perforaciones radiculares suelen originarse por causas iatrogénicas clínicas, así como por procesos de reabsorción interna. Debido a su elevada biocompatibilidad y capacidad de sellado, siendo los CSC utilizados para uso clínico de perforaciones radiculares, demostrando resultados clínicos favorables (16,22,28).

2.3 Formulación de Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General

H1: El cemento Portland presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y MTA.

H0: El cemento Portland no presentó altos valores de solubilidad en comparación al cemento Biodentine y MTA.

H1: El MTA presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y MTA.

H0: El MTA no presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y MTA.

H1: El cemento Portland presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y MTA.

H0: El cemento Portland no presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y MTA.

2.3.2 Hipotesis Especificas:

H1: El cemento portland presentó altos niveles de solubilidad en 24 y 48 horas.

H0: El cemento portland no presentó mayor solubilidad en 24 y 48 horas.

H1: El MTA presentó altos niveles de solubilidad en 24 y 48 horas.

H0: El MTA no presentó mayor solubilidad en 24 y 48 horas.

H1: El Biodentine presentó altos niveles de solubilidad en 24 y 48 horas.

H0: El Biodentine no presentó mayor solubilidad en 24 y 48 horas.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Método de la Investigación

Hipotético deductivo: El estudio se sustentó en el método hipotético-deductivo, que consiste en formular hipótesis y someterlas a verificación mediante experimentación y análisis de datos, con el fin de confirmarlas o rechazarlas según la evidencia obtenida (18).

3.2 Enfoque de la Investigación

El estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, porque se basa en la medición objetiva y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de la solubilidad de los biomateriales, sustentado en la recolección y análisis de variables expresadas en valores numéricos relacionados con la solubilidad de los cementos de silicato de calcio, los cuales fueron analizados mediante procedimientos estadísticos para establecer diferencias entre los grupos estudiado (18).

3.3 Tipo de Investigación

Aplicada: El estudio corresponde a una investigación aplicada, enfocada en producir conocimiento científico con implicancias prácticas en el campo odontológico, específicamente en la selección de biomateriales endodónticos en función de sus propiedades fisicoquímicas, como la solubilidad (18).

3.4 Diseño de Investigación

Experimental in vitro: El diseño de la investigación es de tipo experimental in vitro, debido a que se manipuló la variable independiente (tipo de cemento de silicato de calcio: cemento Portland blanco, MTA y Biodentine®) para evaluar su efecto sobre la variable dependiente (solubilidad) en condiciones controladas de laboratorio (18).

Corte: Longitudinal: El estudio fue de corte longitudinal, ya que la variable dependiente (solubilidad) fue evaluada en dos momentos distintos, específicamente a las 24 y 48 horas, permitiendo analizar la evolución de los cementos de silicato de calcio en el tiempo (18).

Nivel: Comparativo: El nivel de la investigación fue comparativo, debido a que se analizaron y compararon los valores de solubilidad entre los cementos de silicato de calcio presentados en el estudio, con el fin de identificar diferencias significativas en su comportamiento (18)

3.5 Población, Muestra y Muestreo

3.5.1 Población:

La muestra fue obtenida mediante:

$$n = \frac{2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * S^2}{d^2}$$

La muestra estuvo conformada por 60 discos de cementos de silicato de calcio, distribuidos en tres grupos experimentales: cemento Portland blanco, MTA y Biodentine. La muestra se determinó a través de un muestreo no probabilístico basado en conveniencia, debido a que los materiales fueron seleccionados según disponibilidad y criterios del investigador. El tamaño de la muestra fue determinado mediante cálculo para comparación de medias, considerando 95 % en nivel de confianza ($Z_{\alpha} = 1,96$) y 80 % ($Z_{\beta} = 0,843$) de potencia estadística. Se establecieron 20 muestras por grupo experimental, las cuales fueron subdivididas según el tiempo de evaluación (24 y 48 horas), obteniéndose seis subgrupos experimentales:

Subgrupo 01: Se analizaron 10 muestras de MTA a las 24 horas.

Subgrupo 02: Se analizaron 10 muestras de MTA a las 48 horas.

Subgrupo 03: Se analizaron 10 muestras de Biodentine a las 24 horas.

Subgrupo 04: Se analizaron 10 muestras de Biodentine a las 48 horas.

Subgrupo 05: Se analizaron 10 muestras de cemento portland a las 24 horas.

Subgrupo 06: Se analizaron 10 muestras de cemento portland a las 48 horas.

Los respectivos discos experimentales fueron elaborados siguiendo la norma ISO 9917:2013 y evaluados mediante medición de pérdida de masa para determinar la solubilidad de los materiales.

3.5.1.1 Criterio de Inclusión:

- Discos experimentales elaborados exclusivamente con cemento Portland blanco, MTA y Biodentine®.
- Muestras confeccionadas siguiendo las especificaciones establecidas en la norma ISO 9917:2013 para cementos dentales hidráulicos.
- Discos con dimensiones homogéneas de diámetro y espesor previamente verificadas mediante pie de rey digital.
- Muestras que presentaron superficie uniforme y adecuada consistencia después del fraguado inicial.
- Discos preparados bajo condiciones controladas de laboratorio y manipulados por un único operador previamente calibrado.

3.5.1.2 Criterios de Exclusión

- Discos experimentales que presentaron fracturas, fisuras, porosidades visibles o deformaciones estructurales.
- Muestras con irregularidades en diámetro o espesor que pudieran alterar la estandarización del estudio.
- Discos que evidenciaron contaminación durante el procedimiento de preparación o almacenamiento.
- Muestras que no alcanzaron un fraguado adecuado antes de la inmersión en la solución irrigante.
- Discos que sufrieron pérdida parcial de estructura durante el pulido o manipulación experimental.

3.6 Matriz y Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	VALOR
Cementos de silicato de calcio	Material endodóntico a base de silicatos de calcio utilizado por sus propiedades físico-químicas, bioactividad, biocompatibilidad y capacidad de sellado en procedimientos endodónticos.	Se identificó según el material empleado para la elaboración de los discos experimentales: cemento Portland blanco, MTA y Biodentine®.	- Tipo de material	- Cemento utilizado en cada grupo experimental	Cualitativa nominal	1. Cemento Portland blanco 2. MTA 3. Biodentine®
Solubilidad	Propiedad físico-química que expresa la capacidad de un material para perder masa al estar en contacto con un medio líquido durante un periodo determinado	Se determinó mediante la diferencia entre el peso inicial y el peso final de cada disco experimental, luego de su inmersión en hipoclorito de sodio al 2,5 %, expresada en porcentaje de pérdida de masa.	Pérdida de masa	- Porcentaje de solubilidad	Cuantitativa continua	% de solubilidad
Tiempo	Periodo durante el cual el material permanece en contacto con la solución irrigante.	Se midió según el tiempo de inmersión de los discos experimentales en hipoclorito de sodio al 2,5 %.	Tiempo de inmersión.	Horas de exposición	Cualitativa ordinal	24 horas 48 horas

Fuente: Elaboración propia

3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.7.1 Técnica

El diseño metodológico empleado fue experimental in vitro, el cual consistió en la elaboración de discos de CSC que fueron sometidos a soluciones irrigantes para la evaluación de su solubilidad (13,14).

Previo al inicio del estudio, se efectuaron las coordinaciones administrativas y metodológicas necesarias con la Escuela Académica Profesional de Odontología y con el laboratorio de ensayos mecánicos High Technology Certificate y Laboratorios OralGram SAC, obteniéndose las autorizaciones correspondientes para la ejecución del estudio.

3.7.2 Procedimiento

3.7.2.1 Elaboración de discos experimentales

Para el desarrollo del estudio se utilizaron tres cementos de silicato de calcio: cemento Portland blanco, Mineral Trioxide Aggregate (MTA) y Biodentine®.

Los discos endodónticos fueron confeccionados de acuerdo con la norma internacional ISO 9917:2013 para cementos hidráulicos odontológicos, con dimensiones de 06 mm de altura y 04 mm. La preparación de los materiales se realizó respetando las normas del fabricante en relación con la proporción polvo/líquido y tiempo de mezclado, con el propósito de disminuir posibles variaciones durante la preparación de las muestras. Después del fraguado inicial, las muestras fueron retiradas cuidadosamente de las matrices y sus dimensiones fueron verificadas mediante un pie de rey digital, asegurando uniformidad entre todos los grupos experimentales. (11,31)

Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un procedimiento de pulido superficial utilizando lijas de carburo de silicio de grano fino 600, con la finalidad de eliminar irregularidades estructurales y obtener superficies homogéneas. Finalizado este procedimiento, los discos fueron colocados en placas Petri individuales debidamente

rotuladas para su identificación y almacenamiento.

Las muestras experimentales permanecieron en incubadora a 26°C bajo condiciones controladas de temperatura y humedad hasta completar el periodo de fraguado correspondiente. Posteriormente, cada disco fue pesado individualmente mediante una balanza analítica digital de alta precisión (0,0001 g), registrándose el peso inicial de cada muestra experimental. Luego del registro inicial, los discos fueron distribuidos de acuerdo con los tiempos de evaluación establecidos para el estudio, correspondientes a 24 y 48 horas. Cada muestra fue sumergida completamente en recipientes individuales conteniendo hipoclorito de sodio al 2,5 %, permaneciendo en incubación a 37 °C durante el tiempo experimental asignado (11,31).

3.7.2.3 Almacenamiento de las Muestras

Las muestras posteriormente fueron almacenadas en una incubadora a 26 °C, con el objetivo de mantener condiciones homogéneas durante el transcurso del fraguado, permaneciendo bajo control hasta los momentos de evaluación definidos a las 24 y 48 horas (11,13,31).

3.7.2.4 Análisis de la Solubilidad

Antes de la inmersión, se procedió a registrar la masa inicial de cada disco experimental mediante una balanza analítica, fue registrado por medio de la balanza analítica de alta precisión (0,0001 g). Seguido, fueron completamente expuestas a una solución de NaOCl al 2,5 % y conservadas en incubadora a 37 °C durante 24 y 48 horas, según el subgrupo correspondiente. Una vez transcurrido el tiempo de inmersión, los discos fueron retirados, secados con material absorbente y aire durante 15 segundos, y colocados en un desecador por 60 minutos. Posteriormente, se registró el peso final. La solubilidad fue determinada mediante la comparación entre el peso inicial y el peso final de cada muestra. Cada

medición se realizó por triplicado, obteniéndose un valor promedio de solubilidad (12,13,34).

3.7.3 Descripción de Instrumentos

Se empleó una hoja de registro creada para documentar de forma organizada los valores recolectados durante el estudio de los valores de solubilidad obtenidos en cada periodo de evaluación.

3.7.4 Validación Metodológica

Previamente al estudio principal, se desarrolló una fase piloto correspondiente al 10 % de la muestra total con fines de estandarización, orientada a asegurar la correcta capacitación del investigador en los procedimientos de confección, manejo y cuantificación de los discos. Esta fase incluyó tres discos por cada grupo experimental.

3.7.5 Confiabilidad

Para asegurar la confiabilidad de las mediciones, el proceso fue acompañado y supervisado por un profesional en ingeniería mecánica quien colaboró en la evaluación de la solubilidad por el índice de concordancia Kappa = 0.87 (excelente concordancia), garantizando confiabilidad en las mediciones y reduciendo el riesgo de sesgos experimentales.

3.8 Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos obtenidos durante el desarrollo experimental fueron registrados inicialmente en una hoja de cálculo elaborada en Microsoft Excel, donde se organizaron los valores correspondientes al peso inicial, peso final y porcentaje de solubilidad de cada muestra experimental. Posteriormente, la información fue transferida al software estadístico IBM SPSS Statistics versión 22.0 para su análisis correspondiente.

En una primera etapa, se efectuó un análisis descriptivo de las variables estudiadas mediante el cálculo de medidas de tendencia central y dispersión. Para ello, se determinaron valores de media aritmética y desviación estándar de los porcentajes de solubilidad registrados en cada grupo experimental y en los diferentes tiempos de evaluación establecidos. Posteriormente, se realizó la evaluación de la distribución de normalidad de los datos utilizando la prueba estadística de Shapiro–Wilk, debido al tamaño de muestra utilizado en cada subgrupo experimental. Asimismo, se aplicó la prueba de Levene con la finalidad de verificar la homogeneidad de varianzas entre los grupos evaluados, permitiendo determinar el cumplimiento de los supuestos requeridos para la aplicación de pruebas paramétricas.

Considerando que el estudio evaluó simultáneamente dos factores independientes, correspondientes al tipo de cemento de silicato de calcio y al tiempo de evaluación, se aplicó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA de dos vías). Esta prueba permitió identificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales, así como analizar la posible interacción entre ambas variables sobre los niveles de solubilidad observados.

Posteriormente, se empleó la prueba post hoc de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre los grupos y determinar específicamente en cuáles de ellos existían diferencias estadísticas significativas. Para todas las pruebas inferenciales se estableció un nivel de confianza del 95 % y un valor de significancia estadística de $p < 0,05$.

Con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados, los datos fueron presentados

mediante tablas estadísticas y gráficos comparativos elaborados en función de los valores promedio obtenidos para cada material y tiempo experimental. Asimismo, los resultados fueron interpretados considerando los objetivos planteados, las hipótesis formuladas y la evidencia científica reportada en investigaciones previas relacionadas con cementos de silicato de calcio y propiedades fisicoquímicas en endodoncia.

3.7 Aspectos Éticos

La presente investigación se desarrolló respetando los principios éticos que orientan la investigación científica en el área de ciencias de la salud, garantizando el cumplimiento de criterios de responsabilidad, rigor metodológico y transparencia durante todas las etapas del estudio. El proyecto fue presentado para revisión y aprobación por la Escuela Académica Profesional de Odontología de la Universidad Privada Norbert Wiener, cumpliendo las disposiciones institucionales establecidas para trabajos de investigación experimental. Además, se obtuvo la autorización del laboratorio de ensayo mecánico High Technology Certificate y Laboratorios OralGram SAC.

Se consideró el principio de beneficencia, debido a que la investigación estuvo orientada a generar evidencia científica relacionada con las propiedades fisicoquímicas de biomateriales endodónticos, contribuyendo potencialmente al mejoramiento de los procedimientos clínicos y a la selección de materiales con mejor comportamiento biológico y mecánico.

Asimismo, se aplicó el principio de no maleficencia, procurando que todos los procedimientos experimentales fueron realizados bajo condiciones controladas de laboratorio y respetando las medidas de bioseguridad correspondientes, evitando riesgos innecesarios durante la manipulación de sustancias químicas y materiales utilizados en el estudio.

De igual manera, se respetó el principio de justicia, garantizando igualdad en las condiciones experimentales para todas las muestras evaluadas, evitando alteraciones metodológicas que

pudieran influir en los resultados obtenidos.

También se consideró el principio de integridad científica, asegurando que la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de los datos fueran efectuados de manera objetiva, transparente y sin manipulación de la información experimental.

Finalmente, toda la información obtenida durante la investigación fue utilizada exclusivamente con fines académicos y científicos, manteniendo criterios de responsabilidad ética y rigor investigativo conforme a las normas establecidas para la investigación universitaria.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

En la tabla 1: Descripción de los valores de solubilidad de los CSC a las 24 y 48 horas.

AGENTE	24 horas	48 horas
Cemento Portland	2,30 ± 0,36	2,81 ± 0,40
Biodentine	0,83 ± 0,03	0,84 ± 0,02
MTA	1,45 ± 0,07	1,74 ± 0,13

Media ± desviación estándar de la solubilidad de los CSC

La Tabla 1 presenta valores promedio y su desviación estándar de la solubilidad de los CSC. El Biodentine presentó mejores resultados seguido de MTA y cemento portland blanco peruano. Se observó el mejor valor de solubilidad del Biodentine en comparación al cemento portland ($p < 0.05$), en los periodos de evaluación de 24 y 48 horas.

Gráfico 1: Descripción de los valores de la solubilidad de CSC a las 24 y 48 horas.

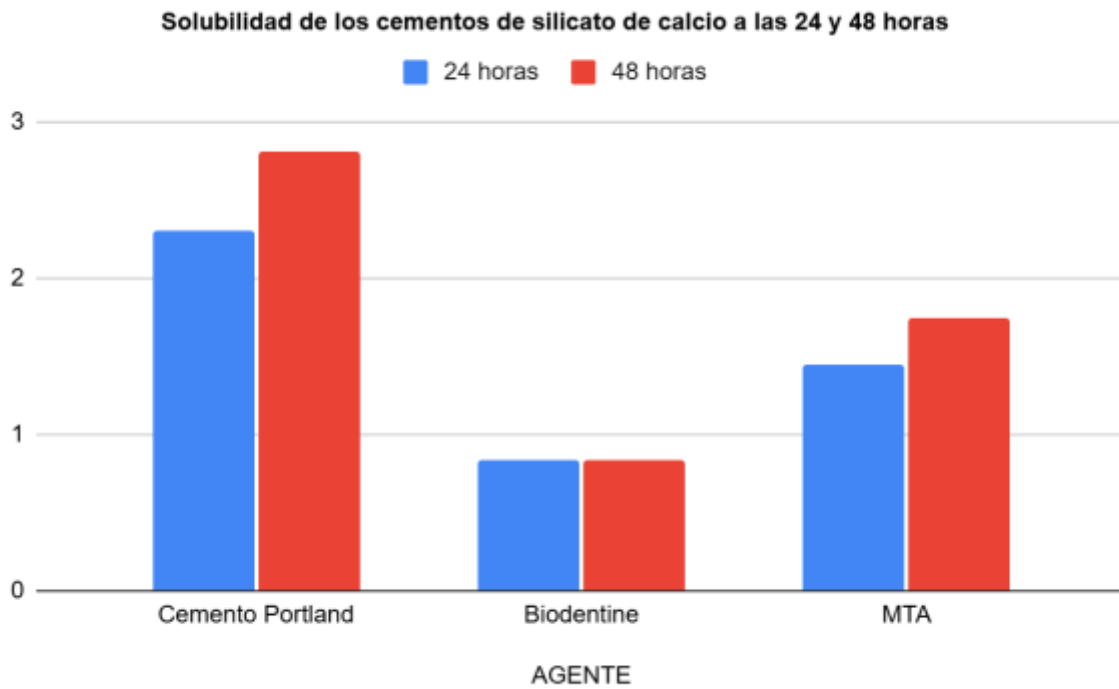


Gráfico 1 se presentan los valores de solubilidad de las marcas de cementos Portland, Biodentine y MTA. El cemento Biodentine presentó mejores resultados seguido de MTA y cemento portland blanco peruano. Se observó el mejor valor de solubilidad del Biodentine al contrastarlo con el cemento Portland en los periodos de evaluación de 24 y 48 horas.

Tabla 2: Descripción de los valores de solubilidad de los CSC a las 24 horas.

AGENTE	24 horas
Cemento Portland	$2,30 \pm 0,36$
Biodentine	$0,83 \pm 0,03$
MTA	$1,45 \pm 0,07$

Media $\pm$ desviación estándar de la solubilidad de los CSC..

Tabla 2 presenta valores promedio y su desviación estándar de la solubilidad de los CSC. El Biodentine presentó mejores resultados seguido de MTA y cemento portland blanco peruano. Se observó el mejor valor de solubilidad del Biodentine al contrastarlo con el cemento Portland ($p < 0.05$), en los periodos de evaluación de 24 horas.

Gráfico 2: Descripción de los valores de la solubilidad de los CSC a las 24 horas.

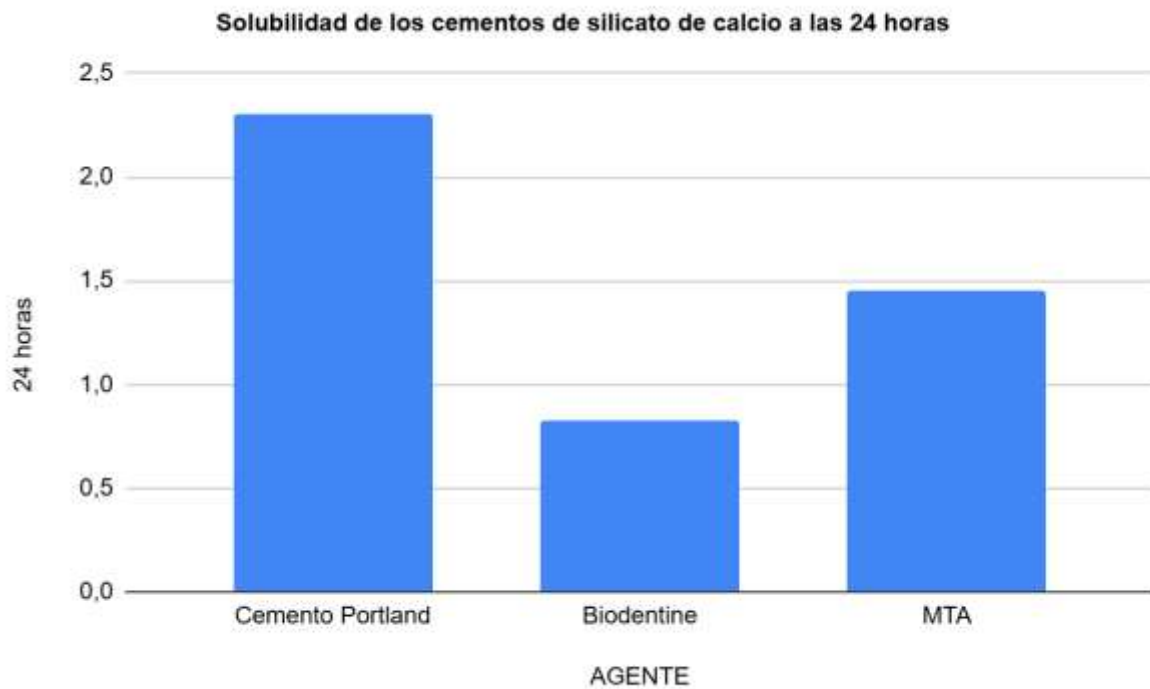


Gráfico 2 se presentan los valores de solubilidad de las marcas de cementos Portland, Biodentine y MTA. El cemento Biodentine presentó mejores resultados seguido de MTA y cemento portland blanco peruano. Se observó el mejor valor de solubilidad del Biodentine al contrastarlo con el cemento Portland , en los periodos de evaluación de 24 horas.

Tabla 3: Descripción de los valores de solubilidad de los CSC a las 48 horas.

AGENTE	48 horas
Cemento Portland	$2,81 \pm 0,40$
Biodentine	$0,84 \pm 0,02$
MTA	$1,74 \pm 0,13$

Media $\pm$ desviación estándar de la solubilidad de los CSC..

Tabla 3 presenta valores promedio y su desviación estándar de la solubilidad de los CSC. El cemento Biodentine presentó mejores resultados seguido de MTA y cemento portland blanco peruano. Se observó el mejor valor de solubilidad del Biodentine al contrastarlo con el cemento Portland ($p < 0.05$), en los periodos de evaluación de 48 horas.

Gráfico 3: Descripción de los valores de la solubilidad de los CSC a las 48 horas.

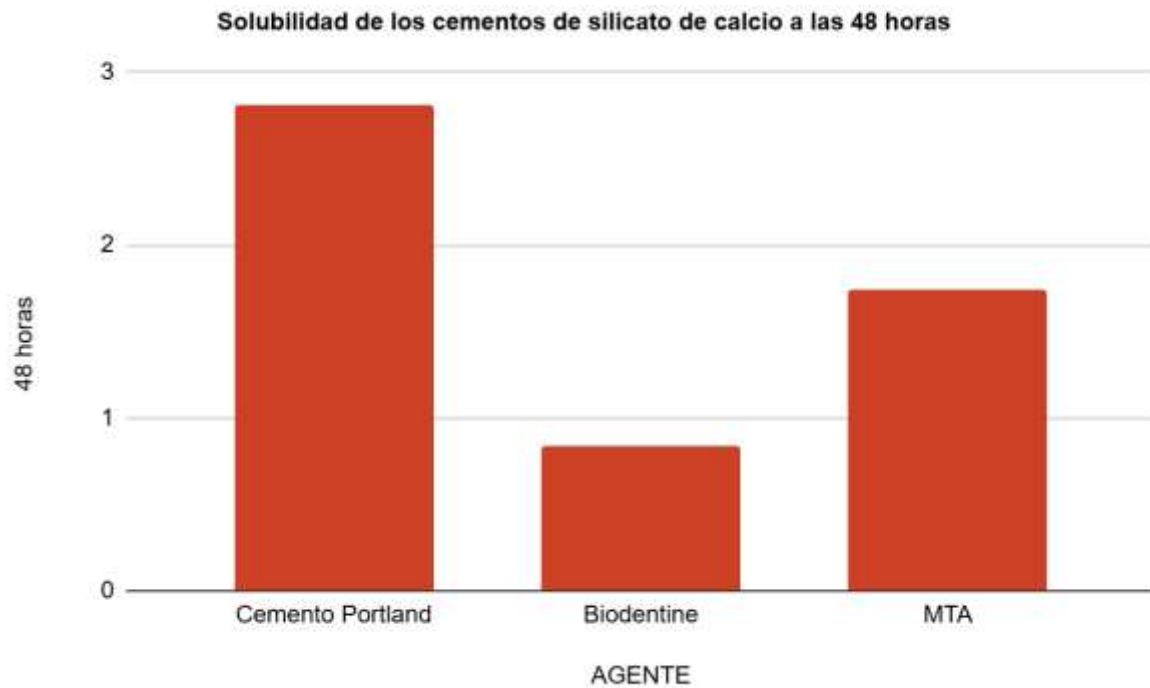


Gráfico 3 se presentan los valores de solubilidad de las marcas de cementos Portland, Biodentine y MTA. El Biodentine presentó mejores resultados seguido de MTA y cemento portland blanco peruano. Se observó el mejor valor de solubilidad del Biodentine al contrastarlo con el cemento Portland, en los periodos de evaluación de 48 horas.

4.2 Discusión

La solubilidad constituye una de las propiedades fisicoquímicas más relevantes de los cementos de silicato de calcio (CSC), debido a que influye directamente en la estabilidad dimensional, capacidad de sellado y comportamiento clínico de los biomateriales utilizados en endodoncia (10,31). Un material con elevada pérdida de masa puede comprometer el sellado marginal, favorecer la microfiltración bacteriana y afectar el éxito de los procedimientos endodónticos (11,32). En el presente estudio se evaluó y comparó la solubilidad del cemento Portland blanco, MTA y Biodentine® a las 24 y 48 horas de inmersión en hipoclorito de sodio al 2,5 %, observándose diferencias entre los materiales analizados.

Los resultados obtenidos evidenciaron que Biodentine® presentó los menores valores de solubilidad tanto a las 24 horas ($0,83 \pm 0,03$ %) como a las 48 horas ($0,84 \pm 0,02$ %), seguido por el MTA, mientras que el cemento Portland blanco mostró los mayores porcentajes de pérdida de masa. Estos hallazgos indican que Biodentine® presentó mayor estabilidad dimensional frente a la exposición al hipoclorito de sodio, lo que podría relacionarse con su formulación química y características estructurales.

El comportamiento observado en Biodentine® podría explicarse por la presencia de partículas más homogéneas y una composición optimizada basada principalmente en silicato tricálcico purificado, lo cual favorece una hidratación más uniforme durante el fraguado. Esta condición contribuye a la formación de una matriz más compacta y menos susceptible a procesos de disolución inicial. Asimismo, el menor tamaño de partícula facilita una mejor adaptación estructural y disminuye la presencia de porosidades internas que puedan favorecer la pérdida de masa (12,33).

Los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por Vega-González et al., y Dong et al., quienes señalaron que Biodentine® presenta adecuada estabilidad fisicoquímica y menores niveles de solubilidad en comparación con otros cementos biocerámicos utilizados en endodoncia (13,14). De igual manera, Ashi et al. describieron que Biodentine® mantiene propiedades favorables relacionadas con estabilidad superficial y comportamiento estructural durante las primeras fases de hidratación, lo que respalda los resultados encontrados en la presente investigación (12).

Respecto al MTA, los valores de solubilidad observados fueron intermedios en comparación con los demás grupos experimentales. Aunque presentó una pérdida de masa mayor que Biodentine®, los

porcentajes registrados permanecieron dentro de los límites considerados clínicamente aceptables según las normas ISO para cementos endodónticos. Este comportamiento podría estar relacionado con la composición química del material y con la presencia de partículas de diferente tamaño que influyen en la velocidad de hidratación y estabilidad inicial del cemento (15-17).

Diversos estudios han señalado que el MTA presenta adecuada biocompatibilidad, capacidad de sellado y comportamiento clínico favorable; sin embargo, durante las primeras horas posteriores al fraguado puede presentar cierto grado de solubilidad debido a la liberación inicial de iones calcio y otros componentes hidrofílicos presentes en su estructura (18,34). Investigaciones desarrolladas por Parirokh et al. y Formosa et al. reportaron resultados similares, indicando que el MTA mantiene estabilidad clínica aceptable a pesar de presentar una moderada pérdida de masa inicial (4,8).

En relación con el cemento Portland blanco, este material presentó los valores más elevados de solubilidad tanto a las 24 como a las 48 horas. Este hallazgo podría atribuirse a diferencias en la pureza de sus componentes, menor control industrial en el tamaño de partícula y ausencia de ciertos agentes modificadores presentes en materiales comerciales diseñados específicamente para uso odontológico (9,18). La mayor pérdida de masa observada en este grupo podría generar alteraciones en la estabilidad dimensional del material y comprometer potencialmente su comportamiento clínico en condiciones biológicas (19,35).

A pesar de ello, algunos autores sostienen que el cemento Portland comparte similitudes composicionales con el MTA, principalmente por la presencia de silicatos de calcio en su estructura. No obstante, investigaciones recientes indican que las diferencias en procesos de purificación, control de partículas y aditivos radiopacos pueden influir significativamente en sus propiedades fisicoquímicas (20,21). Estudios desarrollados por Kato et al. y Rebolledo et al. mencionan que el cemento Portland puede presentar mayor susceptibilidad a la solubilidad cuando es expuesto a medios líquidos o soluciones irrigantes (1,2).

Otro aspecto importante observado en el presente estudio fue el incremento de la solubilidad en todos los materiales al comparar los periodos de evaluación de 24 y 48 horas. Este comportamiento sugiere que el tiempo de exposición influye directamente en la pérdida de masa de los cementos de silicato de calcio. Durante las primeras fases de hidratación, estos materiales liberan diferentes componentes iónicos al medio, fenómeno que podría explicar el aumento progresivo de la solubilidad con el paso del tiempo (22-24).

La interacción de los cementos con el hipoclorito de sodio también podría haber influido en los resultados obtenidos. El NaOCl es una solución irrigante ampliamente utilizada en endodoncia debido a su capacidad antimicrobiana y acción disolvente sobre tejidos orgánicos; sin embargo, diversos estudios reportan que su contacto con biomateriales biocerámicos puede alterar ciertas propiedades fisicoquímicas, especialmente durante las primeras fases de fraguado. La exposición prolongada a esta solución puede favorecer cambios superficiales, pérdida de componentes solubles y modificaciones en la estabilidad estructural del material (23,35).

Desde el punto de vista clínico, los resultados encontrados sugieren que Biodentine® y MTA presentan comportamiento favorable respecto a la solubilidad, lo cual podría contribuir a mantener un adecuado sellado marginal y estabilidad dimensional durante los procedimientos endodónticos. En contraste, aunque el cemento Portland blanco mostró valores dentro de límites aceptables, su mayor pérdida de masa podría representar una limitación para su aplicación clínica directa sin modificaciones adicionales que mejoren sus propiedades físico-químicas.

Es importante considerar que el presente estudio fue realizado bajo condiciones *in vitro*, por lo que los resultados obtenidos no reproducen completamente el entorno biológico presente en cavidad oral y tejidos periapicales. Factores como presión masticatoria, presencia de fluidos tisulares, variaciones de pH y respuesta celular podrían influir en el comportamiento clínico real de los materiales evaluados.

Asimismo, el tiempo de evaluación empleado correspondió únicamente a periodos iniciales de 24 y 48 horas, por lo que sería recomendable desarrollar investigaciones futuras que analicen la estabilidad de estos biomateriales en periodos más prolongados y bajo diferentes condiciones experimentales. También resulta importante incorporar otras propiedades fisicoquímicas como resistencia compresiva, microdureza superficial, porosidad y bioactividad, permitiendo una evaluación integral de los cementos de silicato de calcio utilizados en endodoncia.

Finalmente, los hallazgos obtenidos en la presente investigación aportan información relevante sobre el comportamiento de la solubilidad de los cementos de silicato de calcio frente a soluciones irrigantes utilizadas en la práctica clínica. Estos resultados podrían contribuir al fortalecimiento de la evidencia científica relacionada con la selección de biomateriales endodónticos con mejores propiedades fisicoquímicas y potencial aplicación clínica.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En base al objetivo general, se determinó que existen diferencias significativas en la solubilidad entre el cemento Portland blanco, MTA y Biodentine evaluados a las 24 y 48 horas. El Biodentine presentó la menor pérdida de masa en ambos tiempos de evaluación, lo que evidencia una mayor estabilidad dimensional y mejor comportamiento fisicoquímico frente a la inmersión en hipoclorito de sodio. Estos resultados indican que el tipo de cemento influye directamente en la solubilidad y, por tanto, en el sellado apical y desempeño clínico del material.
- Respecto al primer objetivo específico, se determinó que el cemento Portland blanco presentó los valores más altos de solubilidad tanto a las 24 como a las 48 horas. Este comportamiento sugiere una mayor susceptibilidad a la disolución inicial, posiblemente relacionada con su composición química y menor control en el tamaño de partículas, lo que podría comprometer la estabilidad del material en condiciones clínicas donde existe contacto con fluidos tisulares.
- En relación con el segundo objetivo específico, el MTA mostró valores intermedios de solubilidad en ambos tiempos de evaluación, manteniéndose dentro de los límites aceptables establecidos por la normativa ISO. Este resultado confirma que el MTA presenta una estabilidad dimensional adecuada, lo que respalda su uso clínico como material de referencia en procedimientos endodónticos.
- En cuanto al tercer objetivo específico, el Biodentine presentó la menor solubilidad a las 24 y 48 horas, evidenciando mayor estabilidad estructural durante las primeras fases de fraguado. Este comportamiento puede atribuirse a su formulación optimizada y menor tamaño de partícula, lo que favorece una hidratación más homogénea y menor pérdida de masa.
- Respecto al objetivo comparativo, se observó que la solubilidad aumentó en todos los materiales al pasar de 24 a 48 horas, lo que indica que el tiempo de inmersión influye directamente en la pérdida de masa de los cementos de silicato de calcio. Sin embargo, el Biodentine mantuvo valores significativamente menores, seguido del MTA y finalmente el cemento Portland blanco.
- Desde el punto de vista clínico, los resultados obtenidos sugieren que los cementos con menor solubilidad, como Biodentine y MTA, presentan mayor estabilidad dimensional y mejor capacidad de sellado, lo que podría contribuir a mejorar el pronóstico de los tratamientos endodónticos. Por el contrario, el cemento Portland blanco, aunque se mantuvo dentro de los

límites aceptables, mostró mayor solubilidad, lo que podría limitar su uso clínico directo sin modificaciones adicionales.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda el uso preferente de Biodentine® en procedimientos endodónticos que requieran una mayor estabilidad dimensional y menor solubilidad inicial, especialmente en situaciones clínicas donde el material se encuentre en contacto directo con fluidos tisulares o soluciones irrigantes.
- El MTA continúa siendo un material confiable y clínicamente aceptable; no obstante, se sugiere considerar sus propiedades de manipulación y solubilidad inicial al momento de su selección, especialmente en procedimientos donde el tiempo de fraguado pueda influir en el resultado clínico.
- El cemento Portland blanco, a pesar de cumplir con los criterios de solubilidad establecidos por las normas internacionales, debe ser utilizado con precaución en el ámbito clínico, recomendándole su empleo principalmente en estudios experimentales o en formulaciones modificadas que optimicen sus propiedades físico-mecánicas.
- Se recomienda la realización de estudios adicionales *in vivo* que permitan evaluar el comportamiento clínico real de estos materiales, considerando factores biológicos como la respuesta tisular, la presión mecánica y la interacción con fluidos orales.
- Asimismo, se sugiere desarrollar investigaciones a largo plazo que incluyan otros parámetros físico-químicos, tales como microdureza superficial, resistencia a la compresión y rugosidad superficial, con el fin de complementar la evaluación integral de los CSC .

REFERENCIAS

1. Kato G, Gomes PS, Neppelenbroek KH, Rodrigues C, Fernandes MH, Grenho L. Fast-setting calcium silicate-based pulp capping cements: antibacterial, irritation and cytocompatibility assessment. *Materials (Basel)*. 2023;16(1):450. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/1/450>
2. Rebolledo S, Alcántara-Dufeu R, Luengo L, Ferrada L, Sánchez-Sanhueza G. Real-time evaluation of the biocompatibility of calcium silicate-based endodontic cements: an in vitro study. *Clin Exp Dent Res*. 2023;9(2):321-330. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cre2.714>
3. Eskandari F, Razavian A, Hamidi R, Yousefi K, Borzou S. An updated review on properties and indications of calcium silicate-based cements in endodontic therapy. *Int J Dent*. 2022;2022:6(5)-80-88. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/6858088>
4. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview. *Int Endod J*. 2018;51(2):177-205. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.12841>
5. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater*. 2015;31(4):351-370. Disponible en: [linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0109-5641\(15\)00018-4](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0109-5641(15)00018-4)
6. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus Biodentine: review of literature with a comparative analysis. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(8):1-5. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5620936/>

7. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P. Bioceramics in endodontics: a review. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017;3(1):128-137. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5750835/>

8. Falkowska-Ostrowska J, Nowicka A, Lipski M, Kołlecki J, Dembowska E. The Washout Resistance of Bioactive Root-End Filling Materials: A Systematic Review. *J Clin Med.* 2025;14(7):2446. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/14/7/2446>

9. Majeed, R., Elnawawy, H.M., Kutty, M.G. *et al.* Physicochemical, mechanical and biological properties of nano-calcium silicate-based cements: a systematic review. *Odontology.* 2023;10(3):759–776. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10266-023-00786-0>

10. Eren SK, Örs SA, Aksel H, Canay Ş, Karasan D. Effect of irrigants on the color stability, solubility, and surface characteristics of calcium-silicate based cements. *Restor Dent Endod.* 2022;47(1):e4. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8891465/>

11. Luna-Cruz SM, Sánchez-Vargas LO, González-Rodríguez MP, et al. Physicochemical properties of tricalcium silicate-based experimental cement for pulp capping and endodontic use. *Braz Oral Res.* 2024;38(4):14-21. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bor/a/ptrT9NrwnTQKhtJxk8CRQTm/>

12. Queiroz MS, Meraji N, Ghanbari F, Nekoofar MH, Bolhari B, Dummer PMH. Effect of blood contamination on the compressive strength of three calcium silicate-based cements. *Aust Endod J.* 2021;47(3):255-259. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aej.12441>

13. Vega-González M, Domínguez-Pérez RA, Higareda-Mendoza AE, Domínguez-Pérez R, Espinosa-Cristóbal LF, Sánchez-Lara Y Tajonar RG. The microstructure, composition, physical properties, and bioactivity of calcium silicate cement prototypes for vital pulp

- therapies. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2024;22:(8)55-63. 2023;39(2):134-145. Disponible en: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/22808000241296663?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
14. Dong X, Xu X. Bioceramics in endodontics: updates and future perspectives. *Bioengineering* (Basel). 2023;10(3):354. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2306-5354/10/3/354>
 15. Tanomaru JM, Vázquez FA, Bosso-Martelo R, Bernardi MI, Faria G. Effect of addition of nano-hydroxyapatite on physico-chemical and antibiofilm properties of calcium silicate cements. *J Appl Oral Sci*. 2017;25(2):204-210. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/jaos/a/rJZDC9dF5rdh4Q3XnfcCYyj/?lang=en>
 16. Abusrewil SM, McLean W, Scott JA. The use of bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: a literature review. *Saudi Dent J*. 2018;30(4):273-282. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1013905218300713?via%3Dihub>
 17. Antunes H, Gominho L, Andrade-Junior CV, Dessaune-Neto N, Alves FRF, Rôças IN. Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *Int Endod J*. 2016;49(10):960-965. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.12543>
 18. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill Education; 2018. Disponible en: <https://artes.upn.edu.co/wp-content/uploads/2024/11/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-Sampieri-Mendoza-2018.pdf>
 19. Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM, Viapiana R, Berbert FL, Duarte MA, Tanomaru-Filho M. Physicochemical properties of calcium silicate cements associated with microparticulate and nanoparticulate radiopacifiers. *Clin Oral Investig*. 2016;20(1):83-90. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-015-1483-7>

20. Song W, Zhu Q, Zhang Y, Li J, Li Y. Biocompatibility and bioactivity of calcium silicate-based bioceramics in endodontics: a systematic review. *Int J Mol Sci.* 2024;25(3):1458. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/3/1458>

21. Jang YJ, Kim YJ, Vu HT, Park JH, Shin SJ, Dashnyam K, et al. Physicochemical, Biological, and Antibacterial Properties of Four Bioactive Calcium Silicate-Based Cements. *Pharmaceutics.* 2023;15(6):1702. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1999-4923/15/6/1701>

22. Cervino G, Laino L, D'Amico C, Russo D, Nucci L, Amoroso G, Gorassini F, Tepedino M, Terranova A, Gambino D, Mastroieni R, Tözüm MD, Fiorillo L. Mineral Trioxide Aggregate Applications in Endodontics: A Review. *Eur J Dent.* 2020 Oct;14(4):683-691. Disponible en: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0040-1713073>

23. Tsuchiya K, Sauro S, Sano H, Matinlinna JP, Yamauti M, Hoshika S, et al. Clinical applications and classification of calcium silicate-based cements based on their history and evolution: a narrative review. *Clin Oral Investig.* 2025;29:187. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40095151/>

24. Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Chavez-Andrade GM, Tanomaru Filho M. Solubility, porosity and fluid uptake of calcium silicate-based cements. *J Appl Oral Sci.* 2018;26:e20170465. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5953561/>

25. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: a review. *Int J Biomater.* 2016;2016:9753210. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ijbm/2016/9753210/>

26. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater.* 2013;29(5):580-593. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0109564113000559?via%3Dihub>

27. Gandolfi MG, Spagnuolo G, Siboni F, et al. Calcium silicate/calcium phosphate biphasic cements for vital pulp therapy: chemical-physical properties and human pulp cells response. *Clin Oral Investig.* 2015;19(8):2075-2089. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-015-1443-2>

28. Viapiana R, et al. Solubility and porosity of root-end filling materials. *J Endod.* 2014;40(3):389-394. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iej.12513>

29. Ha WN, Nicholson T, Kahler B, Walsh LJ. Mineral Trioxide Aggregate-A Review of Properties and Testing Methodologies. *Materials (Basel).* 2017;10(11):12-21. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/10/11/1261>

30. Dąbrowska K, Górska A, Nowicka A. Evaluation of Biodentine Tricalcium Silicate-Based Cement: Current Evidence and Clinical Implications. *Appl Sci.* 2024;14(19):87-92. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/19/8702>

31. Batista LCN, Crivelari JM, Pegoraro JVC, Janini ACP, Marciano MA, Lopes CS, et al. Physicochemical evaluation of mineral trioxide aggregate and novel calcium silicate-based repair cement. *BMC Oral Health.* 2025;25:44-48. Disponible en: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-025-06428-x>

32. Costa BC, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Rodrigues EM, Bonetti-Filho I, Tanomaru-Filho M. Ytterbium Oxide as Radiopacifier of Calcium Silicate-Based Cements. Physicochemical and Biological Properties. *Braz Dent J*. 2018;29(5):452-458. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bdj/a/59pRthbkmQQJFv8r8bBZ4JF/?lang=en>

33. Gangishetti S, Chandak M, Jaiswal A, Paul P, Mankar N, Chandak R. Bioactivity of calcium silicate-based endodontic materials: a comparative in vitro evaluation. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024;16(2):150-156. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/379868510_Bioactivity_of_Calcium_Silicate-Based_Endodontic_Materials_A_Comparative_in_vitro_Evaluation

34. Usta SN, Keskin C. Color stability and solubility of Biodentine and NeoPutty in contact with different irrigation solutions. *Restor Dent Endod*. 2024;49(3):-20-25. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11377880/>

35. Maharti ID, Pratiwi AR, Putri DA, et al. Calcium silicate-based sealers: apatite deposition on root canal dentin and pH variation analysis. *Eur J Dent*. 2024;18(4):1-9. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12020572/>

ANEXOS

Anexo N 01°: Matriz de Consistencia

“SOLUBILIDAD DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL Y BIODENTINE SEGÚN TIEMPO”

Formulación del problema	objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño metodológico
Problema general ¿Cuál es el nivel de solubilidad de los cementos de silicato de calcio: Cemento portland Blanco, MTA y Biodentine? Problemas específicos ¿Cuál es el nivel de solubilidad del cemento portland blanco a las 24 horas y 48 horas? ¿Cuál es el nivel de solubilidad del MTA a las 24 horas y 48 horas? ¿Cuál es el nivel de solubilidad del Biodentine a las 24 horas y 48 horas? ¿Qué tipo de cemento de silicato de calcio tiene menor solubilidad a las 24 horas y 48 horas?	Objetivos General Se Determinó el nivel de solubilidad de los cementos de silicato de calcio: Cemento portland Blanco, MTA y Biodentine. Objetivos específicos Se evaluó el nivel de solubilidad del cemento portland blanco a las 24 horas y 48 horas. Se evaluó el nivel de solubilidad del MTA a las 24 horas y 48 horas. Se evaluó el nivel de solubilidad del Biodentine a las 24 horas y 48 horas. Se comparó el nivel de solubilidad de los cementos de silicato de calcio: cemento portland Blanco, MTA y Biodentine a los 24 y 48 horas.	H1: El cemento Biodentine presentó altos valores de solubilidad en comparación al cemento portland y MTA. H0: El cemento Biodentine no presentó altos valores de solubilidad en comparación al cemento portland y MTA. H1: El cemento portland presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y MTA. H0: H1: El cemento portland no presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y MTA. H1: El MTA presentó altos valores de solubilidad en comparación al Biodentine y cemento portland. H0: El MTA no presentó altos valores de solubilidad en comparación al cemento portland y MTA.	Variable 1: Cementos de silicato de calcio Variable 2: Solubilidad	Tipo de investigación experimental in vitro. método y diseño de la investigación experimental in vitro, longitudinal y prospectivo. Población y muestra muestra total constituida por 60 discos experimentales.

Anexo N 02°: Instrumento de Recolección de Datos

“SOLUBILIDAD DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL Y BIODENTINE SEGÚN TIEMPO”

Tiempo de medición: 24 horas () 48 horas ()

N° de muestras	Cemento Portland	MTA	Biodentine
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Anexo N° 03: Validez del Instrumento



- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

INFORME DE ENSAYO N°		IE-038-2025		EDICIÓN N° 2		Página 2 de 3	
6. RESULTADOS GENERADOS							
Grupo 1			Cemento Portland - Tiempo de medición 24 horas y 48 horas				
Espécimen	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Prueba Solubilidad (P1 - 24 horas)	Prueba Solubilidad (P2-48 horas)		
1	3.99	6.00	12.50	2.30	2.81		
2	3.96	6.08	12.32	2.22	2.77		
3	3.97	5.98	12.38	2.19	2.90		
4	4.00	6.00	12.57	2.19	2.69		
5	4.03	6.00	12.76	2.21	2.75		
6	3.94	5.97	12.19	2.40	2.71		
7	4.01	6.08	12.63	2.41	2.77		
8	4.00	6.00	12.57	2.36	2.75		
9	3.98	6.00	12.44	2.19	2.89		
10	4.00	6.00	12.57	2.38	2.90		
Grupo 2			Cemento Biodentine- Tiempo de medición 24 horas y 48 horas				
Espécimen	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Prueba Solubilidad (P1 - 24 horas)	Prueba Solubilidad (P2-48 horas)		
1	3.94	5.97	12.19	0.80	0.84		
2	4.01	6.08	12.63	0.77	0.83		
3	4.00	6.00	12.57	0.83	0.88		
4	3.98	6.00	12.44	0.82	0.87		
5	4.00	6.00	12.57	0.79	0.86		
6	3.96	6.08	12.32	0.80	0.85		
7	3.97	5.98	12.38	0.76	0.84		
8	4.00	6.00	12.57	0.86	0.90		
9	4.03	6.00	12.76	0.80	0.85		
10	3.94	5.97	12.19	0.82	0.88		



- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

INFORME DE ENSAYO N°		IE-038-2025		EDICIÓN N° 2	Página 3 de 3
Grupo 3		Cemento MTA- Tiempo de medición 24 horas y 48 horas			
Espécimen	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Prueba Solubilidad (P1 - 24 horas)	Prueba Solubilidad (P2-48 horas)
1	4.05	6.02	12.88	1.45	1.74
2	3.98	6.00	12.44	1.40	1.69
3	4.01	6.02	12.63	1.51	1.68
4	4.04	6.01	12.82	1.50	1.76
5	4.01	6.00	12.63	1.51	1.79
6	4.02	6.02	12.69	1.44	1.71
7	4.05	6.03	12.88	1.39	1.69
8	3.97	6.04	12.38	1.48	1.68
9	4.01	6.01	12.63	1.45	1.74
10	4.03	6.01	12.76	1.48	1.78



ROBERT NICK EUSEBIO TEHERÁN
ING. MECÁNICO
LABORATORIO HTL CERTIFICATE



HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC Boulevard Los Mirables Nro. 1319 Lote 48 Mz. M Urb. Los Jardines 2da Etapa San Juan de Lurigancho Telf : +51(01) 4065 215 - 997 123 584 Lunes a Viernes de 08:00 am -

Anexo N 04°: Confiabilidad del Instrumento



LABORATORY HIGH TECHNOLOGY (HTL)

CERTIFICACIÓN DE EJECUCIÓN

Lima 21 de Enero del 2026

El que suscribe, Director del laboratorio de HIGH TECHNOLOGY LABORATORY S.A.C (HTL) deja constancia:

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo a nombre del LABORATORY CERTIFICATE S.A.C (HTL) y al mismo tiempo para comunicarle que la Bachiller Ingrid Nicole Deza Castañeda identificado con el DNI 76589827 y registrado en la Universidad Privada Norbert Wiener ha ejecutado su proyecto de investigación titulado: "SOLUBILIDAD DE CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO Y BIODENTINE SEGÚN TIEMPO" durante el periodo 19 de Diciembre al 27 de Diciembre del 2025, en las instalaciones la cual represento.

Se expide el presente a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Atte.



Ing. Roberto Nick Eusebio Teherán
Director del Laboratorio HIGH TECHNOLOGY
LABORATORY CERTIFICATE S.A.C (HTL)
RUC: 20565244877

Anexo N° 05: Aprobación del Comité de Ética



COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Lima, 22 de octubre del 2025.

Autor Responsable:

INGRID NICOLE DEZA CASTAÑEDA

Exp. N°: 2075-2025

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética e Integridad Científica (CIEIC) de la Universidad Privada Norbert Wiener evaluó y **APROBÓ** el siguiente proyecto de investigación:

Proyecto Titulado: **"SOLUBILIDAD DE CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO Y BIODENTINE SEGÚN TIEMPO"**

Versión Nro. 1, aprobada por el asesor en fecha 03/10/ 2025.

El cual tiene como Autor(es) a:

INGRID NICOLE DEZA CASTAÑEDA

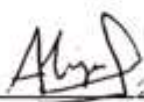
La **APROBACIÓN** otorgada comprende la verificación del cumplimiento de las buenas prácticas éticas, la adecuada evaluación del balance riesgo/beneficio, la idoneidad del equipo de investigación y la garantía de confidencialidad en el manejo de los datos, entre otros aspectos éticos y metodológicos pertinentes.

El investigador deberá considerar los siguientes puntos detallados a continuación:

- La aprobación otorgada por el CIEIC tiene una **vigencia de veinticuatro (24) meses** contados desde la fecha de emisión del presente documento. Esta vigencia es exclusiva para los procedimientos éticos revisados por el Comité y no sustituye ni aplica a los trámites administrativos ante la Oficina de Grados y Títulos.
- La constancia de aprobación por el CIEIC **no garantiza la aceptación** por parte de las **instituciones** en las que se planea realizar la investigación.
- En caso de requerir una **enmienda**, entendida como una modificación menor que **no altera de manera sustantiva** el proyecto aprobado, esta deberá ser presentada al CIEIC y no podrá ejecutarse sin su aprobación previa. **Cualquier cambio sustantivo deberá tramitarse como proyecto nuevo** ante el CIEIC.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,


Mg. Angélica Karina Minaya Galarreta
Presidente
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
Universidad Privada Norbert Wiener

Anexo N° 06 Formato de Consentimiento Informado

Anexo N° 07: Carta de Aprobación del Instituto



ORGO 87

CERTIFICACIÓN DE EJECUCIÓN

Lima 21 de Enero del 2026

El que suscribe, Director del laboratorio de LABORATORIOS ORALGRAM S.A.C deja constancia:

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo a nombre del LABORATORIOS ORALGRAM S.A.C y al mismo tiempo para comunicarle que la Cirujana Dentista **Ingrid Nicole Deza Castañeda** identificado con el DNI 76589827 y registrado en la Universidad Privada Norbert Wiener ha ejecutado su proyecto de investigación titulado: **"SOLUBILIDAD DE CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO Y BIODENTINE SEGÚN TIEMPO"** durante el periodo 19 de Diciembre al 27 de Diciembre del 2025, en las instalaciones la cual represento.

Se expide el presente a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Atte.

Lic. Claudia Chavez Chapanna
Directora del Laboratorio OralGram S.A.C
LABORATORIOS ORALGRAM S.A.C
RUC: 20608033361

☎ 084 374 588
f @ oral_gram

✉ oralgram@gmail.com
📍 Av. Primavera 543 - Piso A, San Borja

Anexo N° 08: Informe del Asesor de Tesis

 Universidad Norbert Wiener	INFORME DEL ASESOR		
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-014	VERSIÓN: 02	FECHA: 13/05/2020
		REVISIÓN: 02	

Lima, 28 de Enero de 2020

Dra. Brenda Vergara Pinto
(Grado académico) (Nombres y apellidos del Director(a) de la EAP o EPG)

Director(a) de la EAP de Odontología (o EPG)

Presente.

Presente.

De mi especial consideración:

Es grato expresarle un cordial saludo y como Asesor de la tesis titulada:

“Solubilidad de los cementos de silicato de calcio: cemento portland blanco, agregado de trióxido mineral y Biodentine según tiempo”, desarrollada por el egresado Deza Castañeda Ingrid Nicole; para la obtención del Grado/Título Profesional de Cirujano Dentista; ha sido concluida satisfactoriamente.

Al respecto informo que se lograron los siguientes objetivos:

- Determinar la solubilidad del cemento Portland blanco a las 24 y 48 horas.
- Determinar la solubilidad del MTA a las 24 y 48 horas.
- Determinar la solubilidad del Biodentine® a las 24 y 48 horas.
- Comparar la solubilidad entre los cementos:

Así mismo, informo y doy conformidad de que se ha cumplido con los requisitos académicos solicitados por la Universidad Privada Norbert Wiener, en torno a las políticas de originalidad y conductas antiplagio, entre ellos el Procedimiento para el uso de software antiplagio, cumpliendo con los porcentajes de originalidad establecido.

Atentamente,



Firma del Asesor

Morante Maturana Sara Angelica
Apellidos y Nombres del Asesor

Anexo N° 09: Fotos del Procedimiento



Preparación de las muestras de los cementos de silicato de calcio

Anexo N° 09: Fotos del Procedimiento



Incubación de las muestras en la estufa a 37* C de los cementos, inmersos en las soluciones líquidas.

Retiro de las muestras de cementos que estaban incubadas dentro de la estufa a 37 C por 24 y 48 horas, para su análisis de pesaje y determinación de la solubilidad.

El peso inicial de cada disco experimental fue registrado utilizando una balanza analítica de alta precisión (0,0001 g).

ANEXO N° 10 Informe de Turnitin



Página 2 de 41 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: Imoid:14912308527839

4% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.



Página 2 de 41 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: Imoid:14912308527839

4% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.

Fuentes principales

4%	 Fuentes de Internet
0%	 Publicaciones
2%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	3%
2	Internet	1library.co	<1%
3	Internet	repositorio.unica.edu.pe	<1%
4	Internet	www.coursehero.com	<1%
5	Internet	www.engormix.com	<1%
6	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-08-23	<1%
7	Internet	core.ac.uk	<1%
8	Internet	w.redalyc.org	<1%
9	Internet	repositorio.uroosevelt.edu.pe	<1%
10	Internet	www.exopol.com	<1%