



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE ODONTOLOGÍA

Tesis

El ácido cítrico y su relación con la erosión del esmalte dental humano -
estudio in vitro

Para optar el Título Profesional de
Cirujano Dentista

Presentado por:

Autora: Villafranca Bazán, Silvia Jhisbet

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0102-6522>

Asesor: Mg. Vásquez Rodrigo, Hernán

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

Lima – Perú

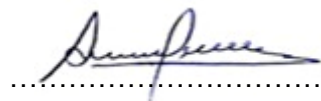
2026

 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, Villafranca Bazán, Silvia Jhisbet 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 “El ácido cítrico y su relación con 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 8 (ocho) % con código trn:oid::14912:599169213 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

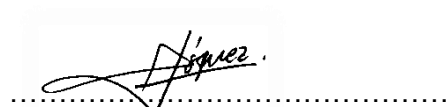
1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. 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

Silvia Jhisbet Villafranca Bazán

DNI: 48749968



Firma de asesor

Hernán Vásquez Rodrigo

DNI: 06144320

Lima, 10 de julio de 2026

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con mucho cariño a mis
padres y familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco ante todo a Dios por guiar mis pasos día a día, a mis padres por darme la confianza de seguir teniendo deseos de superación, y a todas las personas que de alguna u otra manera me guiaron y contribuyeron en mi formación universitaria.

ÍNDICE

Dedicatoria	Iii
Agradecimiento	Iv
Índice	V
Índice de Tablas	vii
Índice de Gráficos	viii
Resumen	Ix
Abstract	X
Introducción	Xi
CAPÍTULO I. PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Problema específico	3
1.3 Objetivo de la investigación	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos...	4
1.4 Justificación de la investigación	4
1.4.1 Teórica	4
1.4.2 Metodológica	4
1.4.3 Práctica	5
1.5 Limitaciones	5
1.5.1 Temporal	5
1.5.2 Espacial	5
1.5.3 Población o unidad de análisis	6
Capitulo II MARCO TEORICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Base Teórica	11
2.2.1 Ácido cítrico	11
2.2.2 El pH del ácido cítrico	12
2.2.3 Tiempo de inmersión	13
2.2.4 Esmalte dentario	14
2.2.5 Erosión dental	16

2.2.6 Micro dureza	16
2.3 Formulación de Hipótesis	17
2.3.1 Hipótesis General	17
2.3.2 Hipótesis Especificas	18
CAPITULO III: METODOLOGIA	19
3.1 Método de investigación	19
3.2 Enfoque de la investigación	19
3.3 Tipo de Investigación	19
3.4 Diseño de investigación	19
3.5 Población, Muestra y Muestreo	19
3.6 Variables y operacionalización	21
3.7 Técnicas e instrumentación de recolección de datos	22
3.7.1 Técnica	22
3.7.2 Descripción de Instrumentos	23
3.7.3 Validación	24
3.7.4 Confiabilidad	24
3.8 Procesamiento y análisis de datos	24
3.9 Aspectos Éticos	25
CAPITULO IV: PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	27
4.1 Resultados	27
4.1.1 Análisis descriptivo	27
4.1.2 Análisis Inferencial	29
4.2 Discusión de resultados	32
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1 Conclusiones	36
5.2 Recomendaciones	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS	41
Anexo 1 Matriz de Consistencia	43
Anexo 2 Instrumento	44
Anexo 3 Informe del asesor de turnitin	47
Anexo 4 Confiabilidad del Instrumento	49
Anexo 5 Aprobación del comité de Ética	55
Anexo 6 Carta de presentación	56
Anexo 7 Constancia de aprobación de la Institución	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre el ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio in vitro.....	27
Tabla 2. Relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental	28
Tabla 3. Reducción de la microdureza Vickers (HV) según la concentración de ácido cítrico	28
Tabla 4. Prueba T de Student para muestras relacionadas (Masa Inicial vs. Masa Final)	29
Tabla 5. Análisis de Varianza (ANOVA) para la pérdida de masa	29
Tabla 6. Prueba T de Student para muestras relacionadas (Microdureza Inicial vs. Final)	30
Tabla 7. Análisis de Varianza (ANOVA) para la reducción de microdureza	30
Tabla 8. Comparación múltiple de Tukey para la reducción de microdureza	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio in vitro.....	27
Figura 2. Relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental	28

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del ácido cítrico sobre la microdureza y la erosión del esmalte dental humano a diferentes concentraciones (1 %, 3 % y 5 %), mediante un estudio experimental in vitro. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se utilizaron piezas dentarias humanas distribuidas aleatoriamente en tres grupos experimentales, sometidas a ácido cítrico en distintas concentraciones. La evaluación se realizó mediante el método de dureza Vickers y el análisis de pérdida de masa, registrando valores antes y después del desafío ácido. El análisis estadístico incluyó pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, ANOVA de un factor, t de Student para muestras relacionadas y prueba post hoc de Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los resultados evidenciaron una disminución significativa tanto de la microdureza como de la masa en todos los grupos evaluados tras la exposición al ácido ($p = 0.000$). El ANOVA general mostró diferencias significativas respecto al impacto de las distintas concentraciones ($p = 0.000$). El hallazgo más relevante se obtuvo mediante la prueba post hoc de Tukey aplicada a la microdureza, la cual indicó una diferencia significativa entre el 1 % y el 3 % ($p = 0.000$), y entre el 1 % y el 5 % ($p = 0.000$); sin embargo, no se encontraron diferencias significativas al comparar las concentraciones del 3 % y el 5 % ($p = 0.631$). Se concluye que el ácido cítrico posee un efecto erosivo severo sobre el esmalte dental in vitro, evidenciándose un efecto de saturación de la desmineralización a partir de la concentración del 3 %.

Palabras clave: ácido cítrico; erosión dental; esmalte dental; microdureza; estudio in vitro.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of citric acid on the microhardness and erosion of human dental enamel at different concentrations (1%, 3%, and 5%) using an in vitro experimental design. The research employed a quantitative approach and experimental design. Human teeth were randomly assigned to three experimental groups and treated with citric acid at varying concentrations. Evaluation was performed using the Vickers hardness method and mass loss analysis, recording values before and after the acid challenge. Statistical analysis included Shapiro-Wilk normality tests, one-way ANOVA, paired Student's t-test, and Tukey's post-hoc test, with a significance level of $p < 0.05$. The results demonstrated a significant decrease in both microhardness and mass across all evaluated groups following acid exposure ($p = 0.000$). The overall ANOVA revealed significant differences regarding the impact of the various concentrations tested ($p = 0.000$). The most relevant finding was obtained through Tukey's post hoc test applied to microhardness values, which indicated a significant difference between the 1% and 3% concentrations ($p = 0.000$), and between the 1% and 5% concentrations ($p = 0.000$); however, no significant differences were found when comparing the 3% and 5% concentrations ($p = 0.631$). It is concluded that citric acid exerts a severe erosive effect on dental enamel in vitro, with a demineralization saturation effect observed from the 3% concentration onward.

Keywords: citric acid; dental erosion; dental enamel; microhardness; in vitro study.

INTRODUCCIÓN

La erosión dental es un proceso químico de desmineralización progresiva del esmalte de los dientes por la exposición crónica a agentes ácidos no bacterianos. En los últimos años esto ha adquirido una especial relevancia en el área de la salud dental con el aumento del consumo de alimentos y bebidas ácidas, siendo el ácido cítrico uno de los más utilizados en la fabricación de productos industrializados y naturales.

El esmalte dental tiene una gran resistencia ya que es el tejido más mineralizado del cuerpo humano, pero esta elevada resistencia puede verse comprometida si existe una exposición continua a disoluciones ácidas que pueden cambiar su estructura cristalina, haber una disminución gradual de su microdureza, ayudando a la realización de lesiones de erosión. Estos cambios resultan, además, de una alteración de la estética dental, por una mayor predisposición hacia la hipersensibilidad dentinaria, y hacia el desgaste dental y otras patologías bucales. Numerosos estudios han puesto de manifiesto la dependencia del efecto erosivo de los ácidos frente a factores como son la concentración, el tiempo a que se ve sometido y la capacidad tampón del medio. Sin embargo, se requiere una aproximación más exhaustiva del efecto que ejerce la sustancia ácida cítrica sobre la microdureza del esmalte dental, utilizando métodos experimentales controlados que permitan adicionalmente aislar su acción y cuantificar el daño que causa. En estas circunstancias, esta investigación se centró en determinar la incidencia de la concentración de ácido cítrico en los valores de microdureza de la superficie del esmalte, mediante un estudio experimental *in vitro*; se han considerado diferentes concentraciones. Los datos obtenidos aportarían, por tanto, evidencia científica suficiente, que incrementaría el conocimiento del proceso erosivo dental y al mismo tiempo supondría una base de la cual elaborar estrategias de prevención en salud bucal.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La erosión dental se conceptualiza como la pérdida irreversible de tejido duro provocada por una disolución química de etiología no bacteriana, la cual genera una desmineralización progresiva en la superficie adamantina¹. En cuanto a sus características, los factores se clasifican en intrínsecos, tales como los ácidos estomacales que llegan a la cavidad oral en patologías gastrointestinales y los factores extrínsecos como en la exposición al ambiente ácido a través de la dieta. Respecto a los factores dietéticos, las bebidas ácidas son agentes que están en relación directa con la evolución de la erosión dental. Así, tenemos al ácido cítrico, presente en muchas bebidas, sean jugos o refrescos, cuyo potencial erosivo está relacionado con su capacidad de liberar iones hidrógenos, este ácido libera hasta tres iones a partir de cada molécula disuelta en agua, iones que son capaces de atacar directamente al ion carbonato y fosfato, situación que da origen al proceso de desmineralización².

Al mismo tiempo que el pH aumenta, el ambiente se va volviendo básico, permitiendo la unión del citrato con el ion calcio que ocasiona el debilitamiento del contenido del esmalte, proceso denominado acción quelante. En un primer momento de la erosión dental, los ácidos poseen capacidad de esparcirse al interior de la estructura dental, eliminando los iones calcio y fosfato salivales, lo que resulta en un reblandecimiento de la capa superficial, la misma que varía con el tiempo de inmersión del ácido con un espesor de 0.2 a 0.3 μm , en la etapa final la erosión del diente se evidencia mediante la destrucción completa del esmalte capa por capa, logrando llegar hasta exponer la dentina^{3,4}.

El deterioro de los dientes y tejidos circundantes ocasionados por lesiones no cariosas, lesiones cervicales y recesión gingival acarreado a la exposición de los túbulos dentarios,

síntoma caracterizado por intenso dolor durante la masticación o la ingesta de líquidos, a causa de la exposición dentinaria⁵. La valoración de la cantidad de iones sodio y potasio disueltos en los cristales de hidroxiapatita puede ser realizada por electrodos de ion específicos, colorimetría, espectroscopio por absorción atómica, que es un método eficaz para la cuantificación en especial de los iones calcio disueltos^{6,7}.

El ácido cítrico o citrato en saliva es un agente quelante actuando en el proceso de desmineralización, atacando los iones sodio y potasio de la saliva, quienes actúan como tampón buffer para el proceso salival, en consecuencia, es necesario considerar el descenso del pH salival y la acidez de los agentes provenientes de la dieta disueltos en la saliva. Este ácido es considerado un compuesto químico de doble capacidad erosiva en razón por la que genera la desmineralización, tanto por la disociación de iones como por su capacidad de formar complejos iones calcio disueltos a partir de los cristales de hidroxiapatita⁸. La capacidad quelante de este agente se vincula directamente con sus constantes de disociación (pKa). Se observa una relación inversa donde valores reducidos de pKa favorecen la formación de enlaces de mayor estabilidad con los iones de calcio (Ca^{2+}). En relación con la capacidad tampón, es de gran importancia porque debido a la duración de la lesión como la tasa de neutralización de la saliva debido a su importancia en la capacidad de solución ácida para desmineralizar los tejidos dentales, la saliva constituye el sistema clave de protección de los dientes, lo que se realiza mediante el bicarbonato y amoníaco en forma de aminas, que se esparcen en la biopelícula, de esa forma neutraliza ácidos. Altas concentraciones de calcio y fosfato están relacionadas con la desmineralización del esmalte, proceso por el que los minerales perdidos se reemplazan a través de la matriz⁹.

En investigaciones llevadas a cabo en diferentes países, especialmente en Brasil, muestran que siete de cada diez personas (70%), consumen bebidas como jugos o

gaseosas, que tienen al ácido cítrico como su ingrediente principal¹⁰; en una investigación efectuada durante el año 2016 con individuos que asistieron a consultas en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se identificó que dentro de una muestra compuesta por 120 sujetos, aproximadamente el 24 % de los participantes presentaban manifestaciones clínicas compatibles con desgaste dental de tipo erosivo, lo cual sugiere una afectación significativa por esta patología no cariosa dentro de dicha población evaluada.

A escala global, la frecuencia con la que se presenta la erosión dentaria se encuentra estrechamente vinculada con patrones dietéticos inadecuados y poco saludables, caracterizados por una elevada ingesta de productos con alta acidez, como alimentos cítricos, bebidas carbonatadas y refrescos industriales, los cuales generan un impacto directo sobre la superficie del esmalte dental, favoreciendo procesos de desmineralización progresiva que debilitan su estructura y resistencia frente a los agentes químicos.

Por esas razones es importante determinar ¿Cuáles son los valores de titulación del ácido cítrico en la saliva y su relación con la erosión dental?

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio *in vitro*?

1.2.2. Problema específico

¿Cuál es el nivel de pérdida de masa y microdureza tras la exposición al ácido cítrico a las concentraciones de 1%, 3% y 5%?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio *in vitro*.

1.3.2. Objetivo específico

Evaluar el nivel de pérdida de masa y microdureza tras la exposición al ácido cítrico a las concentraciones de 1%, 3% y 5%

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

Esta investigación surge como respuesta a la demanda de nueva información científica útil, orientada a mejorar los protocolos de intervención clínica y las medidas preventivas frente a la erosión dental. Asimismo, Ante el desafío que suponen las dietas con alto potencial erosivo, este trabajo se orienta a fortalecer la cultura de prevención y las estrategias pedagógicas para salvaguardar la integridad dental. Al determinar el impacto real del ácido cítrico en la dureza superficial, los hallazgos cimentarán directrices dietéticas clave y funcionarán como antecedente teórico para la creación de nuevas tecnologías bioactivas de defensa del esmalte.

1.4.2. Metodológica

La decisión de utilizar una metodología experimental para analizar el impacto del ácido cítrico en la micro dureza del esmalte dental se basa en la intención de identificar una relación causal clara entre la exposición a dicho compuesto químico y las modificaciones físicas del tejido dentario. Empleando ensayos de micro dureza, como los métodos Vickers o Knoop, es posible obtener mediciones exactas y consistentes sobre el grado de deterioro del esmalte tras su exposición a soluciones de ácido cítrico, reproduciendo

condiciones comparables a las que ocurren en la boca al consumir alimentos o bebidas ácidas.

1.4.3. Práctica

La utilidad práctica de la presente indagación reside en poseer una importancia directa para, en un escenario donde la ingesta de productos ácidos ha incrementado notablemente, en particular entre niños, adolescentes y adultos jóvenes, entender cómo el ácido cítrico afecta el esmalte dental resulta fundamental para diseñar medidas preventivas más efectivas. La creciente disponibilidad y consumo de bebidas carbonatadas, jugos artificiales, energizantes y alimentos industrializados con alto contenido de ácidos orgánicos ha generado un impacto negativo en la integridad de las estructuras dentarias. Debido a su progresión lenta y a la ausencia de signos iniciales alarmantes, esta afección suele identificarse en estadios avanzados de destrucción. Por esta razón, se clasifica como una problemática de salud colectiva de carácter sigiloso.

1.5. limitaciones de la investigación

1.5.1 Temporal

La presente investigación se desarrolló en un periodo de tiempo determinado desde enero a marzo del 2026, comprendido entre los meses establecidos para la ejecución del estudio, lo que limita la observación del efecto del ácido cítrico sobre el esmalte dental únicamente a condiciones experimentales de corto plazo. En consecuencia, no se evalúan los efectos acumulativos ni progresivos que podrían presentarse en exposiciones prolongadas, como ocurre en condiciones clínicas reales.

1.5.2 Espacial

El estudio fue realizado en un entorno controlado del laboratorio HIGH TECHNOLOGY SAC, bajo condiciones estandarizadas que no reproducen completamente el medio bucal.

Factores como la presencia de saliva, variaciones de pH, temperatura intraoral, microbiota y hábitos del paciente no fueron considerados, lo que restringe la extrapolación directa de los resultados a situaciones clínicas reales.

1.5.3 Población o unidad de análisis

Al tratarse de un estudio *in vitro*, la muestra estuvo constituida por piezas dentarias humanas extraídas, las cuales no representan la variabilidad biológica de la población en condiciones *in vivo*. Asimismo, no se consideran factores individuales como edad, dieta, higiene oral o condiciones sistémicas, que pueden influir en el proceso de erosión del esmalte dental.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedente de la investigación

Alemán y Alemán (14) el año 2024, ejecutaron un estudio in vitro con el objetivo de *“Comparar el nivel de desgaste del esmalte dental inducido por bebidas energizantes”*. En la metodología, emplearon 40 fragmentos de esmalte humano, organizados en cuatro grupos experimentales: dos expuestos a las bebidas Volt y 220V, uno control positivo con Coca-Cola y otro control negativo con saliva artificial. En cada tratamiento se utilizaron muestras frescas de las bebidas, asegurando la estabilidad del pH. La erosión fue evaluada mediante la pérdida de masa de los bloques dentales antes y después de la exposición, utilizando una balanza analítica de alta exactitud. Para el tratamiento de datos se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (significancia $p < 0.05$) tras evaluar la normalidad. El análisis destacó que la bebida 220V presentó el mayor potencial erosivo con una pérdida promedio de 0,0067 mg, superando los 0,0016 mg registrados con Volt. Se concluye que, aunque ambos productos inducen desgaste en el esmalte, el 220V resulta significativamente más destructivo.

García (15) el año 2023, orientó su investigación a *“Determinar la relación entre el consumo de diferentes tipos de cítricos y la erosión dental en adultos asistentes a un comedor popular”*. La investigación, de carácter prospectivo y observacional, analizó a 70 participantes sin manipular variables. Mediante el índice BEWE y un cuestionario dietético, se procesaron los datos hallando una asociación estadística relevante (Chi-cuadrado; $p = 0,005$). La distribución de la erosión fue variada: pérdida inicial en un 25,7 % y compromiso severo (>50 %) en un 22,9 %, dejando libre de patología al 14,3 %. Destacó la preferencia por cítricos procesados (70 %) frente a los naturales (30 %), factor que resultó determinante en la relación con la pérdida de tejido.

Santos R et al (16) el año 2023, realizaron una revisión sistemática, con el objetivo de *“Determinar la relación existente entre los hábitos alimentarios y la erosión dental”*. El estudio abordó variables como la erosión de los tejidos dentales, la corrosión química del esmalte, los hábitos alimentarios y las estrategias terapéuticas y preventivas frente al desgaste ácido, con el fin de analizar su interrelación en el ámbito clínico odontológico. La acidez inherente a la dieta se identificó como el motor principal de la patología, estableciendo una conexión innegable con los patrones de ingesta. Por tanto, el reconocimiento temprano de los agentes agresores facilita la aplicación de medidas preventivas oportunas, minimizando la futura necesidad de procedimientos clínicos drásticos.

Inchingolo et al (17) el año 2023, llevaron a cabo una búsqueda exhaustiva con el objetivo de *“Analizar el potencial erosivo del consumo en incremento de bebidas carbonatadas en la superficie dental”*. Se incluyeron 19 estudios, siete fueron in vivo y doce in vitro. El abuso del consumo de estas bebidas incrementa la probabilidad de que ocurra erosión dental, lo cual conlleva a la desintegración progresiva de la estructura del esmalte y a la disminución de sus propiedades físico-mecánicas. Esta alteración favorece la formación de superficies irregulares y rugosas, que propician una mayor adherencia de biofilm bacteriano, elevando así el riesgo de desarrollar caries. Se determinó que la acidez de gran parte de la oferta comercial de gaseosas alcanza niveles de pH críticamente bajos. Estos valores son suficientes para desencadenar la disolución mineral del tejido dentario, superando el umbral de seguridad del esmalte.

Muñiz et al (18) el año 2022, el propósito de dicha investigación fue *“Evaluar el potencial erosivo y cariogénico de caramelos de distintos sabores disueltos en saliva*

artificial”. Para ello, las muestras fueron sometidas a pruebas de pH, acidez titulable y cuantificación de azúcares reductores. Cada análisis se replicó tres veces para cada uno de los sabores evaluados. Los datos obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y, posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey como análisis post hoc, considerando un nivel de significancia del 5 % ($p < 0.05$). En cuanto a los resultados, el análisis de pH reveló que el caramelo sabor extrafuerte contenía una cantidad significativamente mayor de sacarosa en comparación con el sabor fresa. En relación con la acidez titulable, el sabor fresa presentó valores promedio significativamente más elevados que los sabores menta y extrafuerte. Se concluyó que todos los caramelos evaluados tienen la capacidad de inducir erosión dental y favorecer la aparición de caries, sin importar su sabor, al disolverse en saliva artificial.

Angulo y Monroe (19) el año 2022, tuvieron como finalidad “*Analizar la posible relación entre la erosión dental y el consumo de dietas ácidas en estudiantes deportistas*”. El estudio se enmarcó en un esquema descriptivo de corte transversal, reclutando una muestra de 222 alumnos universitarios del sector privado. La recolección de información se instrumentó a través de un cuestionario de auto-diligenciamiento centrado en la ingesta acidogénica. Contrario a lo esperado, el análisis estadístico descartó una vinculación relevante entre la erosión y el consumo de cítricos ($p = 0,426$) o gaseosas ($p = 0,924$). La prevalencia de lesiones fue baja (6,17 %), pese a que un 24,69 % reportó beber jugos naturales y un 19,75 % energizantes. Se concluye la ausencia de correlación estadística en este grupo, posiblemente debido a factores confusores no medidos como la frecuencia de exposición o la higiene, variables que deberían priorizarse en estudios ulteriores.

Carrión y Medina (20) el año 2021, realizaron un estudio para “*Evaluar la relación entre el consumo de bebidas ácidas y la erosión dental en adultos jóvenes que asistían a un gimnasio*”. Bajo un esquema de investigación básica, se optó por un diseño no experimental de corte transversal con alcance descriptivo-correlacional. La muestra constó de 100 individuos evaluados mediante la escala BEWE y un instrumento dietético validado. Los resultados del test Chi-cuadrado ($p = 0,000$) confirmaron una dependencia estadística entre las variables. Aunque la prevalencia de salud dental fue alta (78 % libre de lesiones), el 22 % restante manifestó desgaste; dentro de este subgrupo afectado, el consumo habitual de cítricos alcanzó el 31 %. Se concluye un vínculo innegable entre la ingesta ácida y la erosión en usuarios de gimnasio, lo que subraya la urgencia de estrategias pedagógicas en salud oral.

Trujillo et al (21) el año 2021, planteó una investigación con el objetivo de “*Determinar el efecto erosivo sobre el esmalte dental de dientes humanos extraídos, expuestos a bebidas gasificadas*”. La investigación fue de carácter experimental in vitro y se desarrolló con una muestra compuesta por veintiséis dientes humanos extraídos que presentaban esmalte dental íntegro, los cuales fueron expuestos a bebidas carbonatadas durante un periodo de siete días. Para la recolección de datos se utilizó un cuestionario en el que se registró el nivel de pH de cada bebida, además del peso de las piezas dentales y su apariencia clínica. Los resultados mostraron valores de pH inferiores a 4.5, acompañados por una reducción en el peso de todas las piezas evaluadas. Se concluyó que dos de las bebidas analizadas ejercieron un efecto erosivo más pronunciado sobre la estructura dentaria, lo cual resalta la importancia de difundir esta información entre la población general ($p = 0.001$).

Al-Amri et al (22) el año 2021, tuvieron el propósito de “*Evaluar los cambios en las características físicas de la superficie dental, evaluando la dureza y rugosidad de la misma frente a factores como el pH y la duración de la exposición a diferentes bebidas gaseosas*”. La metodología comprendió a treinta y seis dientes premolares humanos, divididos aleatoriamente en 3 grupos, siendo el grupo 1 sumergido en saliva artificial, el grupo control, el grupo 2 y el 3, fueron sumergidos en bebidas refrescantes. Se tomaron medidas de referencia y de lectura dos y tres, posterior a la exposición de las muestras durante tres y quince días respectivamente. El estudio estadístico se realizó con SPSS. Concluyeron que, dentro de las limitaciones del estudio, la rugosidad superficial aumentó cuando los dientes fueron expuestos a ambas bebidas gaseosas refrescantes.

Guzmán (23) el año 2021, tuvieron como objetivo “*caracterizar las fases iniciales de la desmineralización y la erosión dentaria en piezas dentales desvitalizadas expuestas a distintas soluciones*”. Se ejecutó un ensayo experimental puro de corte longitudinal y prospectivo, orientado a determinar las fases tempranas de la desmineralización en unidades dentales ex vivo. El protocolo incluyó 30 molares sanos, sometidos a un registro gravimétrico basal (pesaje inicial) antes de ser aleatorizados. El grupo experimental enfrentó ciclos de inmersión en agentes químicos, mientras que el grupo testigo permaneció en sustituto salival por 30 días. Tras el intervalo, el re-análisis de peso y la inspección visual confirmaron una merma de masa y modificaciones evidentes en la tonalidad del esmalte, validando el poder erosivo de las sustancias evaluadas.

2.2. Bases Teóricas y definiciones

2.2.1. Ácido cítrico

Es considerado como un agente quelante, con una doble capacidad erosiva, promoviendo la desmineralización a través de la disociación de iones H^+ , así como su capacidad para

formar complejos de iones Ca^{+2} disueltos en cristales de hidroxiapatita, capacidad de formar complejos por parte del ácido cítrico se vincula directamente con su efecto quelante con la formación de diferentes tipos de constantes de disociación (pKa), cuyo menor valor indica que más fuerte será el enlace entre el ácido y los iones Ca^{+2} . Por tanto, el valor de pKa, constante de disociación, es proporcional a la concentración de iones liberados. A menor valor de pKa, más ionizado estará el ácido, resultando un mayor poder de desmineralización. El ácido cítrico, componente habitual en diversas bebidas, posee una capacidad significativa para inducir efectos desmineralizantes sobre los tejidos duros dentarios gran potencial erosivo^{24, 25,26}.

La formación de complejos de Ca^{2+} con moléculas de citrato determinante fundamental en el inicio del proceso degenerativo que conduce a la degradación de la arquitectura del tejido dentario mineralizado, comprometiendo su integridad estructural y funcional como consecuencia de múltiples factores biológicos, químicos o mecánicos interrelacionados de la conformación del órgano dental y la extensión del daño hacia la dentina. Diversas investigaciones científicas han evidenciado que las concentraciones más frecuentemente empleadas de ácido cítrico oscilan entre 0.1 % y 1 %, presentando un rango de pH en dichas soluciones que fluctúa entre 3.4 y 3.8, con el objetivo principal de simular de manera controlada y experimental el nivel de acidez característico de diversas bebidas ácidas comúnmente consumidas por la población²²

2.2.2. El pH del ácido cítrico

Caracterizado por presentar un pH débil que oscila entre 3 y 6, el ácido cítrico requiere ser determinado de manera precisa mediante técnicas de valoración con pHmetro en soluciones estandarizadas. Este control resulta indispensable, dado que la sustancia posee la capacidad de penetrar en los tejidos dentarios, generando un elevado potencial erosivo y, en consecuencia, una subsecuente desmineralización. La acidez titulable (AT) de este

compuesto debe evaluarse en condiciones donde las soluciones se mantengan por debajo de 5.5, ya que dicho umbral constituye el punto crítico a partir del cual el esmalte dental inicia un proceso de disolución progresiva. Este fenómeno compromete no solo la integridad estructural del esmalte, sino también su resistencia mecánica, aumentando la susceptibilidad a la abrasión y disminuyendo su función protectora frente a estímulos térmicos, químicos y mecánicos ²³.

De manera complementaria, la cuantificación exacta del pH y de la acidez titulable adquiere relevancia en la investigación odontológica, puesto que permite establecer una correlación entre la concentración de ácido cítrico, el tiempo de exposición y el grado de daño sobre la superficie dental. Estos parámetros son esenciales para diseñar protocolos in vitro que reproduzcan con fidelidad las condiciones a las que se encuentran expuestos en la boca. Además, la determinación rigurosa de estas variables proporciona evidencia científica útil para implementar medidas preventivas en la práctica clínica, tales como la recomendación de productos neutralizantes, el control del consumo de bebidas ácidas y el desarrollo de materiales dentales más resistentes a la erosión ²⁴.

2.2.3. Tiempo de inmersión

El período de tiempo durante el cual se introduce un material ácido en contacto con la superficie dental constituye un factor crítico en la determinación del grado de erosión. Dicho intervalo depende directamente del potencial de penetración del agente químico, el cual puede ser medido en minutos. Diversos autores han identificado rangos de inmersión que oscilan entre 1 y 3 minutos, lo que permite establecer un protocolo estandarizado para la evaluación del efecto erosivo sobre tejidos dentales en condiciones de laboratorio. Este control temporal resulta fundamental, ya que incluso ligeras variaciones en la duración de la exposición pueden modificar de manera significativa la magnitud de la desmineralización observada ²⁵.

Al considerar este parámetro experimental, es necesario integrar otros factores concomitantes, tales como la concentración del agente ácido, la temperatura de la solución y la naturaleza del sustrato dental (esmalte o dentina) expuesto durante el procedimiento. Estos elementos interactúan de forma dinámica, condicionando tanto la velocidad de disolución mineral como la profundidad de penetración en la superficie dentaria. De esta manera, la estandarización del tiempo de inmersión no solo garantiza la reproducibilidad y validez de los resultados in vitro, sino que también aporta una base metodológica sólida para la comparación entre diferentes estudios, facilitando la construcción de evidencia científica aplicable a la práctica clínica preventiva y restauradora ²⁵.

2.2.4. Esmalte dentario

El esmalte dental representa la estructura biológica con mayor resistencia mecánica del cuerpo humano, actuando como una capa protectora similar a un recubrimiento rígido sobre la dentina ubicada en la región coronaria, lo cual proporciona una defensa efectiva frente a estímulos externos para el sistema dentino-pulpar, asegurando su estabilidad funcional frente a agresiones fisicoquímicas. Esta alta dureza estructural se explica por su composición predominantemente inorgánica, que alcanza aproximadamente un 96 %, complementada por una proporción menor de agua cercana al 3 %, y una fracción muy reducida de componentes orgánicos que varía entre 0.36 % y 1 %, lo que le otorga sus propiedades únicas en cuanto a resistencia y durabilidad en el entorno bucal ²⁶. El componente inorgánico mayoritario del esmalte se organiza en prismas de hidroxiapatita (fosfato de calcio), los cuales configuran el almacén mineral del diente. Pese a su dureza, esta red cristalina presenta una vulnerabilidad química: su inestabilidad frente a la acidez provoca la disociación iónica, fenómeno que desencadena la caries en el tejido dental. Por otra parte, su elevada dureza, combinada con una arquitectura microestructural

altamente organizada, le confiere la capacidad de soportar las fuerzas masticatorias habituales, ofreciendo una protección eficiente frente a cargas funcionales. No obstante, esta misma dureza lo convierte en un material frágil y vulnerable ante impactos o cargas sin el soporte adecuado, por lo que requiere el respaldo biomecánico de la dentina subyacente, la cual actúa como una base resiliente que preserva la integridad del esmalte. En los casos en que dicha capa de dentina se ve comprometida, ya sea por un proceso carioso avanzado o una intervención cavitaria deficiente, el esmalte pierde su soporte y puede fracturarse con facilidad ante estímulos que normalmente resistiría ²⁷.

Las unidades organizativas fundamentales del esmalte de la especie mamífera son las varillas (prismas) y el esmalte interrogado (sustancia Inter prismática). La estructura del esmalte dental está conformada por cristales de hidroxiapatita, los cuales presentan dimensiones aproximadas de 60 a 70 nanómetros de ancho y entre 25 y 30 nanómetros de grosor.

Posee propiedades destacadas: el esmalte dental en su fase madura es una estructura carente de vasos sanguíneos y terminaciones nerviosas; ante procesos patológicos, responde mediante la pérdida de tejido, ya que no posee capacidad regenerativa. Además, puede verse comprometido por factores mecánicos como el cepillado dental excesivo en combinación con dentífricos abrasivos, por cargas funcionales excesivas que generan lesiones tipo abfracción, así como por la desmineralización inducida por ácidos provenientes tanto de caries como de gaseosas o jugos de frutas con alta acidez ^{26, 27}.

Puntualizando que las lesiones no cariosas se atribuyen a tres mecanismos etiológicos: la erosión, a través de la acción química por ácidos no bacterianos; la abrasión causada por el desgaste mecánico debido a factores externos, como el cepillado dental agresivo o el uso de agentes abrasivos y la abfracción relacionada con fuerzas oclusales disfuncionales

que generan flexión del diente y concentran el estrés en la región cervical, favoreciendo la pérdida de la estructura dental^{28, 29,30}.

2.2.5. Erosión Dental

Se considera como aquella acción de penetración o desmineralización del esmalte a consecuencia del desgaste progresivo del mismo. La erosión dental está definida como una lesión caracterizada debido a la disolución del componente inorgánico dental, mediante un proceso químico en ausencia de bacterias²⁸. Esta lesión constituye un proceso crónico y asintomático originado por los ácidos, proveniente del propio organismo, sobre todo en pacientes portadores de problemas gastroesofágicos. En tal sentido, el ácido clorhídrico secretado en el estómago y producido por las células parietales, viaja a través del esófago llegando a la cavidad bucal, favoreciendo la desmineralización de la superficie dental, debido a su bajo pH³¹.

Lesiones dentales por erosión se ubican en el tercio cervical, ya que comienza el proceso de desmineralización en las capas superficiales del esmalte, alterando la estructura dental. Una sustancia ácida con un pH inferior al cítrico, para el esmalte (5.5) y la dentina (4.5) pueden disolver los cristales de hidroxiapatita²⁵. Una vez instaurada la lesión, el proceso de desmineralización se manifiesta por la presencia de una superficie ablandada, acompañada de la disolución de los prismas periféricos, sin que se evidencie la formación de una lesión en la zona subsuperficial. En este contexto, la microdureza superficial puede ser evaluada en las fases iniciales del proceso desmineralizante^{32,33,34}.

2.2.6. Micro dureza

La dureza dental puede definirse como la resistencia de un cuerpo frente a una muesca, escotadura o penetración en la superficie del diente, lo que determina la capacidad del material para oponerse al desgaste. En odontología, esta propiedad constituye un parámetro fundamental para evaluar la integridad estructural del esmalte y la magnitud

de los procesos de desmineralización. Su medición se realiza mediante diferentes métodos estandarizados, entre los que destacan las pruebas de Knoop (NDK), Vickers (DPD), Brinell (NDB), Shore A (Dureza Shore A) y Rockwell (NDR), cada una de ellas con particularidades en cuanto al tipo de indentador, la forma de la huella producida y la forma de cálculo de la dureza ³⁵.

Estas técnicas permiten verificar la pérdida mineral, dado que ofrecen información cuantitativa sobre la cantidad y distribución de los minerales presentes en la estructura dentaria. El procedimiento se basa en la aplicación de una carga controlada a través de una punta de diamante durante un tiempo específico, generando hendiduras en la superficie del esmalte. Posteriormente, la longitud o geometría de dichas huellas es medida con precisión microscópica para calcular la dureza. En términos prácticos, estas pruebas no permiten medir de manera directa el desgaste dental en extensión o volumen, pero sí proporcionan un indicador fiable de la distribución mineral y del grado de mineralización de los prismas del esmalte. Por ello, constituyen una herramienta valiosa en la investigación de la erosión dental y en la validación de agentes protectores o remineralizantes en estudios *in vitro* ³⁵.

2.3. Formulación de hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

Hipótesis de trabajo (Hi)

Existe una relación significativa entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio *in vitro*

Hipótesis nula (Ho)

No existe una relación significativa entre el ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio *in vitro*

2.3.2. Hipótesis específica (H.E)

H.E. N ° 1

Hipótesis de trabajo (Hi1)

El nivel de pérdida de masa y la reducción de la microdureza superficial del esmalte dental humano presentan variaciones estadísticamente significativas tras la exposición al ácido cítrico en concentraciones de 1 %, 3 % y 5 %.

Hipótesis nula (Ho)

El nivel de pérdida de masa y la reducción de la microdureza superficial del esmalte dental humano no presentan variaciones estadísticamente significativas tras la exposición al ácido cítrico en concentraciones de 1 %, 3 % y 5 %.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

Se empleo el enfoque hipotético-deductivo, ya que permite ofrecer soluciones a las diversas interrogantes que surgen en el ámbito científico mediante la formulación y comprobación de hipótesis propuestas para explicar los fenómenos observados ³⁶.

3.2. Enfoque de la investigación

La elección del paradigma cuantitativo exigió la traducción numérica de los fenómenos estudiados. En este sentido, cada variable fue sometida a un proceso de medición riguroso, utilizando métricas e indicadores ajustados a sus respectivas dimensiones ³⁴.

3.3. Tipo de investigación

El presente trabajo se enmarca en la categoría aplicada, dado que su propósito fundamental es instrumentar la teoría científica vigente para dar respuesta efectiva a una problemática concreta y delimitada ³⁶.

3.4. Diseño de la investigación

Corresponde al tipo experimental, dado que se tomarán en cuenta dos grupos de piezas dentales, teniendo un grupo control y un grupo experimental para evaluar el potencial erosivo. Corte transversal y de alcance correlacional.

3.4.1 Corte: Transversal, con medición en un solo momento de la variable.

3.4.2 Nivel o alcance: Relacional, busca conocer la relación posible entre variables.

3.5. Población, muestra y muestreo, criterios de elección

3.5.1. Población

Estuvo conformada por 30 premolares extraídas para fines ortodónticos, debido a que se pretende evaluar la desmineralización en piezas dentales, valorando la micro dureza del esmalte.

3.5.2. Muestra

Considerada parte de la población ³⁶. Determinada por el investigador, por conveniencia¹². La cual estará conformada por 30 premolares extraídas que cumplan los criterios de inclusión y exclusión. Al ser piezas extraídas con el esmalte dental conservado se podrá evidenciar sin sesgos en la investigación la desmineralización del esmalte. Asimismo, se pretende realizar esta investigación en premolares debido a la accesibilidad a las mismas, extraídos por motivo ortodóntico. Los grupos estarán conformados en 3: n=10 para la sumersión en ácido cítrico en diferentes concentraciones

3.5.3. Muestreo

Se llevo a cabo un muestreo de tipo no probabilístico, empleando el método por conveniencia como criterio de selección de los participantes ^{12,13}.

3.6. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Variables	Definición		Dimensión	Indicadores	Escala de medición	
	Conceptual	Operacional			Cuantitativa	Valorativa
Ácido cítrico	Compuesto orgánico débil presente en frutas cítricas, con pH bajo.	Solución acuosa preparada con una concentración específica y pH determinado utilizado para exponer a la muestra durante un tiempo controlado	Concentración	mol/L	De razón	1% (bajo) 3% (medio) 5% (alto)
Grado de Erosión del esmalte dental	Desmineralización producida por una pérdida de superficie, que no implica la presencia de bacterias	Cambios medidos en el esmalte dental: pérdida de masa, disminución de micro dureza	Masa perdida	Gravimetría	Cuantitativa De razón	100 µg 200 µg 300 µg 400 µg 500 µg
			Micro dureza	Prueba de Micro durómetro de Vickers	De razón	100 HV 200 HV 300 HV kgf/mm ²

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnica

Se empleo el método de observación directa para el recojo de información respecto a los valores de titulación del ácido cítrico sobre la erosión del esmalte dental.

Procedimiento

1. Se utilizaron 30 premolares humanos extraídos por indicación ortodóntica, los cuales fueron inmediatamente desinfectados con solución de clorhexidina al 0.12 % durante 10 minutos y posteriormente almacenados en suero fisiológico al 0.9 % a 4 °C por un máximo de 7 días, renovando la solución cada 48 horas para evitar contaminación bacteriana y pérdida mineral secundaria.
2. Las muestras fueron inspeccionadas bajo lupa estereoscópica, descartándose aquellas con fisuras, caries o defectos estructurales visibles, garantizando así la homogeneidad del esmalte analizado.
3. Las muestras fueron distribuidas aleatoriamente en 3 grupos experimentales (n = 10 por grupo).
4. Cada diente fue seccionado obteniéndose bloques de esmalte de 4 × 4 mm, los cuales fueron incluidos en resina acrílica dentro de tubos de PVC. Posteriormente, la superficie del esmalte fue pulida con discos abrasivos de granulación progresiva durante 3 a 5 minutos por muestra, hasta obtener una superficie homogénea, estandarizando el mismo número de pasadas por muestra para evitar variaciones en la superficie.
5. Se realizó la medición inicial de microdureza Vickers (HV) utilizando un microdurómetro HMV-2 Shimadzu, aplicando una carga de 300 g durante 15 segundos, realizando 5 indentaciones por muestra con intervalos de 30 segundos entre cada medición.

6. Las muestras fueron sumergidas en soluciones de ácido cítrico al 1 %, 3 % y 5 %, previamente preparadas y ajustadas a un pH controlado entre 2.5 y 3.0, manteniendo una relación de 10 mL de solución por muestra, durante un tiempo de exposición de 15 minutos por ciclo, a temperatura controlada de 37 °C, simulando condiciones orales. Las soluciones fueron agitadas suavemente cada 10 minutos para evitar gradientes de concentración.
7. Finalizado el tiempo de exposición, las muestras fueron retiradas y lavadas con agua desionizada durante 5 segundos para detener la reacción ácida.
8. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en suero fisiológico por 10 minutos de reposo antes de la segunda medición.
9. Se realizó la medición final de microdureza bajo las mismas condiciones iniciales (300 g / 15 s / 5 indentaciones).

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.

El instrumento estuvo conformado por un formato de registro estandarizado del área experimental la cual estuvo constituido por ambas variables antes y después de la recolección de la información.

Los ítems estuvieron formados por la variable ácido cítrico, la cual se dimensiona en concentración y tiempo de inmersión. Así como la variable erosión del esmalte dental, la cual se midió por la micro dureza.

3.7.3. Validación

Al tratarse de una ficha de recolección de datos elaborada con fines exclusivamente operativos para el registro de los valores obtenidos durante el experimento, no requiere un proceso de validación estadística ni de juicio de expertos. Esto se debe a que no mide constructos subjetivos ni variables perceptuales, sino que se limita al registro directo de datos cuantitativos obtenidos mediante instrumentos previamente calibrados. Por tanto, se considera que el instrumento cumple con su función de manera adecuada sin necesidad de someterse a procedimientos formales de validación.

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, el cual ha sido previamente calibrado conforme a estándares técnicos establecidos. Esta calibración garantiza la exactitud, precisión y estabilidad de las mediciones realizadas durante el análisis. Asimismo, el equipo se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento y mantenimiento, lo que permite obtener resultados consistentes y reproducibles dentro de los rangos considerados normales para la evaluación de la microdureza del esmalte dental. De este modo, se asegura un alto nivel de confiabilidad en los datos obtenidos en el presente estudio.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos fueron organizados y codificados en una base de datos utilizando el software Microsoft Excel, lo que permitió su adecuada estructuración y control de calidad previo al análisis. Posteriormente, la información fue exportada al programa IBM SPSS Statistics versión 26.0, donde se realizó el procesamiento estadístico.

En una primera etapa, se aplicó estadística descriptiva mediante la elaboración de tablas de distribución de frecuencias y tablas comparativas, así como gráficos (barras y/o histogramas) para una mejor visualización e interpretación de los resultados obtenidos. Asimismo, se evaluó la distribución de los datos a través de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

En función de estos resultados, se procedió al análisis inferencial; para la comparación entre grupos, se empleó el estadígrafo ANOVA, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Adicionalmente, los resultados fueron presentados de manera ordenada en tablas y figuras, facilitando su interpretación y permitiendo evidenciar de forma clara las diferencias y relaciones entre las variables estudiadas. De este modo, se garantizó un análisis riguroso, sistemático y comprensible de la información en el presente estudio.

3.9. Aspectos éticos

El estudio realizado se sometió a evaluación por parte del Comité de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Norbert Wiener. La investigación cumplió en todo momento con los lineamientos establecidos en el portal de transparencia, asegurando la confidencialidad de los datos recolectados.

Las piezas dentarias humanas empleadas en el estudio procedieron de extracciones realizadas por indicación terapéutica, sin que estas hayan sido efectuadas con fines de investigación. Por tratarse de un estudio in vitro, no se realizó ninguna intervención directa en seres humanos, por lo que no se generó riesgo alguno para las personas.

Asimismo, se cuidó la confidencialidad de la información relacionada con el origen de las muestras, evitando cualquier forma de identificación personal y destinando el material biológico exclusivamente a los objetivos académicos del trabajo. Durante el desarrollo

del estudio, las muestras fueron manipuladas siguiendo las normas de bioseguridad y los protocolos establecidos para el manejo adecuado de residuos biológicos.

El trabajo se ejecutó bajo criterios de responsabilidad, honestidad y rigor científico, garantizando la veracidad de los datos obtenidos, el análisis objetivo de los resultados y el uso correcto de las fuentes bibliográficas, evitando prácticas inapropiadas como el plagio o la manipulación de información.

Finalmente, los resultados de la investigación serán utilizados únicamente con fines académicos y científicos, contribuyendo al conocimiento en el área de la odontología preventiva, sin que exista conflicto de interés que comprometa la objetividad del estudio.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1 Análisis descriptivo

Tabla 1. Relación entre el ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio in vitro

	Media $\pm$ Desviación estándar
Ácido cítrico 1%	0.00166 $\pm$ 0.0004326
Ácido cítrico 3%	0.00248 $\pm$ 0.0006477
Ácido cítrico 5%	0.00383 $\pm$ 0.0021613

En la tabla 1 se observa la relación entre el ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano, el ácido cítrico al 1% presenta una media de 0.00166 con una desviación estándar de 0.0004326, ácido cítrico al 3% con una media de 0.00248 y una desviación estándar de 0.0006477 y ácido cítrico al 5% con una media de 0.00383 y una desviación estándar de 0.0021613.

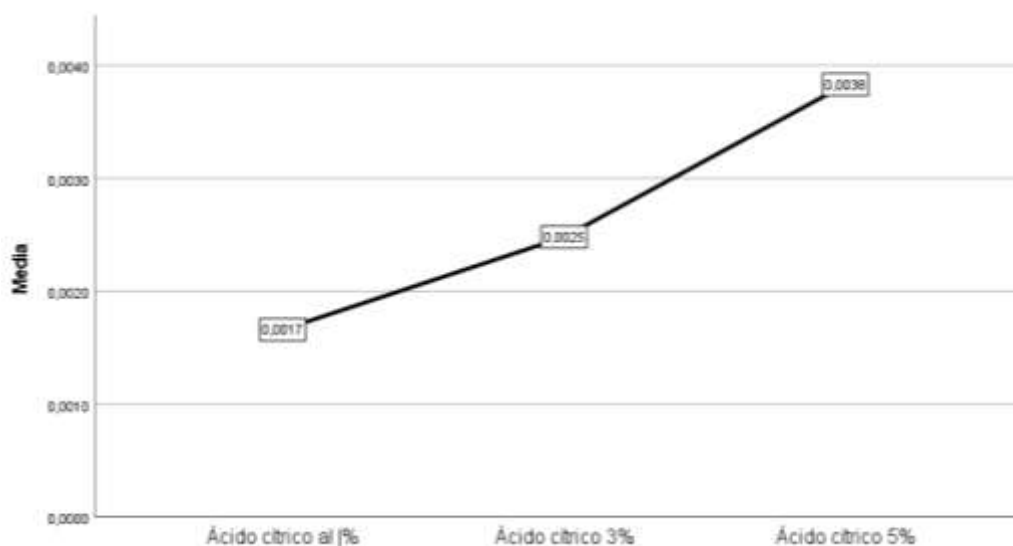


Figura 1. Relación entre el ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio in vitro

Tabla 2. Relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental

		Media $\pm$ Desviación estándar
Ácido cítrico al 1%	Masa inicial	0.14903 $\pm$ 0.0497809
	Masa final	0.14737 $\pm$ 0.0496397
Ácido cítrico 3%	Masa inicial	0.11616 $\pm$ 0.0344233
	Masa final	0.11368 $\pm$ 0.034194
Ácido cítrico 5%	Masa inicial	0.11734 $\pm$ 0.049481
	Masa final	0.11351 $\pm$ 0.048168

En la tabla 2 se aprecia la relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental, el ácido cítrico al 1% se obtuvo que su masa inicial tuvo una media de 0.14903 con una desviación estándar de 0.0497809 y la masa final una media de 0.14737 y desviación estándar de 0.0496397, el ácido cítrico al 3% se obtuvo que su masa inicial tuvo una media de 0.11616 con una desviación estándar de 0.0344233 y la masa final una media de 0.11368 y desviación estándar de 0.034194, y el ácido cítrico al 5% se obtuvo que su masa inicial tuvo una media de 0.11734 con una desviación estándar de 0.049481 y la masa final una media de 0.11351 y desviación estándar de 0.048168.

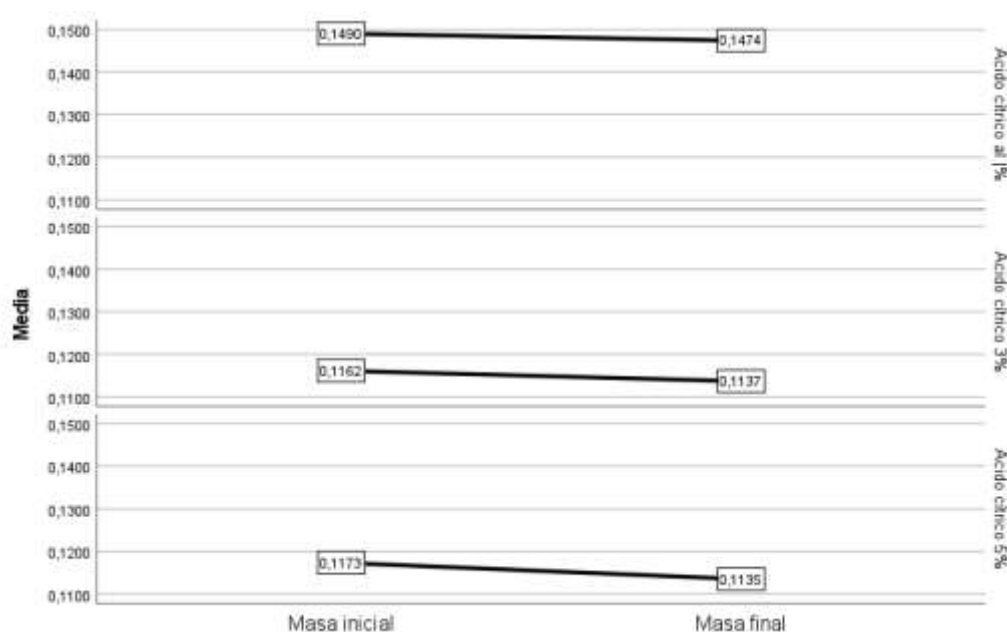


Figura 2. Relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental

Tabla 3. Reducción de la microdureza Vickers (HV) según la concentración de ácido cítrico

Concentración de Ácido Cítrico	Reducción Media de Microdureza (HV)
Ácido cítrico al 1 %	165.42
Ácido cítrico al 3 %	238.04
Ácido cítrico al 5 %	253.41

En la Tabla 3 se observa la magnitud de la reducción de la microdureza del esmalte dental tras la exposición al ácido cítrico. El grupo expuesto al 1 % presentó una reducción media de 165.42 HV. A medida que aumentó la concentración, el impacto fue mayor: el grupo al 3 % presentó una reducción media de 238.04 HV, y el grupo al 5 % presentó la mayor caída con una reducción media de 253.41 HV.

4.1.2 Análisis Inferencia

Pruebas de Normalidad

Previo al análisis de comprobación de hipótesis, se evaluó la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk para muestras pequeñas. Para la variable de masa, los valores p fueron 0.227 (1 %), 0.299 (3 %) y 0.380 (5 %). Asimismo, para la variable de reducción de microdureza, la prueba indicó valores p de 0.963 (1 %), 0.756 (3 %) y 0.429 (5 %). Al ser todos los valores mayores a 0.05, se confirma que los datos de ambas dimensiones presentan una distribución normal, lo cual justifica la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas.

A. Análisis Inferencial de la Pérdida de Masa (Gravimetría)

Tabla 4. Prueba T de Student para muestras relacionadas (Masa Inicial vs. Masa Final)

Concentración de Ácido Cítrico	Valor p (Significancia)	¿Diferencia Significativa?
Ácido cítrico al 1 %	0.000	Sí ($p < 0.05$)
Ácido cítrico al 3 %	0.000	Sí ($p < 0.05$)
Ácido cítrico al 5 %	0.000	Sí ($p < 0.05$)

Nivel de significancia $p < 0.05$. Se confirma pérdida de tejido en todas las concentraciones

- Ácido cítrico al 1 %: Sig. (p) = 0.000
- Ácido cítrico al 3 %: Sig. (p) = 0.000
- Ácido cítrico al 5 %: Sig. (p) = 0.000

Al aplicar la prueba T de Student, se aprecia que en las tres concentraciones evaluadas existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre la masa inicial y la masa final, confirmando la pérdida de tejido.

Tabla 5. Análisis de Varianza (ANOVA) para la pérdida de masa

Fuente de Variación	Valor F	Valor p (Significancia)	¿Diferencia Significativa?
Entre grupos (Concentraciones)	6.825	0.004	Sí ($p < 0.05$)

La diferencia en la concentración del ácido influye significativamente en la cantidad de masa perdida

- Valor F: 6.825
- Sig. (p): 0.004

El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de masa entre las tres concentraciones evaluadas ($p = 0.004$), demostrando que la concentración del ácido influye en el grado de erosión.

B. Análisis Inferencial de la Reducción de Microdureza Vickers

Tabla 6. Prueba T de Student para muestras relacionadas (Microdureza Inicial vs. Final)

Concentración de Ácido Cítrico	Reducción Media (HV)	Valor p (Significancia)	¿Diferencia Significativa?
Ácido cítrico al 1 %	165.42	0.000	Sí ($p < 0.05$)
Ácido cítrico al 3 %	238.04	0.000	Sí ($p < 0.05$)
Ácido cítrico al 5 %	253.41	0.000	Sí ($p < 0.05$)

Nivel de significancia $p < 0.05$. Se confirma caída significativa de dureza en todas las concentraciones

- Ácido cítrico al 1 %: Sig. (p) = 0.000
- Ácido cítrico al 3 %: Sig. (p) = 0.000
- Ácido cítrico al 5 %: Sig. (p) = 0.000

Al evaluar el cambio de la microdureza intragrupal, se obtuvo un valor de $p = 0.000$ para los tres grupos. Esto demuestra de manera concluyente que la disminución de la dureza superficial fue estadísticamente significativa frente a todas las concentraciones evaluadas.

Tabla 7. Análisis de Varianza (ANOVA) para la reducción de microdureza

Dimensión Evaluada	Valor p (Significancia)	Tamaño del Efecto (Eta parcial al cuadrado)
Reducción de Microdureza Vickers	0.000	0.541

Existe diferencia significativa entre los grupos. La concentración explica el 54.1 % del daño estructural

- Sig. (p): 0.000

Al comparar el nivel de daño intergrupar, el ANOVA aplicado a la reducción de microdureza reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las tres concentraciones, con un valor $p = 0.000$. Adicionalmente, el cálculo del tamaño del efecto arrojó un valor Eta parcial al cuadrado de 0.541, lo cual indica que la concentración del ácido cítrico explica el 54.1 % de la variabilidad total en la pérdida de dureza del esmalte.

Tabla 8. Comparación múltiple de Tukey para la reducción de microdureza

Comparación de Grupos	Valor p (Significancia)	¿Diferencia Significativa?
1 % vs. 3 %	0.000	Sí ($p < 0.05$)
1 % vs. 5 %	0.000	Sí ($p < 0.05$)
3 % vs. 5 %	0.631	No ($p > 0.05$)

La ausencia de diferencia significativa entre 3 % y 5 % evidencia el efecto de saturación del esmalte

- 1 % vs. 3 %: $p = 0.000$ (Diferencia significativa)
- 1 % vs. 5 %: $p = 0.000$ (Diferencia significativa)

- 3 % vs. 5 %: $p = 0.631$ (Sin diferencia significativa)

La prueba post hoc de Tukey para la microdureza demostró que existe una diferencia significativa al comparar el poder erosivo del grupo del 1 % frente al 3 % y frente al 5 %. Sin embargo, al comparar las concentraciones del 3 % y el 5 %, se obtuvo un valor $p = 0.631$. Esto indica que no existen diferencias significativas en el daño generado entre ambas, lo que evidencia un efecto de saturación en la estructura del esmalte.

4.2 Discusión de resultados

Los hallazgos de esta investigación mostraron que la exposición del esmalte dental humano a soluciones de ácido cítrico en diferentes concentraciones (1 %, 3 % y 5 %) produjo una disminución significativa de la microdureza superficial, lo que confirma el efecto erosivo de este ácido bajo condiciones in vitro. Este comportamiento se explica por el proceso de desmineralización del esmalte, en el cual los iones hidrógeno del ácido cítrico favorecen la disolución de cristales de hidroxiapatita, incrementando la pérdida mineral superficial. Adicionalmente, el ácido cítrico presenta un alto potencial quelante sobre el calcio, lo que intensifica aún más la desestructuración del tejido adamantino al interferir con su equilibrio mineral. Este resultado respalda la hipótesis general planteada de que el ácido cítrico reduciría la dureza del esmalte, coincidiendo con trabajos previos que han documentado la erosión causada por ácidos orgánicos en tejidos dentales.

Estudios como los de Trujillo-Hernández et al. (2021) y Alemán y Alemán (2024) han reportado cambios estructurales y pérdida de masa en esmalte humano tras la exposición a bebidas con alto contenido de ácido, acercándose conceptualmente al

fenómeno observado en el presente estudio. De manera similar, García Miranda (2023) evidenció una asociación entre el consumo frecuente de cítricos y la presencia de erosión dental en adultos, lo que refuerza la relación entre ácidos dietarios y deterioro del esmalte. Aunque sus métodos de evaluación varían (pérdida de masa, cambios morfológicos), todos señalan que la presencia de ácidos tiene un impacto negativo en la integridad del esmalte, lo que refuerza la relevancia de la microdureza como parámetro sensible para identificar alteraciones iniciales en la superficie dental. Asimismo, revisiones sistemáticas recientes han señalado que la erosión dental no solo depende del tipo de ácido, sino también de la frecuencia de exposición y del tiempo de contacto con la superficie dentaria, factores que en condiciones in vitro pueden amplificar el efecto erosivo.

De forma consistente con lo reportado por Muñoz Gómez et al. (2022), los resultados del ANOVA mostraron diferencias significativas en la reducción de microdureza al comparar las distintas concentraciones de ácido cítrico. Asimismo, Inchingolo et al. (2023) en su revisión sistemática sobre bebidas carbonatadas señalaron que la agresividad ácida depende directamente de la concentración y tiempo de exposición, lo cual coincide con el comportamiento observado en este estudio. Sin embargo, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de 3 % y 5 % evidencia un patrón que podría interpretarse como un efecto de saturación o umbral erosivo, donde un incremento adicional en la concentración no produce un daño proporcional mayor. Este comportamiento también ha sido observado en estudios experimentales in vitro, como los de Zimmer et al. (2019), sugiriendo que la dinámica de desmineralización puede estar influenciada por factores fisicoquímicos que alcanzan un punto de estabilidad. Este fenómeno podría explicarse por la formación de una capa superficial parcialmente desmineralizada que

actúa como barrera temporal, reduciendo la velocidad de progresión del daño en concentraciones más altas.

Aunque los antecedentes concuerdan en los efectos nocivos de ambientes ácidos sobre el esmalte, algunas discrepancias pueden estar relacionadas con diferencias metodológicas, como tiempos de exposición, tipo de ácido evaluado o técnicas de medición empleadas. Por ejemplo, Carrión Abanto y Medina Monteza (2021) reportaron variaciones en la erosión dental asociadas no solo al tipo de ácido, sino también a factores dietéticos adicionales, lo que evidencia la multifactorialidad del proceso erosivo. Por ejemplo, ciertos estudios han encontrado variaciones distintas en rugosidad superficial o cambios morfológicos que no siempre se reflejan directamente en la microdureza, lo que indica que cada método aporta información complementaria sobre el proceso erosivo. En ese sentido, la microdureza Vickers utilizada en este estudio permite una evaluación cuantitativa precisa de la resistencia superficial, aunque no necesariamente refleja todos los cambios ultraestructurales del esmalte.

Es importante destacar que la variabilidad observada en la respuesta del esmalte dental puede atribuirse a diferencias intrínsecas del tejido, como el grado de mineralización o la orientación de los prismas del esmalte, lo cual ha sido señalado en trabajos de revisión que resaltan la heterogeneidad biológica entre muestras individuales. Asimismo, Santos Rojas et al. (2023) enfatizan que los hábitos alimentarios y la frecuencia de exposición ácida influyen significativamente en la progresión de la erosión, lo que podría explicar parte de la variabilidad experimental observada. Además, al tratarse de un estudio *in vitro*, no se pudieron incorporar factores dinámicos del medio oral, como la presencia de saliva o la capacidad buffer,

lo cual limita la extrapolación directa de los resultados a escenarios clínicos. La saliva, en condiciones fisiológicas, desempeña un papel fundamental en la remineralización del esmalte mediante sistemas amortiguadores y aporte de iones calcio y fosfato, lo que podría atenuar significativamente los efectos observados en este estudio experimental.

En síntesis, los datos obtenidos confirman que el ácido cítrico tiene un efecto erosivo significativo sobre la microdureza del esmalte dental, lo cual se alinea con la evidencia existente y amplía la comprensión de este fenómeno desde una perspectiva experimental controlada. Estos hallazgos son consistentes con la literatura reciente que destaca el papel de los ácidos orgánicos como agentes clave en la desmineralización dental, especialmente en contextos de consumo frecuente de alimentos y bebidas cítricas. Por lo tanto, se sugiere que futuras investigaciones incorporen modelos dinámicos que simulen condiciones orales reales, con el fin de obtener resultados más cercanos al comportamiento clínico del esmalte frente a agentes ácidos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

PRIMERA: El ácido cítrico demostró un efecto erosivo significativo sobre el esmalte dental humano en condiciones in vitro, evidenciado por la reducción de la microdureza superficial en las concentraciones evaluadas (1 %, 3 % y 5 %), confirmando la relación entre el ácido cítrico y la erosión del esmalte dental.

SEGUNDA: Se evidenció que el incremento de la concentración del ácido cítrico influye en la disminución de la microdureza del esmalte dental, observándose un mayor efecto erosivo entre 1 % y 3 %, mientras que entre 3 % y 5 % no se encontraron diferencias significativas, lo que sugiere un posible efecto de saturación en la respuesta del esmalte frente al ácido cítrico.

5.2 Recomendaciones

1.- Se recomienda que en la práctica clínica odontológica se evalúe el consumo de alimentos y bebidas con alto contenido de ácido cítrico durante la anamnesis, así como la implementación de medidas preventivas como agentes remineralizantes (fluoruros) y educación en salud oral orientada a reducir la frecuencia de exposición a sustancias ácidas.

2.- Se recomienda realizar investigaciones futuras que incluyan otras variables complementarias como rugosidad superficial y análisis microscópico, además de incorporar condiciones biológicas más cercanas al medio oral, como la acción de la saliva, con el fin de mejorar la validez clínica de los resultados obtenidos en estudios *in vitro*.

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 Res.* 2020;54(1):2–6. doi: 10.1159/000503308.
2. Carvalho RKDHC, Lins TRDS, Santos JVD, Hilário JS, Costa JVP, Filho CHADV, et al. A influência da dieta na erosão dental: revisão de literatura. *Braz J Health Rev.* 2021;4(3):13424–32. doi: 10.34119/bjhrv4n3-290.
3. Zokaee H, et al. Effects of methamphetamine withdrawal on the volume and pH of stimulated saliva. *J Dent (Shiraz).* 2020;23(2):80–85. doi: 10.30476/DENTJODS.2021.87248.1244.
4. Fernandez TGC, Cossi FKY, Rodrigues AI, Cossi RHY. Potencial erosivo dos néctares. 2014. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/267809153>
5. Luiz CM, Costa SX, Figueiredo DDR. Avaliação do potencial erosivo de bebidas ácidas. *Rev Fac Odontol UPF.* 2023;27(1).
6. Al-Dlaigan YH, Al-Meedani LA, Anil S. The influence of frequently consumed beverages and snacks on dental erosion among preschool children in Saudi Arabia. *Nutr J.* 2017;16(1):80. doi: 10.1186/s12937-017-0307-9.
7. Silva JG, Farias MMAG, Silveira EG, Schmitt BHE, Araújo SM. Mensuração da acidez de bebidas industrializadas não lácteas destinadas ao público infantil. *Rev Odontol UNESP.* 2019;41(2):76–80.
8. Roche AM. Impacto do consumo de bebidas energéticas na erosão dentária: revisão integrativa [Tesis]. Univ São Paulo; 2023.
9. Marroquim OMG, Borges MVVF, Costa JG, Santos AF, Pnjwani CMBRG, Vanderlei AD. Análise das propriedades físico-químicas de bebidas à base de frutas e seu potencial erosivo no esmalte dental. *Diversitas J.* 2019;4(2):580–99. doi: 10.17648/diversitas-journal-v4i2.748.
10. Meurer. Avaliação do potencial erosivo em bebidas ácidas [Tesis]. Universidad do Sul de Santa Catarina; 2021.
11. Alvarado MA, Ibarra JJ, Ordoñez PE. Prevalencia de lesiones cervicales no cariosas en Ecuador. *Rev OActiva.* 2021;6(2):1–6.

12. Nikolopoulou K. What is convenience sampling? Scribbr; 2022.
13. Hernández González O. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico. *Rev Cub Med Gen Integr.* 2021;37(3):e1442.
14. Alemán SL, Alemán KA. Erosión del esmalte dental en dientes expuestos a bebidas energizantes Volt y 220V: estudio in vitro [Tesis]. Universidad César Vallejo; 2024.
15. García Miranda AP. Relación entre erosión dental y consumo de cítricos [Tesis]. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2023.
16. Santos Rojas MI, Alarcón Barcia AN, Gruezo Montesdeoca KL. Hábitos alimentarios y erosión dental: revisión sistemática. *Rev San Gregorio.* 2023;181–201.
17. Inchingolo AM, Malcangi G, Ferrante L, Del Vecchio G, Viapiano F, Mancini A, et al. Damage from carbonated soft drinks on enamel: a systematic review. *Nutrients.* 2023;15(7):1785. doi: 10.3390/nu15071785.
18. Muñiz Gómez LJ, Santos RC, Melo JGA, Silva GC, Soares DM. Evaluación in vitro del potencial erosivo de caramelos en saliva artificial. *Arch Investig Salud.* 2022;11(5):753–57.
19. Angulo Távara TP, Monroe Pérez PR. Evaluación de erosión dental y dieta ácida en deportistas [Tesis]. UPC; 2022.
20. Carrión Abanto WM, Medina Monteza YI. Erosión extrínseca y dieta en adultos jóvenes [Tesis]. Universidad César Vallejo; 2021.
21. Trujillo-Hernández M, Acosta AA, Burgos MP, Hoyos V, Orozco-Páez J. Erosión del esmalte dental en bebidas industriales: estudio in vitro. *Int J Interdiscip Dent.* 2021;14(3).
22. Al-Amri I, Albounni R, Binalrimal S. Effect of soft drinks on enamel surface roughness. 2021.
23. Guzmán Suárez MR. Desmineralización y erosión dentaria: estudio in vitro. *Oris Tertius UPAL.* 2021;4(8).
24. Farias MMAG, Bernardi M, Silva Neto R, et al. Avaliação de bebidas com soja e erosão dentária. *Pesqui Bras Odontopediatr Clin Integr.* 2019;9(3):277–81.
25. Feijó IDS, Iwasaki KMK. Carie e dieta alimentar. *UNINGÁ.* 2022;19(3).
26. Zimmer S, Kirchner G, Bizhang M, Benedix M. Influence of acidic beverages on tooth erosion. *PLoS One.* 2015;10(6):e0129462. doi:

- 10.1371/journal.pone.0129462. (*Nota: Corregido a 2015 que es el año real de publicación de este artículo en PLoS One*).
27. Aykut-Yetkiner A, Ronay V, Attin T. Erosive potential of acidic drinks on enamel. *Clin Oral Investig*. 2014;18(3):769–73. doi: 10.1007/s00784-013-1025-x.
 28. Carvalho TS, Lussi A, Schlueter N, Baumann T. Differences in susceptibility of teeth to erosion. *Sci Rep*. 2022;12(1):4153. doi: 10.1038/s41598-022-08034-7.
 29. Gómez de Ferraris ME. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 4.a ed. México: Médica Panamericana; 2019.
 30. Nanci A. Ten Cate's oral histology. 9.a ed. Elsevier; 2018.
 31. Carvalho TS, Schmid TM, Baumann T, Lussi A. Erosive effect of dietary substances on teeth. *Clin Oral Investig*. 2017;21(5):1519–26. doi: 10.1007/s00784-016-1915-z.
 32. Zhao X, Wang L, Pan J, et al. Desensitizing dentifrices and erosion resistance. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):610. doi: 10.1186/s12903-021-01968-4.
 33. Zhou X, Liu X, Zhang P, et al. Demineralization of enamel by beverages. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2021;19(4):207–9.
 34. Peraza-Gutiérrez L, Gutiérrez-Martorel ST. Lesiones cervicales no cariosas. *Rev Med Electr Ciego Ávila*. 2020;26(3).
 35. Gallardo DH, Arencibia R, Linares-Girela D, et al. Hábitos alimenticios en universitarios. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2021;27(1):1–13.
 36. Capell JR, Formoso A. Dietas ácidas y erosión dental. *Rev Ortodoncia*. 2020;50:142–47.
 37. Otero Baxter Y, et al. Reflujo gastroesofágico y alteraciones bucales. *Rev cubana Estomatol*. 2020;57(2):e1775.
 38. Souza CB, et al. Microdureza de resinas compuestas. *Rev cubana Estomatol*. 2020;57(2).
 39. Bezerra de Souza C, et al. Microdureza y porosidad de resinas. *Rev cubana Estomatol*. 2020;57(2).
 40. Acuña Flores SM, Tay Chu-Jon LY, Delgado-Cotrino L. Modelos in situ para erosión dental. *Int J Odontostomatol*. 2021;15(3):788–94.
 41. Salamanca O. Cómo escribir un artículo científico. *CES Med*. 2020;34(2):169–76.

ANEXOS

Anexo N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

EL ACIDO CÍTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EROSION DEL ESMAL DENTAL. ESTUDIO IN VITRO Bachiller: Silvia Villafranca Bazán – 2025					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÒTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACIÓN
Problema general ¿Cuál es la relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio <i>in vitro</i> ? Problema específico ¿Cuál es el nivel de pérdida de masa y microdureza tras la exposición al ácido cítrico a las concentraciones de 1%, 3% y 5%?	Objetivo general Determinar la relación entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio <i>in vitro</i> . Objetivo específico Evaluar el nivel de pérdida de masa y microdureza tras la exposición al ácido cítrico a las concentraciones de 1%, 3% y 5%	Hipótesis general (Hi) Existe una relación significativa entre la concentración del ácido cítrico y la erosión del esmalte dental humano en un estudio <i>in vitro</i> Hipótesis específica (Hi) El nivel de pérdida de masa y la reducción de la microdureza superficial del esmalte dental humano presentan variaciones estadísticamente significativas tras la exposición al ácido cítrico en concentraciones de 1 %, 3 % y 5 %.	V1: ácido cítrico V2: Erosión del esmalte dental	Diseño experimental Corte Transversal Nivel o alcance Relacional	30 premolares

Anexo N°2: INSTRUMENTO



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-0247-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	18-11-2025
ENSAYO DE PESADO EN ESMALTE DE DIENTES ODONTOLÓGICOS					
1. DATOS DEL SOLICITANTE					
Nombre de tesis	"EL ACIDO CÍTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EROSION DEL ESMALTE DENTAL HUMANO - ESTUDIO IN VITRO."				
Nombres y Apellidos	: Silvia Jhisbet Villafranca Bazán				
D.N.I.	: 48749968				
Dirección	: Mz, "I" lote 10 coop Primavera Comas				
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.	
Vernier Digital Balanza electrónica	Mitutoyo - 200 mm Exactrol	0.01mm 0.0001g	LCL-006-2025 CMU-229-2025		
3. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Muestras de esmalte de dientes odontológicas	Cantidad	: Treinta (30) 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 expuestas en :			
	Grupo 1	: Acido citrico al 1%			
	Grupo 2	: Acido citrico al 3%			
Grupo 3	: Acido citrico al 5%				
*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	18 de Noviembre del 2025				
Lugar de Ensayo	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Jr. Nepentas 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho, Lima.				
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de calidad de la entidad que lo produce.					
5. CONDICIONES DE ENSAYO					
	Inicial	Final	El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.		
Temperatura	20.9 °C	21.1 °C			
Humedad Relativa	77.0 %HR	77.0 %HR			
6. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO					
El ensayo se realizó bajo la siguiente Norma:					
NORMA	DESCRIPCIÓN			CAPITULO/NUMERAL	
según requerimiento	Se realizó el pesado inicial de las muestras, posterior se realizaron la inmersión en un ácido citrico al 1%, 3% y 5% por un tiempo de 15 minutos, posterior se realizó el secado a 37°C y el pesado final de las muestras.				

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@ensayoshti.pe // ingenieria@ensayoshti.pe

www.ensayoshti.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°	IEO-0247-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	18-11-2025
7.0 ENSAYO DE PESADO				
Grupo 1: Ácido cítrico al 1%				
Espécimen	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Δ (mi-mf) Masa (g)	
1	0.2186	0.2162	0.0024	
2	0.1390	0.1367	0.0023	
3	0.1816	0.1798	0.0018	
4	0.0794	0.078	0.0014	
5	0.2205	0.2189	0.0016	
6	0.1731	0.1719	0.0012	
7	0.1051	0.1032	0.0019	
8	0.1067	0.1055	0.0012	
9	0.1054	0.1039	0.0015	
10	0.1609	0.1596	0.0013	
Grupo 2: Ácido cítrico 3%				
Espécimen	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Δ (mi-mf) Masa (g)	
1	0.0911	0.0891	0.0020	
2	0.1330	0.131	0.0020	
3	0.0991	0.0964	0.0027	
4	0.0797	0.0774	0.0023	
5	0.1478	0.1454	0.0024	
6	0.1605	0.1579	0.0026	
7	0.1474	0.1453	0.0021	
8	0.1258	0.1223	0.0035	
9	0.1245	0.1209	0.0036	
10	0.0527	0.0511	0.0016	
Grupo 2: Ácido cítrico 5%				
Espécimen	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Δ (mi-mf) Masa (g)	
1	0.1348	0.1324	0.0024	
2	0.1566	0.1521	0.0045	
3	0.0713	0.0691	0.0022	
4	0.1313	0.123	0.0083	
5	0.1281	0.1226	0.0055	
6	0.0909	0.0887	0.0022	
7	0.0739	0.072	0.0019	
8	0.2265	0.2205	0.0060	
9	0.0953	0.093	0.0023	
10	0.0647	0.0617	0.0030	



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@ensayoshti.pe // ingenieria@ensayoshti.pe

www.ensayoshti.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°	IEO-0247-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	18-11-2025
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio  HTL HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE 				
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@ensayoshti.pe // ingenieria@ensayoshti.pe

 www.ensayoshti.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 4

INFORME DE ENSAYO		IEO-0242-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025
ENSAYO DE DUREZA MICROVICKERS EN ESMALTE DE DIENTES ODONTOLÓGICOS					
1. DATOS DEL SOLICITANTE					
Nombre de tesis	"EL ACIDO CÍTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EROSION DEL ESMALTE DENTAL HUMANO - ESTUDIO IN VITRO."				
Nombres y Apellidos	Silvia Jhisbet Villafranca Bazán				
D.N.I.	48749968				
Dirección	Mz. "I" lote 10 coop Primavera Comas				
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	LG - HV-1000	1 µm - 40X	CC-055-2025		
3. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Muestras de esmalte de dientes	Cantidad	: Treinta (30) 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 expuestas en:			
	Grupo 1	: Ácido cítrico 1%			
	Grupo 2	: Ácido cítrico 3%			
	Grupo 3	: Ácido cítrico 5%			
*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	13 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			
Temperatura	20.8 °C	20.9 °C			
Humedad Relativa	70.0 %HR	69.0 %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@ensayoshti.pe // ingenieria@ensayoshti.pe

 www.ensayoshti.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 4

INFORME DE ENSAYO		IEO-0242-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025
7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICRODUREZA VICKERS					
Grupo 1: 1% - 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)	302.9	290.8	302.9	298.9
2		346.7	350.5	345.9	347.7
3		418.5	366.3	425.8	403.5
4		302.7	310.1	305.6	306.1
5		343.0	308.9	308.9	320.3
6		266.1	296.7	297.9	286.9
7		294.3	335.8	298.2	309.4
8		339.4	358.3	350.5	349.4
9		335.8	362.2	335.8	344.6
10		331.5	296.7	308.6	312.3
Grupo 1: 1% - 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)	188.3	178.3	189.3	185.3
2		150.3	143.0	143.0	145.4
3		153.5	155.8	178.3	162.5
4		170.2	153.5	164.6	162.8
5		143.0	128.4	138.9	136.8
6		110.3	123.9	124.9	119.7
7		115.9	151.3	154.8	140.7
8		202.6	220.5	210.8	211.3
9		155.8	151.3	144.3	150.5
10		199.3	220.5	209.9	209.9
Grupo 2: 3% - 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)	401.1	302.7	401.9	368.6
2		296.7	358.3	298.6	317.9
3		274.3	328.3	294.8	299.1
4		328.7	341.8	341.8	337.4
5		328.7	328.7	310.1	322.5
6		383.1	374.5	358.3	372.0
7		328.7	366.3	347.5	347.5
8		358.3	363.1	360.8	360.7
9		374.5	358.3	358.3	363.7
10		383.1	325.3	374.5	361.0



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



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 5 de 4

INFORME DE ENSAYO		IEO-0242-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025
-------------------	--	---------------	----------------	-------------------	------------

Grupo 2: 3% - 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)	109.6	106.3	112.5	109.5
2		101.4	92.4	119.6	104.5
3		102.6	98.1	98.1	99.6
4		99.0	98.2	105.0	100.7
5		98.0	90.2	98.3	95.5
6		81.9	84.9	84.9	83.9
7		165.2	147.1	154.9	155.7
8		133.6	130.8	135.5	133.3
9		66.5	95.6	89.1	83.7
10		100.2	100.2	110.5	103.6

Grupo 3: 5% - 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)	308.9	293.7	300.9	301.2
2		343.0	343.0	340.5	342.2
3		357.5	332.2	344.1	344.6
4		321.9	308.9	308.9	313.2
5		290.8	274.3	295.2	286.8
6		335.8	370.4	353.8	353.3
7		366.3	346.7	351.0	354.7
8		356.7	321.9	339.5	339.4
9		374.5	343.0	349.2	355.6
10		366.3	314.3	343.5	341.4

Grupo 3: 5% - 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)	108.9	95.7	95.5	100.0
2		40.7	33.1	46.9	40.2
3		45.9	50.8	54.8	50.5
4		41.6	68.5	68.6	59.6
5		73.4	68.5	75.9	72.6
6		51.6	59.7	59.7	57.0
7		128.9	141.9	120.8	130.5
8		69.9	63.1	85.9	73.0
9		114.8	151.8	114.8	127.1
10		84.1	80.6	98.6	87.8



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@ensayoshti.pe // ingenieria@ensayoshti.pe

www.ensayoshti.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 4 de 4

INFORME DE ENSAYO		IEO-0242-2025	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	14-11-2025
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio		 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE			
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. Nepentás 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima



ventas@ensayoshti.pe // ingenieria@ensayoshti.pe



+51 997 123 584 // 949 059 602



www.ensayoshti.pe

Anexo N° 3 validación 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			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.
	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	



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°	CC-055-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	08-09-2025																		
7. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN																						
ERROR DE INDICACIÓN																						
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Condiciones Ambientales</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>19.4</td> <td>Final</td> <td>19.4</td> </tr> </table>					Condiciones Ambientales				Inicial	19.4	Final	19.4										
Condiciones Ambientales																						
Inicial	19.4	Final	19.4																			
<table border="1"> <tr> <th>Valor Patrón</th> <th>Indicación</th> <th>Corrección</th> <th>Incertidumbre</th> <th>Unidades</th> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.1</td> <td>0.9</td> <td>0.98</td> <td>HV</td> </tr> <tr> <td>744</td> <td>745.5</td> <td>-1.5</td> <td>0.89</td> <td>HV</td> </tr> </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																						
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Condiciones Ambientales</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>19.4</td> <td>Final</td> <td>19.4</td> </tr> </table>					Condiciones Ambientales				Inicial	19.4	Final	19.4										
Condiciones Ambientales																						
Inicial	19.4	Final	19.4																			
<table border="1"> <tr> <th>Valor Patrón (HV)</th> <th>Indicación (HV)</th> <th>Corrección (HV)</th> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.1</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>414.8</td> <td>-1.8</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>413.4</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.1</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.9</td> <td>0.1</td> </tr> </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																						
~ 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 %. ~ Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".																						
9. CONCLUSIONES																						
~ 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.																						
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio		 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE																				
FIN DEL DOCUMENTO																						



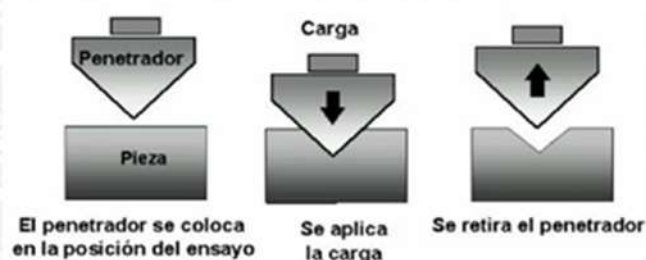
DUREZA VICKERS

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.

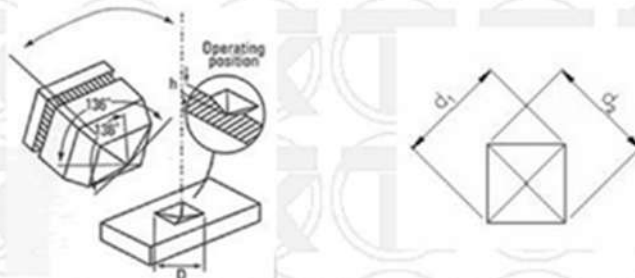


El resultado de dureza Vickers HV viene dado por la siguiente fórmula:

HV = Constante x Carga aplicada / Área 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 .





KANSERT, S.L.

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

Anexo N° 4: INFORME DEL ASESOR DE TURNITIN



Página 1 de 48 - Portada

Identificador de la entrega trnoid::14912:599169213

Silvia Villafranca

Tesis



Universidad Wiener

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid::14912:599169213

Fecha de entrega

10 jun 2026, 11:40 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 jun 2026, 11:42 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

tesis silvia villafranca.docx

Tamaño del archivo

124.2 KB

43 páginas

9418 palabras

52.227 caracteres



Página 1 de 48 - Portada

Identificador de la entrega trnoid::14912:599169213

8% 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

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  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

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 4% 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	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
3	Internet	gresis.osc.int	<1%
4	Internet	www.researchgate.net	<1%
5	Internet	riuwap.uwap.edu.ve	<1%
6	Internet	repositorio.sanfranciscochirca.edu.pe	<1%
7	Trabajos entregados	Khulna University of Engineering & Technology on 2025-07-19	<1%
8	Trabajos entregados	University Der Es Salaam on 2015-06-15	<1%
9	Trabajos entregados	BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2019-10-18	<1%
10	Internet	repositorio.unica.edu.pe	<1%
11	Trabajos entregados	D.A. de Estomatología on 2026-05-12	<1%



12	Internet	ri.uaemex.mx	<1%
13	Internet	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
14	Internet	repositorio.ucsm.edu.pe	<1%
15	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2026-06-10	<1%
16	Internet	biblioteca.cenicafe.org	<1%
17	Internet	docta.ucm.es	<1%
18	Internet	pt.scribd.com	<1%
19	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-08-24	<1%
20	Trabajos entregados	Universitat Politècnica de València on 2021-11-22	<1%
21	Internet	alumnieditora.com	<1%
22	Internet	files01.core.ac.uk	<1%
23	Internet	oa.upm.es	<1%
24	Internet	www.scielo.org.mx	<1%
25	Publicación	M. J. Larrazábal, I. Escriche, M. M. Camacho. " Cambios de calidad asociados a las ...	<1%

26	Trabajos entregados	Universidad Católica San Antonio de Murcia on 2024-05-10	<1%
27	Trabajos entregados	Universidad Peruana Cayetano Heredia on 2026-05-16	<1%
28	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2026-05-19	<1%
29	Trabajos entregados	Universidad de Huanuco on 2022-06-06	<1%
30	Trabajos entregados	Universitat Internacional de Catalunya on 2025-06-18	<1%
31	Internet	docplayer.com.br	<1%
32	Internet	www.cimel.felsocem.net	<1%
33	Internet	www.coursehero.com	<1%
34	Internet	www.freepatentsonline.com	<1%
35	Internet	www.jove.com	<1%

Anexo N°4: CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

La reproducibilidad de las mediciones se sustentó en el uso de un equipo de indentación Vickers con certificación de calibración vigente (detalles en la sección de instrumentos). Para eliminar el sesgo inter-observador, la toma de datos fue ejecutada exclusivamente por un investigador único y capacitado, bajo un protocolo rígido que minimizó el error experimental.

Protocolo

1. **Acondicionamiento y Calibración:** El ensayo se ejecutó en un durómetro Vickers con certificación de ajuste vigente. Previo a la lectura, se verificó que la superficie del esmalte estuviera deshidratada y libre de detritos para garantizar la fidelidad de la huella.
2. **Configuración de Carga:** Se posicionó el espécimen con su eje longitudinal perpendicular al penetrador de diamante. La indentación se generó aplicando una fuerza estática de 200 gf sostenida por un tiempo de residencia de 15 segundos, replicando parámetros validados en la literatura especializada.
3. **Patrón de Indentación:** Se efectuó un triplicado de lecturas por muestra. Para prevenir el solapamiento de las zonas de deformación plástica, se respetó una separación inter-huella (pitch) mínima de 100 μm .
4. **Procesamiento de Datos:** El valor de dureza (HV) representativo se calculó mediante la media aritmética de las tres mediciones. Todo el procedimiento

estuvo a cargo de un examinador único estandarizado, estrategia clave para neutralizar el error inter-operador.

Preparación de las muestras



Figura 1. Para la confección de los especímenes, se obtuvieron secciones dentales con dimensiones estandarizadas de 4 x 4 mm, sometidas a un proceso de inclusión en resina acrílica, utilizando anillos de PVC como matriz de contención.



Figura 2. El ácido cítrico se preparó del día con diferentes concentraciones



Figura 3. Las muestras se dividieron en 3 grupos por su concentración



Figura 4. El pH se monitorio mediante el pH-metro digital portátil Milwaukee.

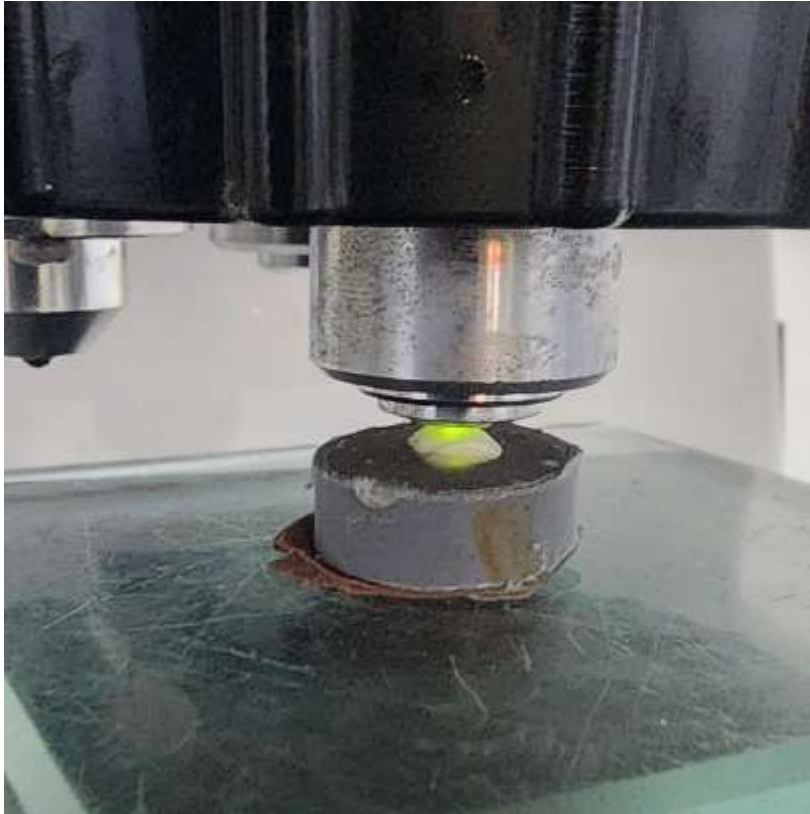


Figura 5. Microdurometro de Vickers, para la prueba de Microdureza

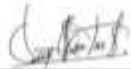


Figura 6. Documentación visual de la fase experimental: Análisis de las propiedades del tejido adamantino



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°	CC-055-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	08-09-2025																		
7. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN																						
ERROR DE INDICACIÓN																						
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Condiciones Ambientales</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>19.4</td> <td>Final</td> <td>19.4</td> </tr> </table>					Condiciones Ambientales				Inicial	19.4	Final	19.4										
Condiciones Ambientales																						
Inicial	19.4	Final	19.4																			
<table border="1"> <tr> <th>Valor Patrón</th> <th>Indicación</th> <th>Corrección</th> <th>Incertidumbre</th> <th>Unidades</th> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.1</td> <td>0.9</td> <td>0.98</td> <td>HV</td> </tr> <tr> <td>744</td> <td>745.5</td> <td>-1.5</td> <td>0.89</td> <td>HV</td> </tr> </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																						
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Condiciones Ambientales</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>19.4</td> <td>Final</td> <td>19.4</td> </tr> </table>					Condiciones Ambientales				Inicial	19.4	Final	19.4										
Condiciones Ambientales																						
Inicial	19.4	Final	19.4																			
<table border="1"> <tr> <th>Valor Patrón (HV)</th> <th>Indicación (HV)</th> <th>Corrección (HV)</th> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.1</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>414.8</td> <td>-1.8</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>413.4</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.1</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>413</td> <td>412.9</td> <td>0.1</td> </tr> </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																						
~ 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 %. ~ Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".																						
9. CONCLUSIONES																						
~ 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.																						
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio  HTL HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE																						
FIN DEL DOCUMENTO																						

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:
SILVIA VILAFRANCA BAZÁN

Exp. N°: 2801-2025

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: "EL ÁCIDO CÍTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EROSIÓN 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:

SILVIA VILAFRANCA BAZÁN

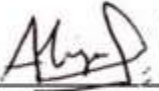
La exoneración otorgada permite la ejecución del proyecto sin requerir aprobación ética adicional del CIEIC. El investigador asume la responsabilidad de cumplir con los principios de integridad científica y la normativa institucional vigente. En caso de modificaciones que cambien la naturaleza del estudio,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

Lima, 26 de febrero del 2026

Carta N°010-02-2026-PA-ODON-UPNW

Dr. Robert Eusebio Teheran
Jefe de laboratorio
High Technology Laboratory Certificate SAC

Presente. -

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted a nombre de la Universidad Norbert Wiener, con motivo de presentar a la Bachiller **Silvia Jhisbet Villafranca Bazán** de la carrera de **Odontología** para que pueda realizar la recolección de datos estadísticos para su tesis titulada: **"EL ACIDO CÍTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EROSION DEL ESMALTE DENTAL HUMANO - ESTUDIO IN VITRO"**.

Por ello, solicitamos brindar el acceso a vuestra digna Institución a la Bachiller para que ejecute las actividades relacionadas a su investigación.

Esperando contar con su apoyo a la formación profesional de nuestros estudiantes aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,



.....
Dra. Brenda Vergara Pinto
Directora
Programa Académico de Odontología
Universidad Norbert Wiener



Anexo N° 7 CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE LA INSTITUCIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS DATOS



CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

021-2025

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 **"EL ACIDO CÍTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EROSION DEL ESMALTE DENTAL HUMANO - ESTUDIO IN VITRO"**; que se encuentran realizando la Srta.:

• Silvia Jhisbet Villafranca Bazán 48749968

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, 18 de Noviembre del 2025

Ing. Robert Nick Eusebio Teheran

Jefe de Laboratorio



997 123 584 / 949 059 602



laboratoriomec@ensayoshtl.pe



Jr. Nepentás 364, San Juan de Lurigancho - Lima



CONSTANCIA DE EJECUCIÓN
002-2026

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DE LABORATORIO

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo a nombre del laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C; así mismo comunicarle la ejecución del proyecto de investigación denominado **"EL ACIDO CÍTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EROSIÓN DEL ESMALTE DENTAL HUMANO - ESTUDIO IN VITRO"** que se encuentra realizando la Srta.:

- Silvia Jhisbet Villafranca Bazán DNI: 48749968

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, 16 de Febrero del 2026

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

8% 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

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  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

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 4% 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	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
3	Internet	gresis.osc.int	<1%
4	Internet	www.researchgate.net	<1%
5	Internet	riujap.ujap.edu.ve	<1%
6	Internet	repositorio.sanfranciscochinha.edu.pe	<1%
7	Trabajos entregados	Khulna University of Engineering & Technology on 2025-07-19	<1%
8	Trabajos entregados	University Der Es Salaam on 2015-06-15	<1%
9	Trabajos entregados	BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2019-10-18	<1%
10	Internet	repositorio.unica.edu.pe	<1%
11	Trabajos entregados	D.A. de Estomatología on 2026-05-12	<1%