



Universidad
Norbert Wiener

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

Tesis

Relación entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del
esmalte dental humano. Estudio in vitro

**Para optar el Título Profesional de
Cirujano Dentista**

Presentado por:

Autor: Alvines Hurtado, Gino Marino

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5980-5438>

Asesor: Mg. Vásquez Rodrigo, Hernán

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5926-6837>

Lima – Perú

2026

 Universidad Norbert Wiener	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, Gino Marino Alvines Hurtado 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 **“Relación entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano. Estudio in vitro”** Asesorado por el docente: Mg. Hernán Vásquez Rodrigo DNI 06144320 ORCID 0000-0002-5926-6837. tiene un índice de similitud de 9 (NUEVE) % con código trn:oid:::14912:577064514 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
 Gino Marino Alvines Hurtado
 DNI: 42302021



.....
 Firma de asesor
 Hernán Vásquez Rodrigo
 DNI: 06144320

Lima, 28 de abril de 2026

Asesor: Vásquez Rodrigo, Hernán

ÍNDICE

1. EL PROBLEMA	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Justificación	3
1.4.1. Teórica	3
1.4.2. Metodológica	3
1.4.3. Práctica	3
1.4.4. Social	3
1.5. Limitaciones de la investigación	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases Teóricas	10
2.2.1. Esmalte dentario	10
2.2.2. Erosión del esmalte dental	11
2.2.3. Ácido cítrico	12
2.2.4. Influencia de la temperatura en la erosión del esmalte dental	12
2.2.5. Conexión entre la temperatura y la pérdida de masa del esmalte dental	12
2.2.6. Liberación retardada de iones calcio y fosfato	13
2.3. Hipótesis	13
2.3.1. Hipótesis General	13
2.3.2. Hipótesis específicas	13

3.	METODOLOGÍA	14
3.1.	Método de la investigación	14
3.2.	Enfoque de la investigación.....	14
3.3.	Tipo de investigación	14
3.4.	Diseño de la investigación.....	14
3.5.	Población, muestra y muestreo.....	15
3.5.1.	Población	15
3.5.2.	Muestra.....	15
3.5.3.	Muestreo	16
3.6.	Variables y operacionalización	17
3.7.	Técnicas e instrumentación de datos.....	18
3.7.1.	Técnica.....	18
3.7.2.	Descripción de la instrumentación de recolección de datos.....	19
3.7.3.	Validación.....	20
3.7.4.	Confiabilidad.....	20
3.8.	Procesamiento y análisis de datos.....	20
3.9.	Aspectos éticos.....	21
4.	PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	22
4.1.	Presentación de resultados	22
4.1.1.	Verificación de los supuestos estadísticos.....	22
4.1.2.	Comparación de la microdureza del esmalte antes y después de la exposición al ácido cítrico	22
4.1.3.	Magnitud del efecto de la exposición al ácido cítrico según temperatura....	23
4.1.4.	Comparación de la pérdida de microdureza entre los grupos de temperatura	23
4.2.	Discusión del resultado.....	25
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28

5.1. Conclusiones	28
5.2. Recomendaciones	28
REFERENCIAS	30
ANEXOS.....	35

RESUMEN

Objetivo: Determinar la relación entre la temperatura de la solución de ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro, evaluando y comparando la pérdida de microdureza superficial.

Material y métodos: Estudio experimental puro, de corte transversal y nivel correlacional. Se utilizó una muestra de 40 bloques de esmalte dental humano, distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos térmicos de exposición ácida (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C). Se cuantificó la microdureza inicial y final mediante la prueba Vickers. Los datos fueron sometidos a análisis de estadística inferencial.

Resultados: Todos los grupos experimentales presentaron una reducción estadísticamente significativa de la microdureza inicial. Se evidenció que la pérdida mineral presentó su menor nivel de desgaste a los 25 °C (temperatura ambiente), mientras que los extremos térmicos evaluados (10 °C, 37 °C y 50 °C) exacerbaban la desmineralización estructural de la matriz adamantina.

Conclusiones: Existe una relación directa y determinante entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte. Se concluye que las variaciones térmicas extremas actúan como un factor catalizador que agrava significativamente la capacidad erosiva de la solución ácida sobre el diente.

Palabras clave: Ácido cítrico; Erosión de los dientes; Pruebas de dureza; Temperatura; Desarrollo sostenible, técnicas in vitro.

ABSTRACT

Objective: To determine the relationship between the temperature of a citric acid solution and the erosion of human dental enamel in vitro, by evaluating and comparing the loss of surface microhardness.

Materials and methods: A pure experimental, cross-sectional, and correlational study. A sample of 40 blocks of human dental enamel was randomly distributed into four thermal acid exposure groups (10 °C, 25 °C, 37 °C, and 50 °C). Initial and final microhardness were quantified using the Vickers test. The data were subjected to inferential statistical analysis.

Results: All experimental groups showed a statistically significant reduction in initial microhardness. It was evidenced that mineral loss presented its lowest level of wear at 25 °C (room temperature), while the extreme temperatures evaluated (10 °C, 37 °C, and 50 °C) exacerbated the structural demineralization of the enamel matrix.

Conclusions: There is a direct and determining relationship between the temperature of citric acid exposure and enamel erosion. It is concluded that extreme thermal variations act as a catalytic factor that significantly aggravates the erosive capacity of the acidic solution on the tooth.

Keywords: Citric acid; Tooth erosion; Hardness tests; Temperature; Sustainable development, In Vitro Techniques.

INTRODUCCION

La erosión dental constituye una alteración no cariosa de creciente relevancia en la odontología actual, caracterizada por la pérdida gradual y permanente del tejido dentario como consecuencia de mecanismos químicos, sin participación bacteriana. Los cambios en los hábitos alimentarios han incrementado la exposición del esmalte a sustancias ácidas, especialmente a través del consumo frecuente de bebidas industrializadas. Entre los ácidos de origen dietético, el ácido cítrico sobresale por su amplia presencia en jugos y bebidas carbonatadas, así como por su alto potencial erosivo. Este efecto se relaciona con su capacidad para disminuir el pH del medio y formar complejos con los iones calcio del esmalte dental, lo que favorece la disolución de la hidroxiapatita y la consecuente reducción de la microdureza superficial. Aunque la literatura científica ha analizado de manera extensa variables como la concentración del ácido, el tiempo de exposición y el pH en el proceso de erosión dental, la influencia de la temperatura de las soluciones ácidas ha sido abordada de forma limitada. En la práctica cotidiana, las bebidas ácidas se consumen tanto frías como calientes, lo que podría modificar su comportamiento químico y su capacidad erosiva sobre el esmalte dental.

La microdureza del esmalte dental constituye un parámetro ampliamente utilizado para evaluar los cambios estructurales iniciales del proceso erosivo, ya que permite identificar de manera objetiva la pérdida mineral en etapas tempranas. En este contexto, los estudios experimentales in vitro permiten analizar de forma controlada el efecto de variables específicas, como la temperatura, sobre la respuesta del esmalte dental frente a agentes ácidos. En este contexto, El propósito central de este trabajo consistió en cuantificar el impacto térmico del ácido cítrico sobre la integridad superficial (microdureza) del esmalte humano, empleando un protocolo estandarizado de laboratorio.

Para abordar esta problemática de manera sistemática, la presente investigación se estructura en cinco capítulos fundamentales. El Capítulo I expone el planteamiento y formulación del problema, así como los objetivos y la justificación del estudio. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, detallando los antecedentes investigativos y las bases conceptuales sobre la erosión dental y la fisicoquímica del ácido cítrico. El Capítulo III detalla el marco metodológico, especificando el diseño experimental in vitro, la población muestral y los procedimientos técnicos de microdureza Vickers. El Capítulo IV presenta el procesamiento estadístico de los datos y la discusión crítica de los resultados obtenidos. Finalmente, el Capítulo V consolida las conclusiones de la investigación y propone recomendaciones con enfoque preventivo y de aplicación clínica.

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El ácido cítrico, proveniente principalmente de la dieta, ejerce un efecto erosivo sobre las estructuras dentarias mediante un doble mecanismo: la disminución drástica del pH y su alta capacidad para formar complejos quelantes con el calcio del esmalte (1-7). Esta acción favorece la desmineralización al interferir con los procesos naturales de remineralización, potenciando la pérdida estructural de los cristales de hidroxiapatita (8). La acción quelante depende de su grado de ionización y constantes de disociación, lo que le permite unirse al calcio adamantino. Frente a este ataque químico, la saliva actúa como el principal mecanismo de defensa fisiológico mediante su capacidad tampón (sistema bicarbonato), regulando el tiempo de exposición ácida y aportando concentraciones de calcio y fosfato para intentar remineralizar el esmalte (9).

Diversos estudios epidemiológicos a nivel global reportan un incremento significativo en el consumo de bebidas industrializadas ricas en ácido cítrico (10), hábito dietético que se correlaciona directamente con una mayor prevalencia de lesiones erosivas en la población contemporánea (11,12).

Si bien la etiología de la erosión dental es multifactorial y el potencial desmineralizante de los ácidos dietéticos está ampliamente documentado, la influencia específica de la temperatura de estos agentes ha sido escasamente abordada en la literatura científica (2,5). Esto resulta clínicamente relevante dado que los hábitos de consumo actuales incluyen la ingesta frecuente de bebidas ácidas sometidas a variaciones térmicas extremas (altamente refrigeradas o en estado de ebullición/calientes) (6-13).

Por consiguiente, existe un vacío en el conocimiento respecto a cómo el factor térmico

modifica la cinética de disolución de los prismas del esmalte. Frente a esta problemática y a la necesidad de establecer pautas preventivas basadas en evidencia, surge la presente investigación. De lo expuesto, se plantea la siguiente interrogante principal:

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la relación entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de pérdida de microdureza superficial del esmalte dental humano tras la exposición in vitro al ácido cítrico en los distintos niveles térmicos evaluados (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C)?
- ¿Existen diferencias significativas en la pérdida de microdureza del esmalte dental humano entre los grupos de temperatura de exposición?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la relación entre la temperatura de la solución de ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el nivel de pérdida de microdureza superficial del esmalte dental humano tras la exposición in vitro al ácido cítrico en los distintos niveles térmicos evaluados (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C).
- Comparar estadísticamente las diferencias en la pérdida de microdureza del esmalte dental humano entre los cuatro grupos de temperatura de exposición.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

Contribuir al conocimiento científico proponiendo una literatura basada en evidencia científica que contribuya con el fin de optimizar el entendimiento de la asociación que se establece entre, la temperatura de las bebidas sustancias ácidas en el proceso de erosión dental, considerado uno de los defectos del esmalte más frecuentes de la población, valorando el consumo y los factores predisponentes al problema de salud oral.

1.4.2. Metodológica

La selección del diseño experimental in vitro obedece a la necesidad de aislar la variable térmica, permitiendo evaluar el impacto exclusivo del ácido cítrico sobre el sustrato adamantino sin la interferencia de factores de confusión biológicos (propios del medio oral). Este control riguroso es fundamental para asegurar la validez interna del estudio. Paralelamente, se optó por la microdureza Vickers como herramienta métrica debido a su resolución para cuantificar lesiones incipientes. Al ser una técnica sensible a las alteraciones microestructurales, combinada con un tratamiento estadístico robusto, garantiza una interpretación objetiva del fenómeno erosivo.

1.4.3. Práctica

La misma que se enfocará en el desarrollo, tanto de la odontología preventiva, orientando a los pacientes en hábitos saludables en la ingesta de productos alimenticios y bebidas de carácter ácido; del mismo modo, contribuir a la ciencia de materiales dentales, aportando datos para desarrollar productos que intervengan en la promoción y resguardo de la salud bucal, también en los estudios científicos clínicos, a sentar bases para futuros estudios in vitro respecto a la variable motivo de estudio.

1.4.4. Social

La relevancia social del presente estudio se fundamenta en el aumento de la erosión del esmalte dental como una alteración común de la salud bucal, vinculada al consumo

cotidiano de productos alimentarios ácidos. En la vida cotidiana se ingieren productos que contienen ácido cítrico, a diferentes temperaturas, sin que se tenga un conocimiento suficiente del efecto que esta variable tiene sobre la aceleración del desgaste del esmalte dental. Los datos de la presente investigación aportan pruebas científicas que contribuyen a la concienciación del consumo de sustancias ácidas a altas temperaturas y a su consecuencia en los hábitos de prevención orientados a la salud dental. Los resultados de este estudio pueden constituir una base para que los profesionales del área odontológica refuercen las acciones educativas y preventivas, fomentando hábitos saludables que contribuyan a disminuir la aparición de lesiones erosivas y favorecer una mejor calidad de vida, mediante la preservación de la salud oral.

1.5. Limitaciones de la investigación

Este trabajo presenta limitaciones características de los estudios con diseño experimental in vitro porque las condiciones de laboratorio no simulan plenamente la cavidad oral de las personas, donde también importan factores como la saliva, la acción de masticar y los procesos de remineralización que tienden a contrarrestar el desgaste por erosión. El tamaño de la muestra también estuvo limitado por la dificultad para conseguir dientes humanos que cumplieran los criterios de inclusión. Además, la evaluación de la erosión se basa únicamente en la microdureza del esmalte y en condiciones específicas de temperatura o tiempo de exposición, razón por la que los resultados no pueden extrapolarse completamente a otras situaciones clínicas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Maksyukov et al. (13) llevaron a cabo un estudio *in vitro* con el propósito fundamental de determinar "cómo el tiempo de exposición y el grabado con ácido cítrico afectan la superficie del esmalte y la dentina". La metodología consistió en someter fragmentos de esmalte de molares superiores a concentraciones de ácido cítrico al 0.5 %, 3 % y 5 %, evaluando la rugosidad mediante microscopía óptica y de fuerza atómica. Los hallazgos demostraron que la concentración al 5 % produce un grabado controlado y seguro tras 45 segundos, a diferencia del ácido fosfórico tradicional que puede generar un daño estructural excesivo. Los autores concluyeron que el ácido cítrico es una alternativa química eficaz para preparar la superficie del esmalte sin comprometer severamente el tejido.

Akter et al. (14) desarrollaron una investigación cuasiexperimental enfocada en "evaluar la relación entre el pH, la temperatura y la acidez titulable de diversas bebidas de consumo habitual, variables directamente implicadas en la erosión dental". Al monitorear diversas soluciones bajo condiciones estandarizadas, los investigadores descubrieron una asociación inversamente proporcional entre la temperatura y el pH; es decir, el calentamiento del líquido potenció significativamente la liberación de protones, exacerbando su agresividad química sobre el sustrato. Concluyeron que la temperatura actúa como un catalizador del daño erosivo, sugiriendo que mantener la cadena de frío en las bebidas ácidas funciona como un factor protector para la integridad del esmalte.

Shellis et al. (15) realizaron un estudio experimental cuyo propósito fue "examinar cómo la presencia de calcio y fosfato disueltos influye en la tasa de disolución del esmalte, la dentina y la hidroxiapatita comprimida (HA) en soluciones de ácido cítrico bajo diferentes

valores de pH". Los resultados indicaron que, a niveles de acidez extremos (pH 2.5), la adición de calcio aumentó paradójicamente la disolución mineral, pero a niveles más moderados (pH 3.25 y 4.0), logró inhibir la pérdida de esmalte. Por el contrario, el fosfato no demostró ningún efecto protector sobre los tejidos dentarios. Se concluyó que la suplementación de calcio en bebidas ácidas puede mitigar el potencial erosivo del ácido cítrico, siempre y cuando el pH de la solución no sea críticamente bajo.

Santos Rojas et al. (16) realizaron una revisión sistemática, cuyo objetivo fue *“determinar la relación existente entre los hábitos alimentarios y la erosión dental”*. Se examinaron las variables implicadas en el deterioro químico dental, desde los hábitos nutricionales hasta las vías de mitigación terapéutica. Se demostró que la ingesta acidogénica actúa como el factor etiológico predominante. Por tanto, el reconocimiento oportuno de estos compuestos ácidos no solo frena el avance de la lesión, sino que resulta clave para preservar el tejido biológico y descartar la necesidad de terapias invasivas.

Muñiz Gómez et al. (17) El propósito central de este trabajo consistió en *“analizar el potencial erosivo y cariogénico de caramelos de distintos sabores en saliva artificial”*. Para ello, las muestras fueron sometidas a determinaciones de pH, acidez titulable y contenido de azúcares reductores. Cada uno de los ensayos se realizó por triplicado para los sabores evaluados. El tratamiento estadístico de la información se sustentó en el modelo de Análisis de Varianza (ANOVA). Para discriminar las diferencias específicas entre grupos, se procedió con las comparaciones múltiples de Tukey, operando bajo un intervalo de confianza del 95 %. Los resultados obtenidos en la evaluación del pH mostraron que el sabor extrafuerte presentó valores de concentración de sacarosa significativamente superiores en comparación con el sabor fresa. Respecto a la acidez titulable, el sabor fresa mostró valores promedio estadísticamente superiores frente a los sabores menta y extrafuerte. Se concluyó que todos los caramelos estudiados, al

disolverse en saliva artificial, presentan potencial erosivo y efecto cariogénico, independientemente de su sabor.

Beltrami et al. (18) en la investigación donde el objetivo fue “evaluar la influencia de una prueba de acidez en la pérdida de peso de diferentes materiales de restauración”. Se trabajó con composites de resina y cementos de ionómero de vidrio (CIV), utilizando como medio de almacenamiento Coca-Cola (Coca-Cola Company, Milán, Italia) a dos temperaturas: 4 °C para el Grupo A y 37 °C para el Grupo B, con nueve muestras en cada grupo. Tras siete días de inmersión, se determinó el peso de cada muestra y se calculó el porcentaje de pérdida. Los composites de resina (Grupos 1–13) no mostraron cambios relevantes (<1 %), mientras que los CIV (Grupos 14 y 15) presentaron pérdidas significativas, aunque estas se redujeron cuando contaban con una capa protectora superficial. El análisis intergrupar reveló que la exposición a 37 °C generó una mayor pérdida de peso en casi todos los materiales respecto a los mantenidos en condiciones más frías. En conclusión, los composites de resina demostraron una buena resistencia frente al medio ácido, en contraste con los cementos de ionómero de vidrio, que evidenciaron una mayor tendencia a la disolución.

Trujillo-Hernández et al. (19) tuvieron como finalidad “*Determinar el efecto erosivo sobre el esmalte dental de dientes humanos extraídos, expuestos a bebidas gasificadas*”. Se realizó un estudio experimental in vitro en veintiséis piezas dentarias humanas con esmalte íntegro, Tras someter las muestras a un desafío ácido con gaseosas durante una semana, se registraron valores de pH inferiores a 4.5. Esta acidez provocó una reducción ponderal (peso) en el 100 % de los especímenes. El análisis estadístico destacó que dos bebidas en particular ejercieron un efecto erosivo predominante sobre el tejido dental ($p < 0,001$). Ante esta evidencia, se hace prioritario impulsar campañas de información sobre el riesgo de consumo.

Guzmán Suarez (20) desarrolló un estudio con el objetivo de “*caracterizar el inicio de la desmineralización y erosión dentaria en dientes desvitalizados sometidos a diferentes soluciones*”. Bajo un diseño cuantitativo y longitudinal, se monitorearon 30 molares sanos. Mientras el grupo control permaneció en saliva artificial, las unidades experimentales enfrentaron el desafío químico de distintas bebidas por un periodo de un mes. Los resultados finales revelaron un deterioro estructural manifestado en merma de masa y cambios cromáticos, corroborando el poder agresivo de las soluciones sobre el tejido.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Malpartida y Torres (21) realizaron una investigación in vitro a nivel nacional con el objetivo de "comparar la microdureza del esmalte de las piezas dentarias sometidas a 3 tipos de bebidas carbonatadas con diferentes edulcorantes", alineando su justificación con las metas del ODS 3 (Salud y Bienestar). La metodología empleó una muestra de 80 terceras molares humanas sanas, extraídas por indicación ortodóntica, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos de estudio. El nivel de desmineralización se cuantificó registrando el número de dureza Vickers (VHN) en dos momentos: sobre el esmalte intacto (basal) y tras el desafío ácido con las bebidas comerciales. Los resultados evidenciaron el impacto erosivo de las soluciones, registrando valores medios de microdureza de 220.5 ± 28.4 para la variante original, 222.9 ± 25.4 para la versión Zero y 244.2 ± 21.7 para la presentación Light. Los autores concluyeron que la exposición a estas bebidas carbonatadas genera diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de microdureza del esmalte dental, independientemente del sustituto de azúcar utilizado, subrayando la necesidad preventiva de reducir su consumo.

Munive (22) llevó a cabo un estudio experimental in vitro a nivel nacional con el propósito de "comparar el efecto de cuatro agentes fluorados sobre la microdureza del esmalte dentario erosionado en bovinos". La investigación utilizó una muestra de 45 bloques adamantinos distribuidos aleatoriamente en cinco grupos de tratamiento, incluyendo un control placebo. El diseño metodológico contempló la inducción de lesiones erosivas iniciales seguidas de la aplicación de diversos agentes preventivos (geles y barnices fluorados) bajo un modelo de desafío cíclico. Las variaciones de microdureza superficial se cuantificaron en distintas fases temporales, analizando los datos mediante las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y post hoc de Bonferroni. Los hallazgos evidenciaron diferencias estadísticamente significativas (< 0.001) entre los tratamientos a los 7, 14 y 21 días. Se concluyó que el uso de una formulación experimental proporcionó la mayor resistencia y recuperación de microdureza superficial frente al deterioro erosivo constante, demostrando una eficacia protectora superior.

Chinchay (23) desarrolló un estudio experimental a nivel nacional con el propósito de "evaluar el efecto erosivo de los suplementos vitamínicos efervescentes sobre la microdureza del esmalte, en el tiempo, in vitro". La metodología empleó una muestra de 50 especímenes dentarios bovinos distribuidos en cinco grupos, incluyendo controles positivos y negativos. Las variaciones en la superficie adamantina se cuantificaron utilizando la prueba de microdureza Vickers en tres momentos clave: previo a la exposición, al primer minuto y a los diez minutos, analizando los datos mediante las pruebas estadísticas ANOVA de una vía y t de Student pareada. Los resultados demostraron una reducción estadísticamente significativa ($p = 0.05$) de la microdureza inicial en todos los grupos experimentales (Redoxon, Supradyn y Berocca plus) a medida que avanzaba el tiempo de contacto. Se concluyó que los suplementos vitamínicos

efervescentes poseen un efecto erosivo intrínseco sobre el esmalte, el cual se exagera progresivamente según la duración de la exposición.

Cabe resaltar que, tras una exhaustiva revisión en las bases de datos y repositorios de investigación a nivel nacional, se evidencia que la literatura disponible se enfoca primordialmente en evaluar los efectos erosivos y preventivos frente a bebidas carbonatadas, suplementos de consumo común y agentes remineralizantes bajo condiciones de temperatura ambiente (21-23). Existe una carencia documentada de estudios locales que aislen y evalúen de forma independiente el factor térmico como variable que agrava la erosión dentaria por acción del ácido cítrico, lo cual justifica la originalidad del presente estudio.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Esmalte dentario

Se trata del tejido más duro del organismo humano, cuya función es recubrir la dentina a nivel coronario, actuando como una barrera protectora del complejo dentino-pulpar. Su elevada resistencia se debe principalmente a la alta proporción de matriz inorgánica que lo constituye, aproximadamente el 96 %, complementada por un 3 % de agua y una escasa fracción de matriz orgánica, la cual varía entre 0,36 y 1 % (24,25). El componente inorgánico predominante está constituido por fosfato de calcio en forma cristalina de hidroxiapatita. La vulnerabilidad de dichos cristales a la disolución ácida constituye el fundamento químico del desarrollo de la caries dental. La dureza, así como su compleja organización estructural, permite la resistencia a las fuerzas mecánicas aplicadas durante la masticación. Sin embargo, esa dureza lo torna frágil, ya que requiere una capa subyacente de dentina con mayor resistencia para conservar su integridad; cuando dicha capa es destruida por la acción de la caries o por una preparación cavitaria inadecuada, el esmalte tiende a fracturarse fácilmente (26). Las unidades organizativas fundamentales del esmalte de la especie mamífera son las varillas (prismas) y el esmalte interrogado

(sustancia Inter prismática). El esmalte se construye a partir de cristales de hidroxiapatita, que miden 60 a 70 nm de ancho y 25 a 30 nm de espesor (24,25).

El esmalte maduro se distingue por ser un tejido biológicamente inerte: su naturaleza avascular y anervada le impide activar mecanismos de reparación tisular ante el daño (24,25). Esta estructura mineralizada es vulnerable a agentes físicos, sufriendo desgaste por higiene traumática (abrasión por pastas granuladas) o por fatiga ante fuerzas oclusales excéntricas (abfracción). Paralelamente, su estabilidad química es frágil frente a la disolución ácida, desencadenada tanto por el metabolismo bacteriano como por el desafío erosivo exógeno de dietas ricas en ácidos (25,27-29). Se distinguen tres rutas etiológicas para el deterioro no carioso: la erosión, definida como una disolución química por ácidos de origen no bacteriano; la abrasión, resultante de la fricción exógena (como una higiene traumática o pastas granuladas); y la abfracción, un fenómeno de naturaleza biomecánica. En este último, la sobrecarga oclusal provoca la flexión del órgano dental, fatigando el esmalte en la zona cervical hasta su fractura (30-33).

2.2.2. Erosión del esmalte dental

Esta patología se conceptualiza como un fenómeno de disolución superficial irreversible. Esta pérdida de tejido mineralizado ocurre de manera progresiva bajo la influencia directa de ácidos de origen no bacteriano, marcando una clara diferencia etiológica con la lesión cariosa tradicional (1,30).

Se trata de una patología de curso crónico y silencioso, gatillada por ácidos de procedencia intrínseca (como el reflujo gastroesofágico) o extrínseca (como la dieta, donde destacan las bebidas y alimentos de bajo pH) (1,33).

Clínicamente, estas lesiones tienden a localizarse en el tercio cervical del diente, formando concavidades amplias, lisas y superficiales que comprometen la morfología original de la corona y pueden desencadenar hipersensibilidad dentinaria severa (11,32,33).

Una vez instaurada la lesión, la desmineralización se manifiesta por una superficie de esmalte mate y sin brillo, haciéndolo extremadamente susceptible al desgaste por fuerzas mecánicas secundarias, como el cepillado dental o la atrición masticatoria (11).

2.2.3. Ácido cítrico

Se define como un agente de doble impacto erosivo. Funciona mediante dos vías concurrentes: la hidrólisis ácida (por liberación de H^+) y la quelación de minerales. Su potencial para dañar el esmalte está dictado por el equilibrio de sus constantes de disociación (pK_a); estas permiten que el citrato se una químicamente al calcio dental, creando compuestos estables que resultan en la pérdida irreversible de sustancia mineral (25,27).

La literatura científica valida el uso de soluciones ácidas con concentraciones de 0,1 % - 1 % y niveles de pH entre 2,4 y 3,8, ya que estos parámetros logran reproducir fielmente el entorno químico de las bebidas de consumo masivo. El daño observado bajo estas condiciones responde a la afinidad del citrato por el calcio (Ca^{2+}): al unirse a él, desestabiliza la matriz inorgánica del diente, facilitando el avance de la lesión desde la superficie adamantina hacia la profundidad dentinaria (27).

2.2.4. Influencia de la temperatura en la erosión del esmalte dental

Existe una brecha en la investigación respecto al rol de la temperatura como cofactor erosivo. No obstante, la evidencia disponible indica que las reacciones de hidrólisis y disociación ganan velocidad al elevarse la energía térmica. Bajo esta premisa, se postula que el consumo de bebidas ácidas calientes exacerba la agresividad química, acelerando la pérdida mineral del diente de forma más drástica que a temperatura ambiente (34).

2.2.5. Conexión entre la temperatura y la pérdida de masa del esmalte dental

Si bien no existen estudios específicos sobre cómo la temperatura de la solución de ácido cítrico modifica la pérdida de masa del esmalte dental, la evidencia teórica es contundente. Desde una perspectiva fisicoquímica, el mecanismo de erosión se intensifica

por el factor térmico; al elevar la temperatura de la solución, se incrementa la energía cinética de las moléculas de ácido, lo que potencia su capacidad reactiva contra el diente. Esta mayor energía facilita la ruptura de la red de hidroxiapatita (el cristal principal del esmalte), acelerando la desconexión y posterior liberación de sus componentes estructurales básicos: los iones de calcio (Ca^{2+}) y fosfato (PO_4^{3-}). En consecuencia, una solución caliente disuelve la matriz mineral con mayor rapidez y agresividad que una fría (18).

2.2.6. Liberación retardada de iones calcio y fosfato

Se describe la liberación de estas partículas cargadas, durante la erosión dental (35,36).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

Hipótesis de trabajo (Hi)

Existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro.

Hipótesis de trabajo nula (Ho)

No existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro.

2.3.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1 (Hi1)

El nivel de pérdida de microdureza superficial del esmalte dental humano varía de forma significativa tras la exposición in vitro al ácido cítrico según los distintos niveles térmicos evaluados (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C).

Hipótesis específica 2 (Hi2)

Existen diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de microdureza del esmalte dental humano al comparar los cuatro grupos de temperatura de exposición.

3. METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

Se aplicó el método hipotético-deductivo, ya que permite dar solución a los diversos problemas que aborda la ciencia mediante la formulación y comprobación de hipótesis (37).

3.2. Enfoque de la investigación

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, caracterizado por la recopilación y análisis de datos expresados en forma numérica, a partir de indicadores definidos para evaluar las distintas dimensiones de las variables estudiadas (37).

3.3. Tipo de investigación

Experimental in vitro, corresponde al tipo aplicada, debido a que pretende determinar mediante el conocimiento científico un problema de investigación (38).

3.4. Diseño de la investigación

El presente estudio de investigación, por sus características, se enmarca en la siguiente tipología:

Enfoque: Cuantitativo.

Diseño y Tipo: Experimental in vitro y prospectivo.

Nivel o Alcance: Explicativo, dado que el propósito del estudio fue determinar la relación de causa y efecto mediante la intervención controlada y la manipulación de la variable independiente (temperatura) para evaluar su efecto sobre la variable dependiente (erosión del esmalte) (38).

Corte: Transversal, debido a que la recolección de los datos (medición inicial y final de la microdureza) y la intervención experimental (exposición ácida de 10 minutos) se llevaron a cabo en un único momento en el tiempo por cada bloque experimental, sin requerir un seguimiento longitudinal o periódico a largo plazo sobre las mismas unidades de análisis (38,39).

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

Constituida por 40 premolares humanos sanos extraídos para fines ortodónticos, debido a que se pretende evaluar la desmineralización en piezas dentales, valorando el efecto de temperatura de la solución ácida respecto a la erosión del esmalte.

3.5.2. Muestra

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia basado en el estudio científico previo. fórmula:

σ^2 : Desviación estándar de prueba piloto

Z para $\alpha = 0.05$ (Nivel de significancia de 95%)

Z para poder estadístico de 80%

Δ = Efecto mínimo de interés

$$\frac{2\sigma^2(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{\Delta^2}$$

✓ De otra manera, el tamaño de la muestra:

α : Probabilidad de cometer error tipo I

β : Probabilidad de cometer error tipo II

Z: Coeficiente de la distribución normal estándar

d: Diferencia media mínima entre cualquier pareja de grupos para declarar una diferencia estadística significativa

DE: Desviación estándar estimada de la variable de referencia

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

Asumimos las exigencias del 95% de confianza ($\alpha = 0,05$; $Z = 1,96$), una potencia de la prueba del 80% ($\beta = 0,20$; $Z = 0,842$) y haciendo el cociente, $DE/d = 0.8/1.0$, se obtiene:

$$n = 2 * (1.96 + 0.842)^2 + (0.8)^2 / (1.0)^2$$

$$n = 2 * (7.85) * (0.64) / (1) = 10.048/1$$

$$n = 10$$

De este modo, la muestra fue distribuida en grupos, cada uno constituido por diez especímenes de esmalte dental.

3.5.3. Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico.

- **Criterios de inclusión:**
 - Premolares sin lesiones cariosas
 - Premolares sin defectos del esmalte
 - Premolares sin fracturas o fisuras internas
- **Criterios de exclusión:**
 - Premolares con tratamiento del canal o conducto
 - Premolares con abrasión dental
 - Premolares con abfracción dental

La variable independiente fue la temperatura de exposición al ácido cítrico, considerada en cuatro niveles (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C).

La variable dependiente principal fue la microdureza superficial del esmalte humano, evaluada mediante el método Vickers.

Adicionalmente, se registraron variables complementarias como la rugosidad superficial y la pérdida de masa del esmalte, las cuales no fueron incluidas en el análisis estadístico final. El pH de la solución de ácido cítrico se mantuvo constante durante todo el experimento, considerándose una variable de control.

3.6. Variables y operacionalización

Variable independiente	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Temperatura de exposición al ácido cítrico	Es magnitud física que expresa el nivel de calor o frío de la solución de ácido cítrico al momento la de entrar en contacto con el sustrato dental.	Se manipuló experimentalmente mediante el control térmico de la solución ácida, utilizando equipos calibrados (baño maría/horno) para mantener la temperatura constante durante los 10 minutos de desafío erosivo.	Temperatura	- 10 °C - 25 °C - 37 °C - 50 °C	Ordinal
Variable Dependiente					
Erosión del esmalte dental	Es la pérdida progresiva e irreversible de los tejidos dentales duros causada por un proceso químico de disolución inducido por ácidos, sin la intervención de bacterias.	Se determinó cuantitativamente mediante la prueba de microdureza Vickers, calculando la diferencia (pérdida) entre el valor de la microdureza basal del esmalte intacto y el valor obtenido tras la exposición a la solución ácida.	Microdureza superficial	- Microdureza inicial (VHN) - Microdureza final (VHN) - Pérdida de microdureza (Δ VHN)	Cuantitativa Continua (De Razón)

3.7. Técnicas e instrumentación de datos

3.7.1. Técnica

Se utilizó el método de observación directa para la recolección de datos relacionados con la temperatura y los valores de titulación del ácido cítrico en su efecto sobre la erosión del esmalte dental.

- Se realizó la codificación de cada diente y se cortó a las piezas dentales de 4x4 mm, las cuales fueron embebidas en resina acrílica insertadas en tubos de PVC y la superficie del esmalte de cada bloque fue pulida con una serie con discos.
- Se utilizaron 40 premolares humanos sanos, las cuales fueron extraídos por motivos ortodónticos, después de la recolección, los dientes se sometieron a una limpieza mecánica para eliminar los desechos con una cureta periodontal y se almacenaron en una solución de suero fisiológico. Las muestras se dividieron por grupos:

Grupo	Temperatura	Descripción
1	10 °C	Frío
2	25 °C	Temperatura ambiente
3	37 °C	Temperatura corporal
4	50 °C	Caliente

- La solución de ácido cítrico al 1% se preparó en el día y para atemperar la solución se usó baño maría.

Registro inicial (línea base)

Peso con balanza analítica para registrar la masa.

Micro dureza Vickers (VHN_pre): 3 indentaciones por muestra (100 gf, 10 s). Registro: fecha/hora y operador.

Perfilometría pre (Alt_pre y Ra_pre): 4 trazados por muestra; guardar mapa o trazado.

El pH de la solución de ácido cítrico fue controlado y mantenido constante a lo largo de todo el experimento para que variaciones en la acidez de la solución no interfiriesen con la evaluación del efecto de la temperatura en la erosión del esmalte, permitiendo así que la temperatura fuera evaluada de una forma aislada.

Registro de temperatura ambiente y otras condiciones:

- Tiempo de exposición: 10 minutos por muestra en inmersión única. Uso de cronometro.
- Al cumplirse los 10 min, se retiró la muestra con pinzas plásticas, enjuago con agua destilada por 5 s para eliminar ácido superficial, lavar y secar.
- La muestra experimental fue sometida a un desafío erosivo con una solución de ácido cítrico al 1% a diferentes temperaturas antes mencionadas e insertadas individualmente en un vaso de precipitado, debido a que puede resistir las altas temperaturas.
- Luego se midió la rugosidad y pérdida de masa por medio del perfilómetro en donde se hicieron 4 recorridos por muestra.

3.7.2. Descripción de la instrumentación de recolección de datos

En la recolección de la información se utilizó una ficha de recolección de datos, en la cual se registraron las mediciones antes de la inmersión del ácido cítrico y después de la misma considerando los factores expuestos con anterioridad.

Los ítems estuvieron conformados por la variable efecto erosivo del ácido cítrico, la cual se dimensiona en la micro dureza y otros sub-items como perfilometría y pH. Así como la variable temperatura de exposición del esmalte dental, la cual se midió por las diferentes temperaturas consideradas. Las pruebas de microdureza del esmalte dental las llevó a cabo un operador previamente calibrado, utilizando un microdurómetro Vickers,

siempre bajo condiciones estandarizadas de carga y tiempo, con el objetivo de asegurar la reproducibilidad y fiabilidad de los resultados obtenidos.

3.7.3. Validación

Al tratarse de una ficha de recolección de datos, no requiere proceso de validación; no obstante, el investigador llevo a cabo una calibración destinada a garantizar la adecuada manipulación de los elementos en el laboratorio señalado.

3.7.4. Confiabilidad

El laboratorio High Technology Laboratory Certificate SAC dispone de un durómetro marca LG, modelo HV-1000, serie 8975, de origen coreano, debidamente calibrado, que permite establecer parámetros de medición dentro de los rangos normales para la temperatura de la solución de ácido cítrico. Asimismo, se contó con la calibración correspondiente para la determinación de la microdureza y el uso del pH-metro.

3.8. Procesamiento y análisis de datos

El análisis estadístico del presente estudio estuvo enfocado en la microdureza superficial del esmalte dental humano, considerándose el parámetro más sensible en el proceso erosivo por ácido cítrico en situaciones de diferente temperatura.

Antes de elaborar las pruebas inferenciales, la variable diferencia de microdureza (ΔHV) fue revisada a través de la prueba de Shapiro-Wilk para estudiar la normalidad.

Para comparar la microdureza antes y después de la exposición al ácido cítrico en cada grupo de temperatura se realizó la prueba t de Student para muestras relacionadas.

Para comparar la pérdida de microdureza entre los grupos de temperaturas (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C) se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía seguida de la prueba post hoc de Tukey. Se cuantificó adicionalmente la relación entre temperatura y pérdida de microdureza mediante la correlación de Pearson. El nivel de significación estadística considerado fue $p < 0,05$.

3.9. Aspectos éticos

El presente estudio fue remitido al Comité de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Norbert Wiener para su revisión y aprobación previa al inicio de la fase experimental, asegurando el cumplimiento de los principios éticos institucionales y de las disposiciones establecidas en el Código de Ética para la Investigación en Seres Humanos del CONCYTEC.

Debido a la naturaleza *in vitro* y experimental del presente estudio, no fue aplicable ni requerida la firma de un Consentimiento Informado, ya que no se realizaron intervenciones clínicas, diagnósticas ni terapéuticas directas sobre seres humanos. La investigación se ejecutó utilizando premolares humanos que fueron extraídos previamente por indicaciones estrictamente ortodónticas, de manera totalmente independiente y ajena a los propósitos de este estudio. Dichos órganos dentarios fueron obtenidos mediante donación voluntaria, garantizando en todo momento el anonimato absoluto de los donantes y el manejo bioético de los tejidos, en concordancia con los principios aplicables de la Declaración de Helsinki y garantizando la estricta confidencialidad conforme a lo dispuesto por la Ley N.º 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

Finalmente, los resultados fueron generados y presentados de manera objetiva y transparente, respetando los principios de integridad y responsabilidad científica. Asimismo, el investigador declara la autoría total del trabajo, garantiza la originalidad del contenido y manifiesta la inexistencia de conflictos de interés.

4. PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Verificación de los supuestos estadísticos

Antes de la aplicación de las pruebas inferenciales, se evaluó la normalidad de la variable diferencia de microdureza superficial (ΔHV) en cada grupo experimental mediante las pruebas de Shapiro–Wilk, considerada adecuada para tamaños muestrales pequeños ($n = 10$), y Kolmogorov–Smirnov con corrección de Lilliefors. Los resultados evidenciaron que todos los grupos presentaron valores de significancia mayores a 0,05, por lo que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. Si bien el grupo expuesto a 50 °C mostró un valor cercano al umbral de significancia ($p = 0,056$), este no indicó una violación estadística del supuesto de normalidad. En consecuencia, se confirmó el cumplimiento de los supuestos necesarios para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas.

4.1.2. Comparación de la microdureza del esmalte antes y después de la exposición al ácido cítrico

Para evaluar el efecto de la exposición al ácido cítrico sobre la microdureza del esmalte dental humano, se compararon los valores de microdureza Vickers iniciales y finales mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas, aplicada de forma independiente en cada grupo de temperatura. Los resultados mostraron una disminución estadísticamente significativa de la microdureza superficial en los grupos expuestos a 10 °C, 25 °C y 37 °C. En el grupo expuesto a 50 °C, No se evidenciaron diferencias con significancia estadística entre las evaluaciones realizadas antes y después de la exposición.

Temperatura	t	gl	p
10 °C	12,022	9	< 0,001
25 °C	4,334	9	0,002
37 °C	6,001	9	< 0,001
50 °C	1,629	9	0,138

En el grupo en el que el esmalte dental se expuso a la temperatura de 50 °C, si bien se obtuvo la máxima media de la pérdida de microdureza, esta diferencia no alcanzó significación estadística (siendo $p > 0,05$) debido a la población con valores muy variables, lo que se traduce en una desviación estándar elevada que sugiere una respuesta heterogénea del esmalte dental a temperaturas extremas.

4.1.3. Magnitud del efecto de la exposición al ácido cítrico según temperatura

Con la finalidad de estimar la magnitud del impacto generado por la exposición al ácido cítrico sobre la microdureza del esmalte, se determinó el tamaño del efecto utilizando el estadístico d de Cohen en cada grupo experimental.

Temperatura	t	gl	p	d de Cohen	Interpretación
10 °C	12,022	9	< 0,001	3,80	Efecto muy grande
25 °C	4,334	9	0,002	1,37	Efecto muy grande
37 °C	6,001	9	< 0,001	1,90	Efecto muy grande
50 °C	1,629	9	0,138	0,52	Efecto medio

Estos resultados indican que el efecto del ácido cítrico sobre la microdureza del esmalte fue clínicamente relevante en los grupos de 10 °C, 25 °C y 37 °C, mientras que a 50 °C el efecto fue de magnitud moderada, influenciado por una elevada dispersión de los datos.

4.1.4. Comparación de la pérdida de microdureza entre los grupos de temperatura

Para comparar la pérdida de microdureza superficial (ΔHV) entre los cuatro grupos experimentales, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

El análisis reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos:

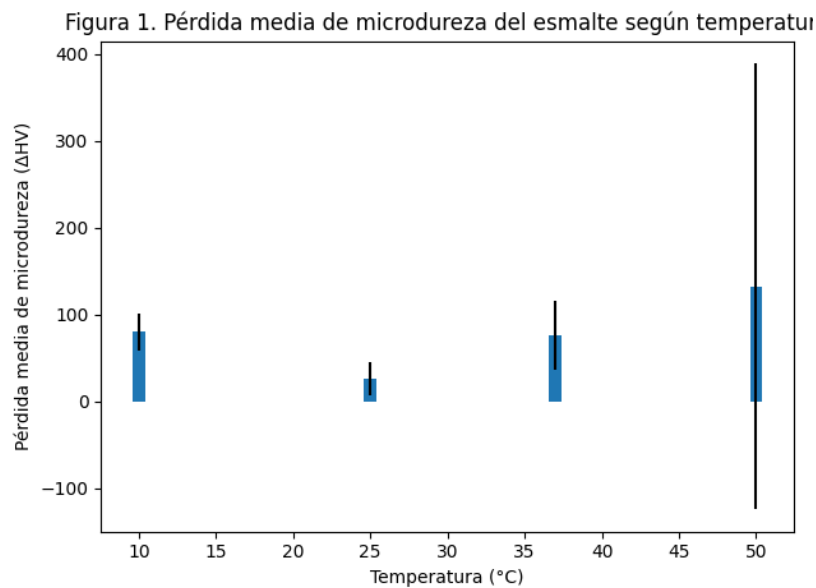
- **$F(3,36) = 36,640$**
- **$p < 0,001$**

Fuente de variación	SC	gl	MC	F	p
Entre grupos	193 668,538	3	64 556,179	36,640	< 0,001
Dentro de grupos	63 429,261	36	1761,924		
Total	257 097,799	39			

4.1.5. Tamaño del efecto del ANOVA

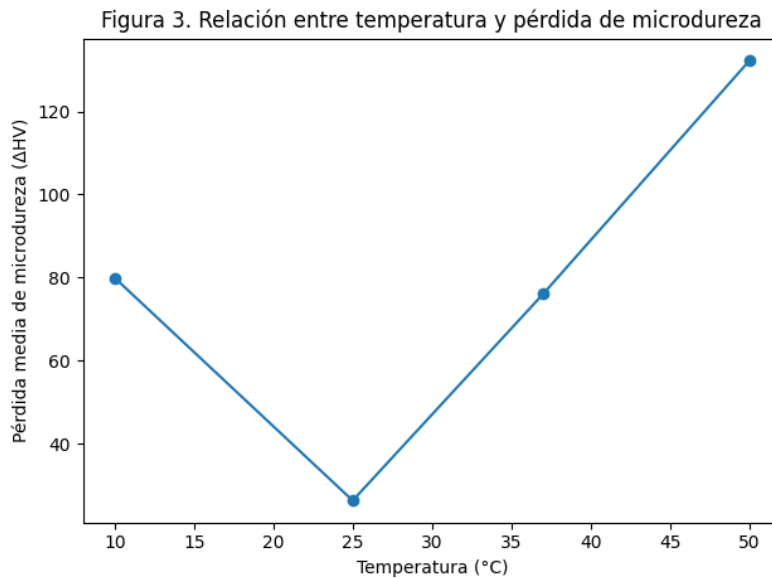
El tamaño del efecto del ANOVA se estimó mediante el estadístico eta cuadrada (η^2), calculándose un valor de $\eta^2 = 0,75$, lo que corresponde a un efecto grande. Esto indica que aproximadamente el 75 % de la variabilidad en la pérdida de microdureza puede atribuirse a la temperatura de exposición al ácido cítrico.

4.1.6. Resultados de la pérdida de microdureza del esmalte



La Figura 1 presenta la pérdida media de microdureza (ΔHV) del esmalte dental humano sometido a la exposición al ácido cítrico a diferentes temperaturas de la muestra. Se percibe un aumento general en la pérdida de microdureza al incrementarse la temperatura de exposición. El análisis estadístico por ANOVA de una vía mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p < 0,001$), lo que confirma que la temperatura influye significativamente sobre el proceso erosivo del esmalte dental.

4.1.7. Relación entre temperatura y erosión del esmalte



En la Figura 3 se representa la relación entre la temperatura de la solución de ácido cítrico y la pérdida promedio de microdureza del esmalte dental. El análisis de correlación de Pearson evidenció una asociación significativa entre ambas variables ($r = -0,633$; $p < 0,001$), lo que sugiere que a temperaturas más elevadas se produce una mayor reducción de la microdureza del esmalte. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Discusión del resultado

Los hallazgos del presente estudio demuestran que la temperatura a la que se expone el esmalte dental humano al ácido cítrico ejerce una influencia significativa sobre el proceso erosivo, evidenciado mediante la reducción de la microdureza superficial. En este sentido, los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada y permiten alcanzar el objetivo general de la investigación, aportando evidencia experimental sobre una variable que ha sido poco explorada en estudios in vitro.

La reducción estadísticamente significativa de la microdureza registrada en los grupos expuestos a 10 °C, 25 °C y 37 °C guarda relación con lo descrito por Akter et al., quienes señalan que el aumento de la temperatura intensifica la disociación de los ácidos y la

liberación de iones hidrógeno, incrementando así su capacidad erosiva. Estos resultados concuerdan con los principios fisicoquímicos que explican una mayor agresividad de las soluciones ácidas a temperaturas más elevadas.

De forma concordante, Shellis et al. señalan que el ácido cítrico presenta un mecanismo de acción erosivo dual, determinado tanto por su carácter ácido como por su capacidad de formar complejos con los iones calcio del esmalte, facilitando la disolución de los cristales de hidroxiapatita. Este mecanismo permite comprender la disminución progresiva de la microdureza observada en los grupos evaluados y respalda la coherencia entre los resultados obtenidos y la evidencia científica previa.

El análisis del tamaño del efecto mostró valores elevados en los grupos expuestos a 10 °C, 25 °C y 37 °C, lo que indica que el efecto del ácido cítrico sobre el esmalte dental no solo fue estadísticamente significativo, sino también clínicamente relevante. Este comportamiento coincide con lo reportado por Muñiz Gómez et al. y Beltrami et al., quienes documentaron alteraciones importantes en la microdureza del esmalte tras la exposición a agentes ácidos, independientemente de su concentración.

En relación con el grupo expuesto a 50 °C, aunque se observó la mayor media de pérdida de microdureza, esta no alcanzó significancia estadística, lo cual podría explicarse por la elevada dispersión de los valores obtenidos. Esta variabilidad sugiere una respuesta heterogénea del esmalte frente a condiciones de estrés térmico extremo, situación que ha sido descrita previamente en estudios in vitro, donde la relación entre la intensidad del estímulo y el daño estructural no siempre es lineal.

El análisis intergrupar mediante ANOVA evidenció que la temperatura explica una proporción considerable de la variabilidad observada en la pérdida de microdureza del esmalte dental, consolidando su rol como un factor modulador del proceso erosivo. Desde esta perspectiva, los resultados resaltan la importancia de considerar la temperatura de

consumo de bebidas ácidas como un elemento relevante dentro de las estrategias de prevención de la erosión dental, tal como lo señalan estudios relacionados con hábitos alimentarios y salud bucal, entre ellos los de Santos Rojas et al.

Finalmente, si bien los resultados deben interpretarse teniendo en cuenta las limitaciones inherentes a los estudios in vitro, el control estricto de las variables experimentales permitió establecer de manera clara la relación entre la temperatura del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano, constituyendo un punto de partida sólido para futuras investigaciones que incorporen condiciones clínicas más complejas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. Existe una relación directa y determinante entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro, evidenciando que las variaciones térmicas de la solución ácida modifican significativamente el grado de pérdida de microdureza superficial.

Segunda. El nivel de pérdida de microdureza superficial del esmalte dental varía de acuerdo con la temperatura de exposición, presentando el menor impacto erosivo a temperatura ambiente (25 °C), mientras que las temperaturas más elevadas (50 °C y 37 °C) e incluso las frías (10 °C) generan una desmineralización y un deterioro estructural de la matriz adamantina considerablemente mayor.

Tercera. Existen diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de microdureza al comparar los distintos grupos térmicos, lo que confirma que la temperatura no es una variable inerte, sino que actúa como un factor catalizador que potencia y agrava la capacidad erosiva y quelante del ácido cítrico sobre el diente.

5.2. Recomendaciones

Primera. Se sugiere a los cirujanos dentistas y profesionales de la salud bucal incorporar esta evidencia en sus protocolos preventivos y de asesoramiento dietético, recomendando a los pacientes evitar el consumo de bebidas ricas en ácido cítrico a temperaturas extremas (muy calientes o muy frías) y priorizar su ingesta a temperatura ambiente para minimizar el riesgo de desgaste erosivo severo.

Segunda. Se recomienda a la comunidad científica y a las facultades de odontología desarrollar futuras líneas de investigación in situ o in vivo que evalúen este mismo

fenómeno térmico, pero incorporando la acción amortiguadora (buffer) de la saliva humana y el uso de agentes remineralizantes como el flúor, para comprender el proceso bajo las condiciones dinámicas reales de la cavidad oral.

Tercera. Se aconseja a las instituciones de salud pública impulsar campañas de concientización y educación preventiva, alineadas con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 3) de Salud y Bienestar, para informar a la población sobre los riesgos estructurales que supone el consumo frecuente de bebidas gasificadas y jugos cítricos industrializados sometidos a alteraciones térmicas.

REFERENCIAS

1. Schlueter N, Amaechi BT, Bartlett D, Buzalaf MAR, Carvalho TS, Ganss C, et al. Terminology of Erosive Tooth Wear: Consensus Report of a Workshop Organized by the ORCA and the Cariology Research Group of the IADR. *Caries Research*. 2020; 54(1): 2-6
2. Carvalho RKDHC, Lins TRDS, Santos JVD, Hilário JS, Costa JVP, Filho CHADV, et al. A influencia da dieta na erosao dental: revisao de literature/ The influence of diet on dental erosion: literature review. *Braz. J Health Rev*. 19 de junio de 2021; 4(3): 13424-32.
3. Zokaee H. et al. “Effects of Methamphetamine Withdrawal on the Volume and pH of Stimulated Saliva”. *Journal of dentistry (Shiraz, Iran)* Vol. 23.2 2020: 80-85.
4. Fernandez TGC, Cossi FKY, Rodrigues AI, Cossi RHY. Potencial erosivo dos nectares.2014.www.researchgate.net/publication/267809153_-1_-Potencial_Erosivo_dos_Nectares_Mistos_de_Frutas_Industrializados_Destinados_ao_Publico
5. Luiz CM, Xavier Silva Costa S, Figueredo DDR. Avaliacao do Potencial Erosivo de Bebidas Ácidas. *Rev Fac Odontol – UPF (Internet)* 6 de noviembre de 2023; 27 (1). Disponible en: <https://seer.upf.br/index.php/rfo/article/view/12877>
6. Al-Dlaigan YH, Al-Meedania LA, Anil S. The influence of frequently consumed beverages and snack son dental erosion among preschool children in Saudi Arabia. *Nutrition Journal*. 2017 Dec 11; 16(1):80
7. Silva JG, Farias MMAG, Silveira EG, Schmitt BHE, Araújo SM. Mensuracao da acidez de bebidas industrializadas nao lácteas destinadas ao publico infantil. *Rev Odontol UNESP*. 2019; 41(2): 76-80
8. Roche AM. Impacto do consumo de bebidas energéticas na erosao dentaria – revisao integrativa da literatura. 2023. Universidad de Sao Paulo.
9. Marroquim OMG, Borges MVVF, Costa JG, Santos AF, Pnjwani CMBRG, Vanderlei AD. Análise das propiedades físico-químicas das bebidas a base de

- fruta e seu potencial erosivo no esmalte dental. *Diversitas Journal*. 2019; 4(2):580-99
10. Meurer. Evaluación del potencial erosivo en bebidas acidas. (2021) tesis de Pregrado. Universidad do Soul de Santa Catalina. Santa Catarina. Brasil
 11. Alvarado MA, Ibarra JJ, Ordoñez PE. Prevalencia de lesiones cervicales no cariosas en el Ecuador. Una revisión de la literatura. *Revista OActiva*. 2021;6(2):1-6 En <https://oactiva.ucacue.edu.ec/index.php/oactiva/article/view/553/664><https://oactiva.ucacue.edu.ec/index.php/oactiva/article/view/553/664>
 12. Kumar N, Amin F, Dahri WM, Khan S, Zaidi H, Rahman S, et al. Impact of acidic beverages on composition and surface characteristics of human teeth: scanning electron microscopic, stereomicroscopic and energy dispersive x-ray analyses. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):837. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04491-4><https://doi.org/10.1186/s12903-024-04491-4>
 13. Maksyukov S, Maksyukova ES, Risovannaya ON. The effect of citric acid concentration and etching time on the roughness of the enamel surface of a prepared human tooth: in vitro study. *Russian Journal of Dentistry*. 2025;29(1):21–34. Disponible en: <https://doi.org/10.17816/dent635284>
 14. Akter R, Moral MAA, Bashar AKM. Correlation of pH with beverage's temperature and titratable acidity level of beverages: A quasi-experimental study. *Bangabandhu Sheikh Mujib Med Univ J*. 2024;17(3): e72923. doi:10.3329/bsmmuj.v17i3.72923.
 15. Shellis RP, Barbour ME, Parker DM, Addy M, Lussi A. Effects of Calcium and Phosphate on Dissolution of Enamel, Dentin and Hydroxyapatite in Citric Acid. *Swis Dent J*. 2023;133(7–8):432–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.61872/sdj-2023-07-08-02>
 16. Santos Rojas MI, Alarcón Barcia AN, Gruezo Montesdeoca KL. Hábitos alimentarios y su relación con la erosión dental: una revisión sistemática. *Revista San Gregorio*. 2023;1(55):181–201. Disponible en: <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i55.2478>

17. Muñiz Gómez LJ, Santos R da C, Melo JGA de, Silva GC, Soarez DM. Evaluación in vitro del potencial erosivo y cariogénico de balas dura disueltas en saliva artificial. Archivos de Investigación en Salud. 2022;11(5):753-757. Disponible en: <http://doi.org/10.21270/archi.v11i5.5669>
18. Beltrami R, Colombo M, Bitonti G, Chiesa M, Poggio C, Pietrocola G. Restorative materials exposed to acid challenge: Influence of temperatura on In Vitro weight loss. Biomimetics [revista en internet]. 2022 [citado 2025 ago 21].7(30):2-9. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2313-7673/7/1/30>
19. Trujillo-Hernández M, Acosta Acosta AA, Burgos Anaya MP, Hoyos Hoyos V, Orozco-Páez J. Erosión del esmalte dental en dientes expuestos a bebidas de origen industrial. Estudio piloto in vitro. Int J Interdiscip Dent. 2021;14(3):237. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S2452-55882021000300237>
20. Guzmán Suarez MR. Desmineralización y erosión dentaria, estudio in vitro. Rev OrisTertius UPAL. 2021;4(8):1-15. Disponible en: [Trab.invest-desmineralizacion-erosion-dentaria-2020-Bolivia.pdf](#)
21. Malpartida Garrido AE, Torres Valdiviezo JJ. Estudio in vitro de la microdureza del esmalte en bebidas carbonatadas con diferentes edulcorantes [Internet]. Gob.pe. 2024 [citado el 12 de marzo de 2026]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UCVV_fc0e4971a8ae7a6928b8b5d9dd03002a/Details
22. Munive C, PS. Efecto de los agentes fluorados sobre la microdureza del esmalte dentario erosionado en Bovinos, 2023 [Internet]. Universidad Nacional Federico Villarreal. 2024 [citado el 12 de marzo de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/items/10026f41-1866-4749-9f02-3e8073a4addc>
23. Chinchay Espinoza H. Erosive effect of effervescent vitamin supplements on enamel microhardness, in vitro study [Internet]. Repositorio Institucional de la Universidad de Wiener. Universidad Privada Norbert Wiener; 2023 [citado el 12 de marzo de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/items/b67c3adc-9783-4c2b-994e-455125ad6c7f>

24. Gómez de Ferraris, ME. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 4ª edición –Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana, 2019, Cap. 9 Pág. 213
25. Nanci A. Histología oral de Ten Cate. Desarrollo, estructura y función. 9th Edición - Canadá. Editorial Elsevier 2018. Cap. 7 Págs. 118-119
26. Feijó IDS, Iwsaki KMK. Carie e dieta alimentar. UNINGÁ. 2022 19(3):44-50
27. Carvalho TS, Scmid TM, Baumann T, Lussi A. Erosive effect of different dietary substances on deciduous and permanent Teeth. Clin Oral Investig. 2017 Jun; 21(5): 1519-1526 doi: 10.1007/s00784-016-1915-z. Epub 2016 Jul 23. PMID:27449386
28. Zhao X, Wang L, Pan J, Malmstrom H, Ren YF. Effects of desensitizing dentifrices on dentin tubule occlusion and resistance to erosive challenges. BMC Oral Health. 2021 Nov 30;21(1):610 doi: 10.1186/s12903-021-01977-3 PMID: 34847898; PMCID: PMC8638163
29. Zhou X, Liu X, Zhang P, Zhang J, Jin S, Wang Z. An experimental study on demineralization of several beverages on bovine enamel. Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2021 Aug; 19(4):207-9- Chinese. PMID 12539720
30. Peraza-Gutiérrez, L. y Gutiérrez-Martorel, S.T. Características clínico etiológicas y terapéuticas en dientes con lesiones cervicales no cariosas e indicadores epidemiológicos. 2020. Revista médica electrónica de Ciego de Ávila, 26(3). En: <http://www.revmediciego.sld.cu/index.php/mediciego/article/view/1215/2845>
31. Gallardo, D.H.; Arencibia, R.; Linares-Girela, D.; Murillo-Plúa, D.C; Bosques-Cotelo; J.J. y Manrique, M.L. Condición nutricional y hábitos alimenticios en estudiantes universitarios de Manabí, Ecuador. 2021. Revista Española de Nutrición Comunitaria, 27(1), 1-13. En: https://www.rens.-20503142177.pdfes/imagenes/auxiliar/files/RENC_2021_1_03_-20_50_3_142_177.pdf
32. Capell, J.R. y Formoso, A. Dietas ácidas y erosión dental. 2020 revista Especializada de Ortodoncia, 50, 142-147. Disponible en: https://www.revistadeortodoncia.com/files/reo_20_50_3_142_147.pdf

33. Otero Baxter, Y; Llapur Almaguer CJ; Osorio Núñez, Raimundo Padrón E. Alteraciones bucales asociadas a la enfermedad por reflujo gastroesofágico. 2020. Rev. Cubana Estomatol. 57(2): e1775 En Alteraciones bucales asociadas a la enfermedad por reflujo gastroesofágico – RED DENTAL
34. Carvalho TS, Lussi A, Schlueter N, Baumann T. Differences in susceptibility of deciduous and permanent Teeth to erosion exist, albeit depending on protocol design and method of assessment. Sci Rep. 2022 Mar 9; 12(1):4153 doi: 10.1038/s41598-022-08116-0. PMID:35264778; PMCID: PMC8907165
35. Souza CB, Vieira BR, Sousa FB, Danta EL, Rocha MM, Cruz JH, Medeiros LA, Guenes GM, et al. Evaluación in vitro de la microdureza y porosidad de dos resinas compuestas fotopolimerizables. Rev. Cubana Estomatol (Internet) 2020 (Citado 21 jun 2024); 57(2). Disponible en: <https://revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/2901>
36. Acuña Flores SM, Tay Chu-Jon LY, Delgado-Cotrina L. Modelos in situ para evaluar el potencial erosivo de bebidas. Int J Odontostomat. 2021;15(3):788-794. Disponible en: www.scielo.cl/pdf/ijodontos/v15n3/0718-381X-ijodontos-15-03-788.pdf
37. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 6a ed. México D.F.: McGraw-Hill; 2014.
38. Arias F. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6a ed. Caracas: Episteme; 2012.
39. Cómo la temperatura afecta los niveles de pH en la vida cotidiana [Internet]. AquaWorldHub; 2024 [citado el 22 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://aquaworldhub.com/es/la-temperatura-afecta-el-ph/>

ANEXOS



**Universidad
Norbert Wiener**

Anexo N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Relación entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano. Estudio in vitro.

Bachiller: Gino Marino Alvines Hurtado – 2025


PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACIÓN
<p>Problema general ¿Cuál es la relación entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro?</p> <p>Problema específico 1 ¿Cuál es el nivel de pérdida de microdureza superficial del esmalte dental humano tras la exposición in vitro al ácido cítrico en los distintos niveles térmicos evaluados (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C)?</p> <p>Problema específico 2 ¿Existen diferencias significativas en la pérdida de microdureza del esmalte dental humano entre los grupos de temperatura de exposición?</p>	<p>Objetivo general (Hi) Determinar la relación entre la temperatura de la solución de ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro</p> <p>Objetivo específico 1 Evaluar el nivel de pérdida de microdureza superficial del esmalte dental humano tras la exposición in vitro al ácido cítrico en los distintos niveles térmicos evaluados (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C).</p> <p>Objetivo específico 2 Comparar estadísticamente las diferencias en la pérdida de microdureza del esmalte dental humano entre los cuatro grupos de temperatura de exposición.</p>	<p>Hipótesis general (Hi) Existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura de exposición al ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano in vitro.</p> <p>Hipótesis específica (Hi1) El nivel de pérdida de microdureza superficial del esmalte dental humano varía de forma significativa tras la exposición in vitro al ácido cítrico según los distintos niveles térmicos evaluados (10 °C, 25 °C, 37 °C y 50 °C).</p> <p>Hipótesis específica (Hi2) Existen diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de microdureza del esmalte dental humano al comparar los cuatro grupos de temperatura de exposición.</p>	<p>V1: Temperatura de exposición al ácido cítrico</p> <p>V2: Erosión del esmalte dental</p>	<p>Tipo experimental, estudio in vitro</p> <p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Diseño: Prospectivo y longitudinal.</p> <p>Nivel o alcance: Explicativo</p>	<p>40 premolares humanos sanos</p>

Anexo N° 2: Instrumentos



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES


Página 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-0244-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025
ENSAYO DE MICRODUREZA VICKERS EN ESMALTE DE DIENTES					
1. DATOS DEL SOLICITANTE					
Nombre de tesis	"RELACION ENTRE LA TEMPERATURA DE EXPOSICIÓN AL ÁCIDO CÍTRICO Y LA EROSION DEL ESMALTE DENTAL HUMANO. ESTUDIO IN VITRO."				
Nombres y Apellidos	: Gino Marino Alvines Hurtado				
D.N.I.	: 42302021				
Dirección	: Ciudad satélite santa rosa block 14 Dpto 402 callao				
2. EQUIPOS UTILIZADOS					
Instrumento	Marca	Aproximación	Calibración	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos únicamente para las muestras ensayadas.	
Microdurómetro Vickers Electrónico Vernier Digital	LG - HV-1000 Mítutoyo - 200 mm	1 µm - 40X 0.01mm	CC-055-2025 LCL-006-2025		
3. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Muestras de esmalte de dientes odontológicas	Cantidad	: Cuarenta (40) muestras			HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.
	Material	: Esmalte de dientes odontológicos expuestos:			
	Grupo 1	: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 25°C			
	Grupo 2	: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 37°C			
	Grupo 3	: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 10°C			
	Grupo 4	: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 50°C			
	*Información proporcionada por el solicitante.				
4. DATOS DE ENSAYO					
Fecha de Recepción de muestras	09 de Noviembre del 2025				
Analista asignado	RET				
Condiciones de la muestra	--				
Fecha de Ensayo	14 de Noviembre del 2025				
Lugar de Ensayo	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Jr. Nepentás 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho, Lima.				
5. CONDICIONES DE ENSAYO					
	Inicial	Final	 El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.		
Temperatura	21.2 °C	21.2 °C			
Humedad Relativa	66.0 %HR	66.0 %HR			
6. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO					
El ensayo se realizó bajo la siguiente Norma:					
NORMA	DESCRIPCIÓN			CAPITULO/NUMERAL	
ASTME384-17	Método de prueba estándar para la dureza de materiales por microindentación			--	

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentás 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602

 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe


INFORME DE ENSAYO N°	IEO-0244-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025	
7.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICRODUREZA VICKERS					
Grupo 1: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 25°C (inicial)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	100 (0.98066)	358.3	358.3	383.1	366.6
2		308.9	298.5	245.2	284.2
3		315.3	309.6	335.8	320.2
4		290.8	293.1	279.6	287.8
5		343.0	345.9	383.1	357.3
6		328.7	339.3	374.5	347.5
7		339.4	350.5	350.5	346.8
8		261.6	260.0	269.1	263.6
9		328.7	335.8	353.9	339.5
10		269.1	245.2	245.2	253.2
Grupo 1: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 25°C (final)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	100 (0.98066)	312.1	294.2	282.4	296.2
2		170.2	183.2	141.1	164.8
3		99.7	103.8	103.8	102.4
4		111.6	106.3	94.7	104.2
5		91.9	85.3	99.8	92.3
6		214.6	214.3	254.3	227.7
7		64.7	64.9	65.8	65.1
8		66.0	80.3	80.3	75.5
9		64.7	73.5	69.2	69.1
10		95.7	98.3	72.0	88.7
Grupo 2: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 37°C (inicial)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
11	100 (0.98066)	297.1	302.3	308.9	302.8
12		335.8	335.8	345.2	338.9
13		285.1	291.0	293.1	289.7
14		322.7	326.8	338.9	329.5
15		302.7	300.6	284.3	295.9
16		276.9	279.6	302.7	286.4
17		383.1	356.3	335.8	358.4
18		337.9	335.9	343.0	338.9
19		269.1	269.1	284.0	274.1
20		325.3	351.9	383.1	353.4



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602

 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe


INFORME DE ENSAYO N°	IEO-0244-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025	
Grupo 2: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 37°C (final)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
11	100 (0.98066)	144.0	163.5	153.9	153.8
12		94.9	106.3	98.2	99.8
13		175.9	165.0	209.5	183.5
14		250.3	250.3	262.7	254.4
15		255.3	264.8	252.0	257.4
16		238.6	198.3	202.6	213.2
17		113.7	120.9	150.2	128.3
18		243.1	250.6	245.2	246.3
19		139.2	184.9	184.9	169.7
20		152.3	166.1	159.3	159.2
Grupo 3: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 10°C (inicial)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
21	100 (0.98066)	328.7	343.7	343.7	338.7
22		321.9	329.3	330.1	327.1
23		315.3	345.0	378.8	346.4
24		279.6	299.5	332.2	303.8
25		264.0	284.0	315.3	287.8
26		302.7	299.1	285.2	295.7
27		321.9	330.8	343.0	331.9
28		335.8	341.7	350.5	342.7
29		350.5	341.5	343.0	345.0
30		321.9	319.3	321.9	321.0
Grupo 3: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 10°C (final)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
21	100 (0.98066)	75.6	69.9	84.2	76.6
22		224.3	308.9	290.5	274.6
23		88.6	93.1	93.1	91.6
24		105.1	94.7	104.9	101.6
25		90.5	105.1	97.8	97.8
26		94.7	88.6	98.4	93.9
27		110.3	113.0	120.5	114.6
28		130.1	123.0	119.0	124.0
29		92.6	88.6	92.6	91.3
30		163.0	151.3	159.3	157.9






QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602

 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe

INFORME DE ENSAYO N°	IEO-0244-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025	
Grupo 4: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 50°C (inicial)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	343.0	353.7	353.7	350.1
32		350.8	350.9	354.0	351.9
33		312.1	329.4	373.1	338.2
34		383.0	360.5	360.5	368.0
35		315.3	312.1	308.9	312.1
36		350.5	384.3	410.7	381.8
37		249.7	267.0	388.0	301.6
38		328.7	329.1	335.8	331.2
39		366.3	374.5	392.0	377.6
40		328.7	369.9	383.1	360.6
Grupo 4: Ácido cítrico Ph 2.5 a temperatura de 50°C (final)					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	127.5	126.7	127.5	127.2
32		309.4	303.0	301.6	304.7
33		90.0	93.4	98.3	93.9
34		266.5	269.1	250.9	262.2
35		82.1	86.6	99.3	89.3
36		69.9	71.3	84.6	75.3
37		137.3	113.0	149.5	133.3
38		75.6	83.0	98.1	85.6
39		170.2	172.9	169.3	170.8
40		123.5	102.0	129.7	118.4
  <small>HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE</small>		 <small>HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE</small>			
ROBERT NICK EUSEBIO TEJERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio					
El resultado es solo válido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo.					
FIN DEL DOCUMENTO					

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.



Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602



ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe




www.ensayoshtl.pe

Anexo N° 3: Validez del Instrumento



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°	CC-055-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	08-09-2025	
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DURÓMETRO MICROVICKERS					
1. DATOS DEL SOLICITANTE					
Razón Social	: HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC.				
Ruc	: 20565244877				
Dirección	: Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima				
2. DATOS DEL INSTRUMENTO					
DURÓMETRO DE MICROVICKER DIGITAL	Marca	: LG			
	Modelo	: HV-1000			
	Serie	: 8975			
	Fuerza de prueba máx	: 1000g			
	Tipo	: Digital			
	Procedencia	: Corea			
	Ubicación	: Área de Dureza y Calibraciones I			
3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN					
La calibración se realizó por medición indirecta y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad internacional.					
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN					
Fecha de calibración	01 de Setiembre del 2025				
Lugar de Calibración	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho				
5. CONDICIONES DE ENSAYO					
	Inicial	Final			
Temperatura	19.4 °C	19.4 °C			
Humedad Relativa	75 %HR	75 %HR			
					
6. PATRONES DE REFERENCIA					
	Patrón	Valor / Clase	Marca	Identificación	Certificado de Calibración
	Termohigrómetro	-30 a 60°C / 0 a 100.0 % H.R.	ELITECH	ILMT-3698	TH25-0775
	Bloque patrón	413 HV/HV0.2	LG TESTER	V1610-90	8975-HV-1000LG
	Bloque patrón	744 HV/HV1	LG TESTER	V1610-124	8975-HV-1000LG

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




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

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

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.

El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°	CC-055-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	08-09-2025																		
7. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN																						
ERROR DE INDICACIÓN																						
Condiciones Ambientales																						
Inicial	19.4	Final	19.4																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Valor Patrón</th> <th>Indicación</th> <th>Corrección</th> <th>Incertidumbre</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">413</td> <td style="text-align: center;">412.1</td> <td style="text-align: center;">0.9</td> <td style="text-align: center;">0.98</td> <td style="text-align: center;">HV</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">744</td> <td style="text-align: center;">745.5</td> <td style="text-align: center;">-1.5</td> <td style="text-align: center;">0.89</td> <td style="text-align: center;">HV</td> </tr> </tbody> </table>					Valor Patrón	Indicación	Corrección	Incertidumbre	Unidades	413	412.1	0.9	0.98	HV	744	745.5	-1.5	0.89	HV			
Valor Patrón	Indicación	Corrección	Incertidumbre	Unidades																		
413	412.1	0.9	0.98	HV																		
744	745.5	-1.5	0.89	HV																		
ERROR DE REPETIBILIDAD																						
Condiciones Ambientales																						
Inicial	19.4	Final	19.4																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Valor Patrón (HV)</th> <th>Indicación (HV)</th> <th>Corrección (HV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">413</td> <td style="text-align: center;">412.1</td> <td style="text-align: center;">0.9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">413</td> <td style="text-align: center;">414.8</td> <td style="text-align: center;">-1.8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">413</td> <td style="text-align: center;">413.4</td> <td style="text-align: center;">-0.4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">413</td> <td style="text-align: center;">412.1</td> <td style="text-align: center;">0.9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">413</td> <td style="text-align: center;">412.9</td> <td style="text-align: center;">0.1</td> </tr> </tbody> </table>					Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)	413	412.1	0.9	413	414.8	-1.8	413	413.4	-0.4	413	412.1	0.9	413	412.9	0.1
Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)																				
413	412.1	0.9																				
413	414.8	-1.8																				
413	413.4	-0.4																				
413	412.1	0.9																				
413	412.9	0.1																				
8. OBSERVACIONES																						
<p>~ La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.</p> <p>~ Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".</p>																						
9. CONCLUSIONES																						
<p>~ De las mediciones realizadas se concluye que el instrumento se encuentra calibrado debido a que los valores medidos están dentro del rango normal de operación.</p>																						
  <small>HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE</small>		 <small>HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE</small>																				
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio																						
FIN DEL DOCUMENTO																						

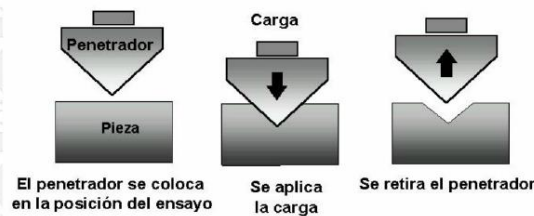
DUREZA VICKERS

El ensayo Vickers (HV) fue desarrollado en Inglaterra en 1925 y fue inicialmente conocido como DPH (*Diamond Pyramid Hardness*).

El método Vickers tiene dos rangos distintos de fuerzas, micro (10g a 1000g) y macro (1kg a 100kg), para cubrir todas las necesidades de ensayo. El penetrador es el mismo para todos los ensayos, por tanto los valores Vickers son continuos a lo largo del rango total de durezas para metales. Con la excepción de los ensayos realizados con cargas por debajo de los 200g, los valores de dureza Vickers se consideran generalmente como independientes de la carga aplicada en el ensayo. En otras palabras, si el material a medir es uniforme, los valores de dureza Vickers serán iguales utilizando una carga de 500g o una de 50kg. Por debajo de 200g hay que ser más cauteloso a la hora de comparar resultados.

En el ensayo de dureza Vickers, un penetrador de diamante piramidal con un ángulo de 136° entre las caras opuestas en el vértice, es presionado contra la superficie de la muestra utilizando una fuerza F determinada, y, una vez que esta fuerza se ha retirado, se miden ópticamente las diagonales d_1 y d_2 de la huella de forma cuadrada que deja en la muestra.

La duración de la aplicación de la carga es de 2s a 8s, y esta carga se mantiene durante 10s a 15s.

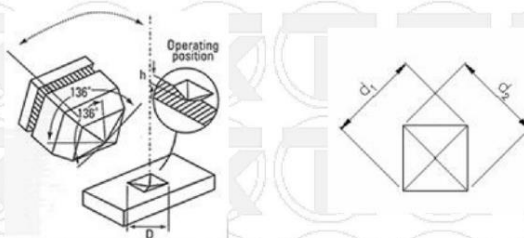


El resultado de dureza Vickers HV viene dado por la siguiente fórmula:

$HV = \text{Constante} \times \text{Carga aplicada} / \text{Area de la huella}$

$$HV = 0.102 \times \frac{2F \sin\left(\frac{\alpha'}{2}\right)}{d^2}$$

Siendo d = la media aritmética (en mm) de las dos diagonales d_1 y d_2 .



El valor de dureza Vickers es mayor cuanto más dura es la muestra. Existen tablas para realizar el cálculo de manera sencilla, aunque los durómetros digitales realizan este cálculo de manera automática,



En la fotografía de la izquierda, microdurómetro Vickers digital automático.

En la fotografía de la derecha, durómetro Vickers digital automático con aplicación de la fuerza de ensayo mediante célula de carga con sistema de bucle cerrado, y equipado con software para la medición de la huella.

Normativa:

Los ensayos Vickers están definidos en las siguientes normas:

- ASTM E384 Micro Vickers (10g a 1kg)
- ASTM E92 Macro Vickers (1kg a 100kg)
- ISO 6507-1,2,3 Micro y Macro Vickers

Aplicaciones:

Debido al amplio rango de cargas de ensayo, el método Vickers puede ser utilizado en prácticamente cualquier material metálico. El tamaño de la pieza está limitado únicamente por la capacidad del durómetro.

Ventajas:

- Una sola escala cubre todo el rango de dureza
- Gran cantidad de cargas de ensayo para ajustarse a cualquier aplicación.
- No destructivo, las muestras pueden ser normalmente utilizadas tras el ensayo.

Inconvenientes:

- El punto flaco del ensayo Vickers es la necesidad de medir ópticamente las dimensiones de la huella. Esto requiere que la superficie donde se va a realizar el ensayo tenga un acabado lo suficientemente fino para poder realizar una medición con precisión.
- Lentitud. La realización de un ensayo puede tomar 30 segundos sin contar el tiempo de preparación de la muestra.

La siguiente tabla muestra una lista de las escalas de dureza Vickers estándar.

Microdureza	Cargas de ensayo	Dureza con baja carga	Cargas de ensayo	Macro dureza	Cargas de ensayo
HV 0,01	0,09807 N	HV 0,2	1,961 N	HV 5	49,03 N
HV 0,015	0,1471 N	HV 0,3	2,942 N	HV 10	98,07 N
HV 0,02	0,1961 N	HV 0,5	4,903 N	HV 20	196,1 N
HV 0,025	0,2452 N	HV 1	9,807 N	HV 30	294,2 N
HV 0,05	0,4903 N	HV 2	19,61 N	HV 50	490,3 N
HV 0,1	0,9807 N	HV 3	29,42 N	HV 100	980,7 N

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° **CTU-2767-2025**

Página 1 de 1

Fecha de emisión: 2025-09-11
Expediente: 3025-2025

UNIDAD BAJO PRUEBA: TERMÓMETRO INFRARROJO
 Marca: MESTEK Rango de indicación: -50 °C a 800 °C
 Modelo: IRO2B División mínima: 0,1 °C
 Serie: No indica Procedencia: No indica
 Identificación: IMT-004 (*) Sensor: Infrarrojo
 Ubicación: No indica

SOLICITANTE: HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
 Dirección: JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA

DE LA CALIBRACIÓN: Fecha: 2025-09-11
 Lugar: Laboratorio de Temperatura de UNIMETRO S.A.C.
 Método: La calibración se efectuó tomando como referencia el "Procedimiento TH-002 para la calibración de termómetros de Radiación de Infrarrojo".
 Edición digital 1 del CEM de España.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES:

INDICACIÓN TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-15,0	0,0	-15,0	0,3
30,0	-0,2	29,8	0,3
100,0	-0,1	99,9	0,3

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección
 La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,3	20,4
Humedad Relativa (%HR)	63,0	62,0

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código IT-46	LT-052-2024 INACAL-DM
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termómetro patrón de 0,01 °C de resolución Código IT-27	LT-053-2024 INACAL-DM
Patrones de referencia del INACAL-DM	Termómetro patrón de 0,1 °C de resolución Código IT-21	CT-013-2025 UNIMETRO S.A.C.

OBSERVACIONES:

- (*) Identificación asignada por HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C., grabada en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



INGA CHUCOS
 MOISES ADOLFO FIR
 10020315 hard
 2025.09.12 09:39:29
 -05'00'

MOISES ADOLFO INGA CHUCOS
 INGENIERO FÍSICO
 CIP N° 137294



PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Anexo N° 4: Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad fue garantizada mediante el uso de un microdurómetro Vickers debidamente calibrado, cuyas especificaciones técnicas se detallan en el apartado de instrumentos. Asimismo, se aplicó un protocolo estandarizado de medición y todas las evaluaciones fueron realizadas por un único operador entrenado, lo que permitió reducir la variabilidad y asegurar la consistencia de los resultados obtenidos.

Protocolo de medición de microdureza del esmalte dental

1. Se realizó mediante un microdurómetro Vickers debidamente calibrado, siguiendo un protocolo estandarizado. Previamente a la evaluación, las muestras fueron limpiadas y secadas, asegurando una superficie adecuada para la indentación.
2. Cada espécimen fue colocado de forma estable y perpendicular al penetrador del equipo. Se aplicó una carga constante de 200 gf durante 15 segundos, conforme a las especificaciones del instrumento y a protocolos utilizados en estudios in vitro similares.
3. En cada muestra se realizaron tres indentaciones sobre la superficie del esmalte, manteniendo una distancia mínima de 100 μm entre cada huella para evitar la superposición o interferencia de las mediciones.
4. El valor final de microdureza Vickers (HV) de cada muestra se obtuvo a partir del promedio de las tres mediciones realizadas. Todas las evaluaciones fueron efectuadas por un único operador previamente entrenado, bajo condiciones controladas, con el fin de minimizar errores sistemáticos y garantizar la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados.

PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE MUESTRAS



Figura 1. Preparación de las muestras. Se hicieron cortes a las piezas dentales de 4x4 mm, las cuales fueron embebidas en resina acrílica insertadas en tubos de PVC y la superficie del esmalte de cada bloque fue pulida con una serie con discos.



Figura 2. Las muestras fueron divididas en 4 grupos



Figura 3. secado de las muestras Por medio de un horno con temperatura similar a la del cuerpo. Para evitar dañar a las piezas y eliminar el líquido que aumente su peso.



Figura 4. Para la temperatura del ácido se usó baño maría



Figura 5. Microdurometro de Vickers, para la prueba de Microdureza

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS



Figura 1. rugosímetro para Perfilometria



Figura 2. Para el control del pH se usó pH-metro digital portátil de la marca Milwaukee.



Figura 3. Pesado de la muestra con balanza analítica



Figura 4. Registro fotográfico del proceso experimental realizado en laboratorio para la evaluación de propiedades del esmalte dental.

Anexo N° 5: Aprobación del comité de ética



COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA

CONSTANCIA DE EXONERACIÓN DE REVISIÓN

Lima, 30 de octubre del 2025.

Autor Responsable:
GINO MARINO ALVINES HURTADO

Exp. N°: 2786-2025

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, tras la revisión del expediente presentado, determinó que el siguiente proyecto de investigación **queda EXONERADO de evaluación ética**, al no involucrar intervención directa con seres humanos, animales de experimentación, ni el uso de información sensible que requiera consentimiento informado o medidas adicionales de protección.

Proyecto titulado: "RELACION ENTRE LA TEMPERATURA DE EXPOSICIÓN AL ÁCIDO CÍTRICO Y LA EROSION DEL ESMALTE DENTAL HUMANO. ESTUDIO IN VITRO." Versión Nro.1, aprobada por el asesor en fecha 27/10/2025

El cual tiene como Autor(es) a:
GINO MARINO ALVINES HURTADO

La exoneración otorgada permite la ejecución del proyecto sin requerir aprobación ética adicional del CIEIC. El investigador asume la responsabilidad de cumplir con los principios de integridad científica y la normativa institucional vigente. En caso de modificaciones que cambien la naturaleza del estudio, deberá solicitarse nuevamente evaluación ética.

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 exonerado, 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. Angelica Karina Minaya Galarreta
Presidente
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
Universidad Privada Norbert Wiener

Anexo N° 6 Constancia de aprobación de la institución para la recolección de los datos



CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

020-2025

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DE LABORATORIO

Es grato dirigirme a Ud. Y saludarle a nombre del Laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C; así mismo comunicarle la aceptación para el desarrollo del proyecto de investigación denominado **“RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA DE EXPOSICIÓN AL ÁCIDO CÍTRICO Y LA EROSIÓN DEL ESMALTE DENTAL HUMANO. ESTUDIO IN VITRO”**; que se encuentran realizando el Sr.:

• Gino Marino Alvines Hurtado 42302021

De la Facultad de Ciencias de la Salud del Programa Académico de odontología de la Universidad Privada Norbert Wiener




Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados

Lima, 11 de Noviembre del 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Robert Nick Eusebio Teheran', is written over a light blue circular stamp.

Ing. Robert Nick Eusebio Teheran

Jefe de Laboratorio

 997 123 584 / 949 059 602
 laboratoriomec@ensayoshtl.pe
 Jr. Nepentas 364, San Juan de Lurigancho - Lima

Anexo N° 7 Programa de intervención

El presente programa detalla la secuencia de procedimientos de laboratorio ejecutados para medir el efecto de la temperatura del ácido cítrico sobre la microdureza del esmalte dental:

Fase 1: Preparación de las unidades de análisis

- Recolección y desinfección de las 40 piezas dentales (premolares).
- Seccionamiento de las coronas dentales para obtener bloques de esmalte estandarizados.
- Inclusión de los bloques de esmalte en resina acrílica y posterior pulido de la superficie para asegurar que esté completamente plana y lisa, requisito indispensable para la prueba de microdureza.

Fase 2: Medición de Microdureza Inicial (Pre-intervención)

- Traslado de las 40 muestras al laboratorio especializado (HTL S.A.C.).
- Aplicación de la prueba de microdureza Vickers utilizando un microdurómetro electrónico (carga especificada y calibrada).
- Registro de tres indentaciones (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) por muestra para obtener el "Promedio de Microdureza Inicial".

Fase 3: Intervención Experimental (Desafío Erosivo Térmico)

- Preparación de la solución de ácido cítrico estandarizada a un pH de 2.5.
División aleatoria de los 40 bloques de esmalte en 4 grupos experimentales (10 muestras por grupo).
- Acondicionamiento térmico de la solución ácida según el grupo correspondiente:
Grupo 1: Solución ácida a 25 °C (Temperatura ambiente).
Grupo 2: Solución ácida a 37 °C (Temperatura corporal simulada).
Grupo 3: Solución ácida a 10 °C (Temperatura fría).
Grupo 4: Solución ácida a 50 °C (Temperatura caliente).
- Inmersión total de los bloques de esmalte en sus respectivas soluciones durante un tiempo exacto de exposición de 10 minutos.
- Retiro de las muestras, lavado con agua destilada para detener la reacción ácida y secado cuidadoso.

Fase 4: Medición de Microdureza Final (Post-intervención)

- Sometimiento de las 40 muestras ya erosionadas nuevamente a la prueba de microdureza Vickers en el mismo equipo y bajo las mismas condiciones.
- Registro de tres nuevas indentaciones por muestra para obtener el "Promedio de Microdureza Final".

Fase 5: Procesamiento de Datos

- Tabulación de los resultados en una matriz de recolección de datos (Excel).
- Cálculo de la pérdida de microdureza superficial (ΔHV) restando la microdureza final de la inicial.

Anexo N° 8: Informe del asesor de Turnitin



Gino Alvines

Tesis

 Universidad Wiener

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::14912:577064514

Fecha de entrega
10 abr 2026, 5:24 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
10 abr 2026, 5:25 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Tesis rel Temp corregido.docx

Tamaño del archivo
299.3 KB

34 páginas
7673 palabras
43.555 caracteres






9% 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

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  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

- 8% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% 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	dspace.unitru.edu.pe	<1%
3	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
4	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
5	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-01-23	<1%
6	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
7	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
8	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2025-11-24	<1%
9	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	<1%
10	Internet	www.scielo.org.mx	<1%
11	Internet	www.grupoaulamedica.com	<1%

12	Internet	docplayer.es	<1%
13	Internet	repositorio.uap.edu.pe	<1%
14	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
15	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
16	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%
17	Internet	www.scielo.org.co	<1%
18	Publicación	Helene M. Dumas. "Strategies to promote activity and participation in children an...	<1%
19	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-05-23	<1%
20	Trabajos entregados	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2023-07-06	<1%
21	Trabajos entregados	Universidad de Huanuco on 2022-06-06	<1%
22	Internet	burjcdigital.urjc.es	<1%
23	Internet	repositorio.uch.edu.pe	<1%
24	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%
25	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-10-09	<1%

26	Trabajos entregados	Universidad Europea de Madrid on 2025-04-13	<1%
27	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-08-23	<1%
28	Internet	psfmx2017.wixsite.com	<1%
29	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
30	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	<1%
31	Internet	www.coursehero.com	<1%

Anexo N° 9: Matriz de recolección de datos (microdureza de Vickers)

La siguiente matriz detalla el promedio de las mediciones de microdureza superficial Vickers (HV) obtenidas de los 40 especímenes de esmalte dental humano, tanto antes (Inicial) como después (Final) de la exposición al ácido cítrico (pH 2.5) bajo diferentes condiciones de temperatura.

Espécimen	Grupo de Estudio	Temperatura	Microdureza Inicial (HV)	Microdureza Final (HV)
1	Grupo 1	25 °C	366.6	296.2
2	Grupo 1	25 °C	284.2	164.8
3	Grupo 1	25 °C	320.2	102.4
4	Grupo 1	25 °C	287.8	104.2
5	Grupo 1	25 °C	357.3	92.3
6	Grupo 1	25 °C	347.5	227.7
7	Grupo 1	25 °C	346.8	65.1
8	Grupo 1	25 °C	263.6	75.5
9	Grupo 1	25 °C	339.5	69.1
10	Grupo 1	25 °C	253.2	88.7
11	Grupo 2	37 °C	302.8	153.8
12	Grupo 2	37 °C	338.9	99.8

Espécimen	Grupo de Estudio	Temperatura	Microdureza Inicial (HV)	Microdureza Final (HV)
13	Grupo 2	37 °C	289.7	183.5
14	Grupo 2	37 °C	329.5	254.4
15	Grupo 2	37 °C	295.9	257.4
16	Grupo 2	37 °C	286.4	213.2
17	Grupo 2	37 °C	358.4	128.3
18	Grupo 2	37 °C	338.9	246.3
19	Grupo 2	37 °C	274.1	169.7
20	Grupo 2	37 °C	353.4	159.2
21	Grupo 3	10 °C	338.7	76.6
22	Grupo 3	10 °C	327.1	274.6
23	Grupo 3	10 °C	346.4	91.6
24	Grupo 3	10 °C	303.8	101.6
25	Grupo 3	10 °C	287.8	97.8
26	Grupo 3	10 °C	295.7	93.9
27	Grupo 3	10 °C	331.9	114.6

Espécimen	Grupo de Estudio	Temperatura	Microdureza Inicial (HV)	Microdureza Final (HV)
28	Grupo 3	10 °C	342.7	124.0
29	Grupo 3	10 °C	345.0	91.3
30	Grupo 3	10 °C	321.0	157.9
31	Grupo 4	50 °C	350.1	127.2
32	Grupo 4	50 °C	351.9	304.7
33	Grupo 4	50 °C	338.2	93.9
34	Grupo 4	50 °C	368.0	262.2
35	Grupo 4	50 °C	312.1	89.3
36	Grupo 4	50 °C	381.8	75.3
37	Grupo 4	50 °C	301.6	133.3
38	Grupo 4	50 °C	331.2	85.6
39	Grupo 4	50 °C	377.6	170.8
40	Grupo 4	50 °C	360.6	118.4




9% 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

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  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

- 8% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% 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	dspace.unitru.edu.pe	<1%
3	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
4	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
5	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-01-23	<1%
6	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
7	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
8	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2025-11-24	<1%
9	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	<1%
10	Internet	www.scielo.org.mx	<1%
11	Internet	www.grupoaulamedica.com	<1%