



Universidad
Norbert Wiener

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE ODONTOLOGÍA
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA Y
ORTOPEDIA MAXILAR**

Tesis

Efectos de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres
marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia: estudio *in vitro*

Para optar el Título de
Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

Presentado por:

Autora: Rojas Soto, Estefania Neyra

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7285-203X>

Asesora: Mg. Orihuela Ubillus, Melissa Fiorella

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0480-3567>

Lima – Perú

2026

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

Yo, Estefania Neyra Rojas Soto egresado de la Facultad de Ciencias de la Salud y ☒ Programa Académico de Odontología / ☐ Escuela de Posgrado de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que la tesis: "EFECTOS DE UNA BEBIDA CARBONATADA SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE TRES MARCAS DE ARCOS NITI SÚPER ELÁSTICOS DE ORTODONCIA. ESTUDIO IN VITRO"

Asesorada por la docente: Mg. Esp. C.D. Melissa Fiorella Orihuela Ubillus DNI: 10698300, ORCID 0000-0003-0480-3567 tiene un índice de similitud de 13 % con código oid: 14912:603907262 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

Nombres y apellidos del Egresado: Estefania Neyra Rojas Soto
DNI: 46854606



.....
Firma

Nombres y apellidos del Asesor : Melissa Fiorella Orihuela Ubillus
DNI: 10698300

Lima, 05 de junio del 2026

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por su amor, apoyo y confianza. Gracias por ser mi inspiración constante, por impulsarme a seguir adelante y enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible.

A mis mascotas, Charlotte y Bambina, por acompañarme siempre con su amor incondicional y por brindarme alegría y tranquilidad en cada momento de este camino.

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de especialidad: la Mg. Esp.
C.D. Melissa Orihuela Ubillus, y la Dra. Mg.
Esp. C.D. Luz Blanco García por ayudarme en
la elaboración de esta tesis.

A mi amigo el C.D. Clinthon Astoquillca Gutierrez
quien me ayudó en la elección del tema.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación de la investigación	5
1.4.1 Teórica	5
1.4.2 Metodológica	5
1.4.3 Práctica	6
1.4.4 Social	6
1.5 Limitaciones de la investigación	6
CAPÍTULO II: MARCOTEÓRICOMARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes de la investigación.....	7
2.2 Bases teóricas	14
2.2.1 Uso de Arcos Niti en Ortodoncia	14
2.2.2 Tipos de aleaciones de NiTi	16
2.2.3 Estable	16
2.2.4 Activo	16
2.2.5 Corrosión en alambres NiTi	20
2.2.6 Propiedades mecánicas de los arcos	20
2.2.7 Máquina Universal de Ensayos	21
2.2.8 Bebidas carbonatadas	22
2.3 Formulación de hipótesis.....	24
2.3.1 Hipótesis general	24
2.3.2 Hipótesis específicas.....	24
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	26
3.1 Método de la investigación: Analítico- comparativo	26
3.2 Enfoque de la investigación: Cuantitativo.....	26
3.3 Tipo de investigación: Aplicada.....	26

3.4	Diseño de la investigación:	26
3.5	Población, muestra y muestreo	26
3.5.1	Criterios de inclusión:.....	26
3.5.2	Criterios de Exclusión	26
3.5.3	Muestra	26
3.5.4	Tipo de muestreo	28
3.6	Variables y operacionalización.....	29
3.6.1	Definición operacional	30
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.7.1	Técnica.....	31
3.7.2	Descripción de instrumentos	32
3.7.3	Validación.....	32
3.7.4	Confiabilidad	32
3.8	Plan de procesamiento y análisis de datos.....	32
3.9	Aspectos éticos	34
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		35
4.1	Análisis descriptivo de resultados	35
4.2	Discusión de resultados	46
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
5.1	Conclusiones.....	50
5.2	Recomendaciones	51
REFERENCIAS		52
ANEXOS.....		59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de la propiedad mecánica de Fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.....	35
Tabla 2: Descripción de la propiedad mecánica de Resistencia a la Flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.....	36
Tabla 3: Descripción de la propiedad mecánica de Deformación Máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.....	37
Tabla 4: Descripción de la propiedad mecánica de módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.....	38
Tabla 5: Pruebas de normalidad.....	39
Tabla 6: Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.....	40
Tabla 7: Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.....	41
Tabla 8: Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®,	

Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.....	42
---	----

Tabla 9: Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.....	44
--	----

Tabla 10: Comparación múltiple de las diferencias de promedios de las propiedades mecánicas de las tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia sumergida en una bebida carbonatada.....	45
---	----

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo examinar el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia: GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. La investigación fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de diseño experimental, prospectivo, longitudinal y comparativo. La muestra estuvo conformada por 42 especímenes obtenidos de arcos NiTi superelásticos nuevos de 0.016" × 0.022" de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, distribuidos en un grupo control y un grupo experimental. Los especímenes del grupo control no fueron sometidos a inmersión, mientras que los del grupo experimental fueron sometidos diariamente a inmersión en Coca-Cola® durante 5 minutos por un periodo de 30 días y posteriormente almacenados en agua destilada a 37 °C. En ambos grupos se evaluaron las propiedades mecánicas de fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad mediante una máquina universal de ensayos. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y ANOVA de dos vías. Los resultados evidenciaron que la bebida carbonatada produjo alteraciones significativas en las propiedades mecánicas de los arcos, especialmente en la fuerza máxima, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad. La marca GAC® presentó mayor susceptibilidad al deterioro mecánico en comparación con Orthoclassic® y Morelli®. Se concluye que la exposición prolongada a bebidas carbonatadas puede afectar negativamente el desempeño mecánico de los arcos NiTi superelásticos, por lo que el consumo frecuente de estas bebidas debe ser considerado durante el tratamiento ortodóntico.

Palabras clave:

Arcos NiTi superelástico, bebidas carbonatadas, propiedades mecánicas

Abstract

The aim of this study was to examine the effect of exposure time to a carbonated beverage on the mechanical properties of three brands of superelastic nickel-titanium (NiTi) orthodontic archwires: GAC®, Orthoclassic®, and Morelli®. The research followed a quantitative approach and was applied, experimental, prospective, longitudinal, and comparative in design. The sample consisted of 42 specimens obtained from new 0.016" × 0.022" superelastic NiTi archwires from the GAC®, Orthoclassic®, and Morelli® brands, distributed into a control group and an experimental group. The control group specimens were not subjected to immersion, whereas the experimental group specimens were immersed daily in Coca-Cola® for 5 minutes over a period of 30 days and subsequently stored in distilled water at 37 °C. The mechanical properties of maximum force, flexural strength, maximum deformation, and elastic modulus were evaluated in both groups using a universal testing machine. Data were analyzed using descriptive statistics and two-way ANOVA. The results showed that the carbonated beverage caused significant alterations in the mechanical properties of the archwires, particularly in maximum force, flexural strength, and elastic modulus. The GAC® brand exhibited greater susceptibility to mechanical deterioration than Orthoclassic® and Morelli®. It was concluded that prolonged exposure to carbonated beverages may negatively affect the mechanical performance of superelastic NiTi archwires. Therefore, frequent consumption of these beverages should be taken into consideration during orthodontic treatment.

Keywords: Superelastic NiTi archwires, carbonated beverages, mechanical properties.

INTRODUCCIÓN

Los arcos de níquel-titanio (NiTi) superelásticos constituyen uno de los materiales más utilizados en la ortodoncia contemporánea, especialmente durante las etapas iniciales de alineación y nivelación dentaria. Su amplio rango de trabajo, capacidad de recuperación elástica, memoria de forma y liberación continua de fuerzas ligeras los convierten en una herramienta fundamental para lograr movimientos dentarios eficientes y biológicamente compatibles. Sin embargo, las propiedades mecánicas de estos materiales pueden verse afectadas por las condiciones del medio bucal, el cual se caracteriza por constantes cambios físicos, químicos y microbiológicos.

Entre los factores que pueden influir en el comportamiento de los arcos ortodónticos destaca la exposición frecuente a sustancias ácidas presentes en la dieta diaria. En la actualidad, el consumo de bebidas carbonatadas se ha incrementado significativamente a nivel mundial, especialmente entre adolescentes y adultos jóvenes, quienes representan una proporción considerable de los pacientes en tratamiento ortodóntico.

Estas bebidas contienen ácidos como el fosfórico y el carbónico, capaces de disminuir el pH oral y favorecer procesos de corrosión en los materiales metálicos utilizados en ortodoncia.

La corrosión de los arcos de NiTi puede ocasionar alteraciones en sus propiedades mecánicas, tales como la fuerza máxima, la resistencia a la flexión, la deformación máxima y el módulo de elasticidad. Estas modificaciones podrían comprometer el desempeño clínico del arco, afectar la liberación adecuada de fuerzas ortodónticas y, en consecuencia, influir en la eficacia y duración del tratamiento. Asimismo, diversos estudios han demostrado que la respuesta de los arcos frente a medios ácidos puede variar

según la composición metalúrgica, los tratamientos térmicos y los procesos de fabricación empleados por cada marca.

Si bien existen investigaciones que han evaluado los efectos de bebidas carbonatadas sobre diferentes materiales ortodónticos, la evidencia disponible respecto al comportamiento de distintas marcas de arcos NiTi superelásticos continúa siendo limitada. En particular, resulta relevante determinar si la exposición prolongada a estas bebidas genera diferencias significativas en las propiedades mecánicas de los arcos comercializados por distintas empresas, considerando que estas características influyen directamente en el éxito clínico del tratamiento ortodóntico.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo examinar el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia: GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Para ello, se desarrolló un estudio experimental *in vitro* mediante la evaluación de la fuerza máxima, la resistencia a la flexión, la deformación máxima y el módulo de elasticidad de especímenes de arcos NiTi superelásticos distribuidos en grupos control y experimental, este último fue sometido a una exposición controlada a una bebida carbonatada. Los resultados obtenidos contribuirán a ampliar el conocimiento científico sobre el comportamiento de estos materiales frente a agentes ácidos y proporcionarán información útil para la toma de decisiones clínicas por parte del ortodoncista.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años han aparecido una variedad de aleaciones para la elaboración de arcos de ortodoncia. Debido a esto el ortodoncista puede elegir el arco con la composición que él crea conveniente (1).

Los arcos de níquel-titanio (NiTi) son usados en las etapas iniciales del tratamiento de ortodoncia ya que tienen muchas ventajas como: límite elástico más alto, buena durabilidad y bajo módulo elástico, mientras que los de acero son usados en la fase de cierre de espacio (2).

El acero inoxidable y el níquel-titanio son aleaciones que se utilizan comúnmente en los aparatos de ortodoncia, sin embargo, ante los cambios térmicos y químicos en la cavidad bucal (3) el proceso de corrosión de estos metales puede acelerarse, produciéndose la liberación de iones (1).

La liberación de los iones de níquel y el cromo puede provocar efectos tóxicos y biológicos, ocasionando pigmentación de los tejidos blandos y reacciones alérgicas (4-6).

La corrosión del arco formará rugosidades en su superficie y esto afectará en la fricción (7), ocasionando hasta posibles fracturas de los arcos (1).

El consumo de bebidas carbonatadas a nivel mundial tiene un promedio de 140ml al día, mientras que en Latinoamérica tiene un promedio de 370ml al día, la cual es una cifra elevada en comparación con otros países (8).

Estas bebidas están compuestas por ácido fosfórico, ácido cítrico, ácido tartárico, ácido láctico, ácido maleico, polifenol y metilxantinas. Los alimentos y bebidas ácidas no sólo perjudican el esmalte, sino que también acortan la vida útil de las restauraciones dentales y ocasionan la corrosión del metal (3,9).

Los componentes erosivos de las bebidas carbonatadas son mayores que la de las bebidas no carbonatadas debido al contenido adicional de ácido carbónico. Al consumir estas bebidas, el pH de la boca disminuye por debajo de 5,5 y, por tanto, contribuye a efectos adversos (10).

Numerosos problemas de salud se han relacionado con el consumo frecuente de bebidas carbonatadas y azucaradas, entre ellos la obesidad, la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares, las alteraciones renales, los trastornos hepáticos y los problemas dentales (11).

La Coca-Cola® es la bebida carbonatada más consumida (50%) en los países desarrollados, seguida de las bebidas con sabor a limón (22%) y con sabor a naranja (7%) (3).

Diversas investigaciones han demostrado que las bebidas carbonatadas pueden modificar las propiedades mecánicas de los alambres ortodónticos y favorecer procesos de corrosión debido a su bajo pH y composición ácida (3,10). Sin embargo, los resultados reportados son aún limitados y existe escasa evidencia sobre el comportamiento de diferentes marcas comerciales de arcos NiTi superelásticos frente a la exposición prolongada a este tipo de bebidas. Asimismo, se ha descrito que las propiedades mecánicas de los arcos pueden variar según la composición de la aleación, los tratamientos térmicos y los procesos de fabricación empleados por cada fabricante (12). En consecuencia, resulta necesario comparar el efecto del tiempo de exposición a una bebida carbonatada sobre las

propiedades mecánicas de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, debido a la falta de evidencia que permita establecer si existen diferencias en su comportamiento mecánico frente a condiciones ácidas. La información obtenida contribuirá a ampliar el conocimiento sobre el desempeño de estos materiales y servirá de apoyo para la selección clínica de arcos durante el tratamiento ortodóntico.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®?

¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®?

¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®?

¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®?

¿Cuál es la diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Examinar el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia.

1.3.2 Objetivos específicos

Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Comparar la diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Teórica

Este estudio presenta conceptos relacionados a la alteración de las propiedades mecánicas de los arcos NiTi ocasionadas por el consumo de bebidas carbonatadas. Con este estudio el especialista podrá adquirir más conocimientos acerca de los componentes y propiedades de los arcos NiTi ya que, como ortodoncistas nos vemos obligados a saber elegir bien la marca, conociendo sus características con la finalidad que el servicio que vamos a brindar a nuestros pacientes sea de calidad y que el paciente pueda sentirse satisfecho.

1.4.2 Metodológica

La metodología aplicada en este estudio es de tipo experimental y comparativa, la cual se llevó a cabo en un laboratorio. Por lo cual se considera relevante para futuras investigaciones que usen variables similares.

1.4.3 Práctica

La parte práctica en esta investigación se basa en facilitar al ortodoncista en su elección al momento de realizar su compra, así ellos se sentirán más seguros ya que sabrán que la marca que están obteniendo es realmente buena y resistente lo cual les permitirá tener buenos resultados en su tratamiento.

Se espera también concientizar a los pacientes, sobre todo a los jóvenes a evitar el consumo de bebidas carbonatadas.

1.4.4 Social

Debido a que hoy en día los pacientes suelen consumir muchas bebidas carbonatadas esta investigación evalúa si estas bebidas afectan las propiedades mecánicas de los arcos NiTi superelásticos, lo cual permite al ortodoncista determinar la marca de arcos que menos daño sufre ante este agente, logrando que el tratamiento de ortodoncia del paciente sea más efectivo.

1.5 Limitaciones de la investigación

La presente investigación tuvo como limitación que se realizó bajo condiciones de laboratorio (in vitro), por lo que los resultados pueden diferir de lo que ocurre en la cavidad oral, donde intervienen diversos factores como la saliva, la temperatura y los hábitos de alimentación de cada paciente.

CAPÍTULO II: MARCOTEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Zibar et al. (2024) realizaron un ensayo clínico aleatorizado con el objetivo de evaluar si el uso de antisépticos y fluoruros durante el tratamiento ortodóntico modifica las propiedades mecánicas de los arcos de níquel-titanio (NiTi) y, en consecuencia, la biomecánica de nivelación de las arcadas dentarias. La muestra estuvo conformada por 60 pacientes de 12 a 22 años, distribuidos en tres grupos: el primer grupo mantenía una higiene oral convencional, el segundo grupo usaba gel con alta concentración de fluoruro y el tercer grupo usaba clorhexidina. Se analizaron arcos NiTi de 0.020" x 0.020" después de 90 días de exposición intraoral, evaluándose el módulo de elasticidad, límite elástico, relación de recuperación elástica y módulo de resiliencia mediante ensayos mecánicos de flexión de tres puntos. Asimismo, se analizaron los cambios en la forma de las arcadas dentarias antes y después del periodo experimental.

Los resultados mostraron que la exposición intraoral disminuyó significativamente algunas propiedades mecánicas de los arcos NiTi, tales como el módulo de elasticidad, el límite elástico, la relación de recuperación elástica y el módulo de resiliencia ($p \leq 0,021$). Sin embargo, el uso de clorhexidina o de geles con alta concentración de fluoruro no produjo un deterioro adicional de estas propiedades. Asimismo, no se observaron diferencias significativas en los cambios de la forma de las arcadas dentarias entre los grupos estudiados. Los autores concluyeron que el uso de antisépticos o altas concentraciones de fluoruros durante el tratamiento ortodóntico no genera efectos clínicamente relevantes sobre las propiedades mecánicas de los arcos NiTi ni sobre la biomecánica ortodóntica (13).

Ique et al (2024) realizaron un estudio con el fin de “Investigar la energía libre y la rugosidad superficial de aleaciones metálicas bajo la influencia de soluciones ácidas”. Se utilizaron 270 muestras de alambres rectangulares, cada una de 0,019” × 0,025”, provenientes de tres marcas comerciales diferentes: Dentsply GAC®, American Orthodontics® y Orthoclassic®. Las muestras fueron divididas en tres grupos según las soluciones utilizadas en el estudio in vitro: agua desionizada, ácido cítrico y ácido fosfórico, cada grupo estuvo compuesto por 90 muestras que incluían acero inoxidable, níquel-titanio y aleación de titanio-molibdeno (TMA). Las muestras se sumergieron en las soluciones respectivas durante 72 horas a 37°C, después de la inmersión, se evaluaron la energía libre y la rugosidad superficial. Todas las aleaciones mostraron un comportamiento hidrofóbico con energías libres de interacción <0. Se observaron diferencias significativas entre marcas y aleaciones en ambientes ácidos, particularmente con ácido fosfórico y ácido cítrico, lo que afectó tanto la energía superficial como la energía libre de interacción. Las variaciones en la rugosidad superficial entre las aleaciones metálicas mostraron que el acero inoxidable tuvo la menor rugosidad, seguido por el níquel-titanio y la TMA. Específicamente, la TMA mostró una energía superficial significativamente más alta en comparación con las otras aleaciones (P <0,001). Este estudio destacó la naturaleza hidrofóbica de todas las aleaciones examinadas, sugiriendo una baja atracción por el agua. Sin embargo, la TMA mostró el comportamiento menos hidrofóbico entre las aleaciones estudiadas, especialmente bajo la influencia del ácido cítrico, donde se observaron cambios significativos en sus propiedades superficiales. Estos resultados enfatizan la importancia de considerar las características distintivas de cada aleación y sus respuestas a desafíos específicos, como la exposición a soluciones ácidas, al seleccionar alambres de ortodoncia para tratamientos ortodónticos. (14)

Kedia et al. (2024) desarrollaron un estudio in vitro con el propósito de analizar el efecto de diferentes agentes profilácticos sobre la morfología superficial de arcos ortodónticos sometidos a distintas condiciones de temperatura. La investigación incluyó 144 especímenes de arcos de acero inoxidable, níquel-titanio (NiTi) y titanio-molibdeno (TMA) de la marca Ormco®, en calibres de 0,016” y 0,019” × 0,025”. Los especímenes fueron expuestos a saliva artificial, fluoruro de sodio al 0,2 %, clorhexidina al 0,2 % y gel de fluoruro fosfatado acidulado (APF) al 1,23 %, manteniéndose a temperaturas de 37 °C y 45 °C durante 90 minutos. Posteriormente, las alteraciones superficiales fueron evaluadas mediante microscopía electrónica de barrido y análisis digital de imágenes.

Los hallazgos evidenciaron que tanto el tipo de aleación como el medio de inmersión influyeron significativamente en el grado de corrosión superficial. Los arcos de TMA mostraron la mayor susceptibilidad a la corrosión, especialmente tras la exposición al gel APF, mientras que los arcos de acero inoxidable presentaron las menores alteraciones superficiales. Asimismo, el aumento de la temperatura incrementó el deterioro de la superficie de los arcos. Los autores concluyeron que el fluoruro de sodio ocasionó un menor efecto corrosivo sobre los materiales evaluados, mientras que el gel APF favoreció una mayor degradación superficial, particularmente en las aleaciones basadas en titanio (15).

Mirhashemi et al. (2023) realizaron un estudio experimental in vitro con el objetivo de evaluar la liberación de iones de níquel y cromo de un conjunto ortodóntico compuesto por cinco brackets, una banda y alambres de níquel-titanio (NiTi) o acero inoxidable de 0.016 pulgadas, expuestos a diferentes bebidas (Coca-Cola, café y té) y agua destilada. Se utilizaron 120 conjuntos ortodónticos, los cuales fueron sumergidos en las diferentes soluciones e incubados a 37 °C durante 1 hora, 6 horas, 24 horas y una semana. La liberación de iones se cuantificó mediante espectrofotometría de absorción atómica. Los

resultados evidenciaron que la Coca-Cola produjo la mayor liberación de iones de níquel y cromo en ambos tipos de alambres, mientras que el agua destilada presentó los valores más bajos. Asimismo, los conjuntos con alambres de NiTi liberaron mayores cantidades de iones que aquellos con alambres de acero inoxidable y la liberación aumentó conforme transcurrió el tiempo de exposición. Los autores concluyeron que las bebidas carbonatadas ácidas, especialmente la Coca-Cola, favorecen la corrosión de los componentes metálicos de los aparatos de ortodoncia, por lo que recomendaron limitar su consumo durante el tratamiento ortodóncico.

Aldayel y Tashkandi (2023) investigaron los efectos de 8 bebidas diferentes (café, bebida energética, leche, agua mineral, jugo de naranja, refresco, té y gaseosa de naranja) sobre las propiedades elásticas de los arcos de ortodoncia de níquel-titanio (NiTi).

Cada grupo estuvo conformado por 14 alambres de NiTi de 0,016" x 0,022", los cuales fueron sumergidos en las diferentes bebidas durante 5 minutos por semana (durante 12 semanas). Posteriormente, se midieron las propiedades mecánicas de los alambres mediante una prueba de flexión en 3 puntos, evaluando fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad.

Como resultado se obtuvo que existen diferencias estadísticamente significativas en la fuerza máxima entre los grupos al ser comparadas con el grupo de control presentando valores más altos que los grupos sumergidos. La resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad también mostraron diferencias significativas, siendo el grupo de control el que tuvo los valores más altos. Se concluyó que las bebidas evaluadas causaron cambios significativos en las propiedades mecánicas de los arcos de NiTi, afectando su resistencia a la flexión y deformación. (17)

Pastor et al. (2023) realizaron un estudio con la finalidad de evaluar el efecto de diferentes concentraciones de fluoruro presentes en enjuagues bucales sobre la liberación de iones metálicos en alambres ortodónticos de acero inoxidable austenítico, Ti-Mo y NiTi superelástico. Se utilizaron 60 muestras que fueron sumergidas en soluciones con 130, 200 y 380 ppm de fluoruro a 37 °C durante 1, 4, 7 y 14 días. La liberación de iones fue cuantificada mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y las superficies fueron analizadas mediante microscopía electrónica de barrido. Los resultados mostraron que los alambres de NiTi y Ti-Mo presentaron una liberación significativamente mayor de iones metálicos cuando fueron expuestos a concentraciones elevadas de fluoruro (380 ppm), observándose además alteraciones microestructurales, formación de placas martensíticas y pérdida de las propiedades superelásticas en los alambres de NiTi. Los autores concluyeron que los enjuagues con altas concentraciones de fluoruro pueden comprometer la estabilidad química y las propiedades funcionales de los alambres ortodónticos, por lo que su uso no es recomendable durante el tratamiento de ortodoncia. (7).

Fazli et al. (2022) Realizaron un estudio con la finalidad de evaluar cómo las bebidas carbonatadas impactan en las propiedades mecánicas de los alambres de níquel-titanio y acero inoxidable. Se trabajó con una muestra de 40 alambres de NiTi y acero inoxidable de 0.014” y 0.016” x 0.022” obtenidos de la empresa American Orthodontics®. Los alambres fueron cortados en segmentos de 2,5 cm y se evaluaron sus propiedades mecánicas (límite elástico, resistencia a la tracción y deflexión) mediante pruebas de tracción y flexión. Las muestras se dividieron en cuatro grupos, se sumergieron en bebidas carbonatadas y saliva artificial diariamente durante 30 días, luego se volvieron a medir sus propiedades. Se obtuvo como resultado que los grupos de acero inoxidable mostraron

cambios significativos en el límite elástico y deflexión, mientras que los grupos de níquel-titanio no presentaron alteraciones significativas. No hubo cambios significativos en la resistencia a la tracción en ningún grupo. Se concluyó que las bebidas carbonatadas pueden modificar las propiedades mecánicas de los alambres ortodónticos y afectar la duración del tratamiento. (18)

Zand et al. (2022) analizaron cómo las bebidas carbonatadas, específicamente Coca Cola®, puede impactar en la rugosidad superficial de los alambres de ortodoncia hechos de níquel-titanio y acero inoxidable. La rugosidad en estos alambres puede influir en aspectos como la corrosión, la fricción y el movimiento dental, lo que podría alargar el tratamiento. En el experimento, se trabajó con 80 alambres, que fueron limpiados y sometidos a pruebas de rugosidad con un perfilómetro antes y después de ser expuestos a Coca Cola® durante 30 días. El análisis estadístico, mediante pruebas de Wilcoxon y Mann-Whitney, indicó que no hubo cambios significativos en la rugosidad de los alambres tras la exposición a la bebida. Por lo tanto, se concluye que las bebidas carbonatadas no afectan la superficie de los alambres ni prolongan el tratamiento de ortodoncia. (19)

Verma y George (2022) realizaron un estudio con el objetivo de “Evaluar la liberación de iones de níquel y cromo de brackets y arcos NiTi después del uso de cuatro enjuagues bucales comunes”. Los aparatos ortodónticos fueron sumergidos en cuatro tipos de enjuagues bucales: Amflor Oral Rinse® (con fluoruro), Listerine Cool Mint® (a base de alcohol), Colgate Plax Mouthwash® (sin alcohol) y Herbal Mouthwash® (extractos naturales) durante 24 horas. Se recolectaron muestras en cuatro intervalos diferentes y se utilizó espectroscopia de emisión óptica para cuantificar la cantidad de iones liberados. Los hallazgos revelaron un aumento en la liberación de iones de níquel y cromo con todos los enjuagues bucales evaluados. Específicamente, la liberación de iones de níquel y

cromo fue más pronunciada con Amflor Oral Rinse® y menor con los enjuagues bucales a base de hierbas. Se concluyó que los enjuagues bucales fluorados incrementan la liberación de iones metálicos, mientras que los enjuagues bucales a base de hierbas producen una menor liberación. Es crucial ejercer precaución al prescribir enjuagues bucales a pacientes con sensibilidad a estos metales. (20)

Kassab y Gomes (2021) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la influencia de la corrosión en la fractura de arcos ortodónticos de níquel-titanio (NiTi) superelásticos expuestos a ambientes que simulan las condiciones de la cavidad oral. Para ello, emplearon alambres de NiTi sometidos a soluciones de cloruro de sodio (NaCl) y a soluciones de NaCl con fluoruro de sodio (NaF), tanto en condiciones sin deformación como bajo deformación mecánica dentro del rango superelástico del material.

Los resultados mostraron que los alambres presentaron una adecuada resistencia a la corrosión cuando fueron expuestos únicamente a soluciones salinas, sin evidenciar signos de deterioro superficial significativo. Asimismo, se observó que la deformación aplicada no afectó de manera importante la resistencia a la corrosión del material.

Sin embargo, al incorporar fluoruro al medio, se produjo corrosión localizada caracterizada por la formación de picaduras en la superficie del NiTi.

Además, mediante análisis microscópicos se determinó que las picaduras de corrosión actuaron como puntos de inicio para la formación de grietas, favoreciendo fracturas en los alambres sometidos a deformación superelástica. Los autores concluyeron que la presencia de fluoruro en el ambiente oral representa un factor de riesgo importante para la integridad mecánica de los arcos de NiTi, ya que aumenta la probabilidad de corrosión localizada y fractura prematura durante el tratamiento ortodóntico (21).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Uso de Arcos Niti en Ortodoncia

La ortodoncia es una especialidad dentro de la odontología que se dedica a diagnosticar, prevenir y corregir las posiciones incorrectas de los dientes y maxilares mediante el uso de aparatos. Su objetivo es lograr una armonía entre los diversos componentes del sistema estomatognático para asegurar su correcto funcionamiento y mantener su salud (22-23).

Los arcos son la parte activa o el motor de los aparatos ortodónticos. Su capacidad para actuar como fuente de energía incluye la producción, transmisión, almacenamiento y neutralización de fuerzas, las cuales se originan en la propiedad del arco para deformarse elásticamente. Los arcos acumulan energía mediante su flexión y la liberan a través de este mismo proceso (24).

Durante las diferentes fases del tratamiento, el ortodoncista debe tener en cuenta la variedad de arcos disponibles, ya que cada uno posee parámetros y características específicas para cumplir con los objetivos de cada fase. Las etapas de la ortodoncia incluyen la alineación y nivelación de las arcadas, el cierre de espacios y la consolidación o finalización del tratamiento. La primera etapa presenta la mayor cantidad de cambios en la oclusión del paciente, donde la deformación elástica, también conocida como efecto de memoria de forma, es crucial para alinear y nivelar las arcadas dentales. La aleación más comúnmente utilizada actualmente está compuesta por níquel y titanio (55% níquel y 45% titanio) (22).

El NiTi fue desarrollado por Buehler, Gilfrick y Wiley en 1960 y presentado a la comunidad ortodóntica por Andreasen y sus colaboradores, esta aleación posee propiedades físicas únicas. Dentro de sus propiedades incluyen una mayor elasticidad y

resistencia, un rango de trabajo más amplio y una mayor resistencia a la corrosión en comparación con el acero inoxidable (25).

La memoria de forma y superelasticidad que posee es el resultado de la transformación de la fase martensítica a austenítica. Esta transformación le permite recuperar su forma original después de una deformación macroscópica. Además, presenta buena resistencia a la corrosión y es biocompatible (26-27).

Esta característica distintiva los convierte en una opción ideal para tratamientos de ortodoncia, ya que permiten ejercer una fuerza continua sobre los dientes sin sufrir deformaciones permanentes ni perder sus cualidades mecánicas (28).

En la tabla 1 se evidencia algunas de las ventajas y desventajas de los arcos de Niti

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de los arcos NiTi (22).

Ventajas	Desventajas
- Capacidad de deformación elástica.	- Menor rigidez que los de acero.
- Alto módulo de elasticidad.	- Incapacidad para poder ser soldados.
- Biocompatibilidad.	- Mayor precio.
- Estabilidad ambiental (Sin embargo, se ha observado cierta corrosión).	- Mayor fricción que los de acero.
- Memoria de forma.	- Pueden sufrir corrosión.
- Alta resistencia	- Falta de conformabilidad.

2.2.2 Tipos de aleaciones de NiTi

2.2.3 Estable

El níquel-titanio estable (M-NiTi) es una aleación que permanece siempre en fase martensítica, con buena elasticidad y menor rigidez que el acero inoxidable, lo que facilita su uso en etapas iniciales de alineación dental, especialmente en casos con apiñamiento.

Ofrece fuerzas suaves y se adapta bien sin deformarse, pero tiene limitaciones como baja capacidad de moldeado y no permite soldadura, solo pequeños ajustes.

2.2.3.1 El alambre trenzado de M-NiTi

Es una variante con configuración rectangular que se caracteriza por su alta flexibilidad.

Se utiliza principalmente en etapas iniciales del tratamiento o en pacientes que requieren fuerzas muy suaves, aunque tiene limitaciones como baja formabilidad.

2.2.4 Activo

Los alambres de níquel-titanio activo (A-NiTi), también conocidos como termoactivados o superelásticos, surgieron en la década de 1990 y reemplazaron a los M-NiTi debido a su principal ventaja: la superelasticidad.

Se caracterizan por adaptarse muy bien al slot del bracket, lo que facilita y acelera las fases de alineación y nivelación en el tratamiento ortodóntico.

Sus propiedades dependen del proceso de fabricación, especialmente de la temperatura de transición, que determina el rango de fuerzas que pueden aplicar. Esto permite seleccionar el alambre según las necesidades clínicas, ya sea con mayor o menor rigidez.

2.2.4.1 El beta-titanio o TMA

Es una aleación ortodóncica desarrollada para ofrecer propiedades intermedias entre el acero inoxidable y el NiTi. Tiene menor rigidez que el acero y mayor resiliencia, además de una formabilidad moderada que permite hacer dobleces y soldaduras, siendo útil en mecánicas como resortes de retracción y cantilevers.

Su principal desventaja es la alta fricción superficial en comparación con el acero, aunque en la práctica puede disminuir gracias a la flexibilidad del alambre y los movimientos durante la masticación.

2.2.4.2 El titanio-niobio (TiNb)

Es una aleación reciente en ortodoncia que ofrece propiedades similares al TMA, pero con menor rigidez y buena capacidad de flexión. Además, puede soldarse y es una alternativa útil para pacientes alérgicos al níquel.

Se utiliza principalmente en etapas de acabado y como opción frente al acero o al NiTi trenzado, aunque su baja rigidez y el desconocimiento de su fricción limitan su uso en mecánicas como el cierre de espacios (29).

2.2.4.3 El NiTi chino

Fue creado en 1978 por el Dr. Hua Cheng Tien y su equipo en Beijing. Estos alambres tienen superelasticidad y memoria de forma. En la cavidad oral, destacan principalmente por su alta recuperación elástica y baja rigidez, lo que favorece una alineación dental inicial eficiente. Son más flexibles que los alambres de acero inoxidable y nitinol convencionales, permitiendo grandes desviaciones sin deformaciones permanentes.

2.2.4.4 El NiTi japonés

Descubierto por Furukawa Electric en 1978 y presentado por Miura en 1986, es una aleación austenítica que logra superelasticidad mediante una transformación inducida por

tensión. Estos alambres aplican fuerzas ligeras y constantes para un movimiento dental suave, aumentando la comodidad del paciente. Se comercializan como Sentalloy®.

2.2.4.5 NeoSentalloy®

Son alambres superelásticos de NiTi que ofrecen control tridimensional desde el inicio del tratamiento, aplicando fuerzas ligeras sin importar la deflexión o tamaño del alambre, ideal para nivelar y torsionar los dientes.

2.2.4.6 Cobre NiTi

Desarrollado en 1994, añade cobre para mejorar la precisión de la temperatura de transformación y reducir la histéresis. Esto reduce las fuerzas de carga en un 20%, facilitando su manejo y reduciendo las molestias del paciente. Se fabrica en cuatro niveles de temperatura de transformación, ofreciendo al ortodoncista mayor control en diferentes situaciones clínicas (30).

2.2.4.7 Arcos Bioforce®

Elaborados por la empresa GAC® International, son arcos de NiTi activados térmicamente, clasificados según el sistema de Evans y Durning. Estos alambres aplican fuerza mediante la modificación de la composición o estructura del arco. Al incorporar una temperatura de transición variable dentro del mismo arco, se logra una aplicación de fuerza graduada: una fuerza ligera de 80 gramos en la parte anterior y una fuerza mayor de 300 gramos en la parte posterior (31).

2.2.4.8 Arcos Niti Superelástico Bio-Edge®

El sistema Bio-Edge presenta activación térmica a temperatura corporal y propiedades de superelasticidad. Se encuentra disponible en diferentes calibres, tanto cuadradas como

rectangulares. Su principal ventaja es que libera una fuerza constante y controlada, independientemente del tamaño del arco.

Por ejemplo, tanto un arco de 0.016" x 0.016" y uno de 0.021" x 0.028" pueden ejercer exactamente 200 gramos de fuerza si esa es la fuerza seleccionada. Aunque los calibres sean diferentes, ambos proporcionarán la misma presión al activarse o deformarse. Esa precisión y control de fuerza representan la esencia de Bio Edge (32).

2.2.4.9 Arcos Niti Superelástico Orthoclassic®

Este arco está diseñado para disminuir la frecuencia de recambio de arcos, ya que mantiene una actividad continua durante su uso. Este material presenta una estructura completamente austenítica a temperatura ambiente, lo que permite ejercer una fuerza constante y favorece para un movimiento dentario más eficiente gracias a su composición metalúrgica avanzada, además, su superficie altamente pulida reduce la fricción, facilitando el deslizamiento de los dientes a lo largo del arco. También ofrece la posibilidad de realizar ajustes personalizados, como dobleces o la incorporación de loops, según las necesidades clínicas (33).

2.2.4.10 Arcos Niti Superelástico Morelli®

Los arcos Morelli® se adaptan con facilidad incluso en maloclusiones severas, ya que pueden deformarse con fuerzas ligeras y recuperar posteriormente su forma original. Al enfriarse se vuelven más maleables y al alcanzar la temperatura de activación recuperan su forma, liberando fuerzas suaves y constantes durante el movimiento dental. Además, ofrecen mayor comodidad al paciente, resistencia a la deformación permanente y una planificación del tratamiento más estable y predecible. Su temperatura final de activación es de hasta 22 °C (34).

2.2.5 Corrosión en alambres NiTi

Como se mencionó anteriormente se ha determinado que los alambres de NiTi exhiben un ataque de corrosión, esto debido a las propiedades iónicas, térmicas, microbiológicas y enzimáticas que el medio ambiente oral presenta lo que sugiere un entorno hostil para estos. Algunos autores sugieren que la corrosión que sufren los alambre de NiTi se debe a la cantidad de Titanio (Ti), que tiene la capacidad de formar diferentes óxidos como el TiO_2 , este oxido se libera en presencia de fluoruros (como los contenidos en pastas y enjuagues de uso convencional) y cambios de pH del ambiente. Cuando el alambre NiTi presenta corrosión no se forma una película protectora sobre la superficie metálica, sino que se liberan los iones de Ti, disminuyendo así su módulo de elasticidad y capacidad de deformación elástica y por consecuencia el alambre puede llegar a presentar agrietamiento o fracturarse.

2.2.6 Propiedades mecánicas de los arcos

Las propiedades mecánicas más relevantes en ortodoncia incluyen la fuerza máxima, la resistencia a la flexión, la deformación máxima y el módulo de elasticidad. Estas propiedades determinan el comportamiento clínico del arco durante el tratamiento (12,28).

La fuerza máxima se refiere a la mayor carga que el material puede soportar, mientras que la resistencia a la flexión describe la capacidad del arco para resistir deformaciones bajo carga. La deformación máxima indica el grado de flexión alcanzado (28) y el módulo de elasticidad mide la relación entre la fuerza aplicada y la deformación de un material dentro de su límite elástico. Indica qué tan rígido o flexible será; valores altos significan mayor rigidez y valores bajos mayor flexibilidad (29).

Diversos estudios han demostrado que estas propiedades pueden variar significativamente entre diferentes marcas comerciales, debido a diferencias en la composición, tratamientos térmicos y procesos de fabricación (12).

2.2.7 Máquina Universal de Ensayos

La máquina universal de ensayos es un equipo utilizado para evaluar las propiedades mecánicas de los materiales mediante la aplicación controlada de fuerzas. Este dispositivo permite realizar diferentes tipos de pruebas, como tracción, compresión y flexión (35).

En ortodoncia, se emplea principalmente para la realización del ensayo de flexión de tres puntos en arcos de NiTi, debido a su capacidad para aplicar cargas precisas y registrar datos de fuerza y deformación con alta exactitud (28).

El funcionamiento de la máquina se basa en la aplicación progresiva de una carga sobre la muestra, mientras sensores registran la respuesta del material, generando curvas de carga-deflexión que permiten analizar el comportamiento mecánico del material.

El uso de la máquina universal de ensayos garantiza la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados, siendo un instrumento fundamental en estudios in vitro de materiales ortodónticos (35).

2.2.7.1 La prueba de tracción

Es un ensayo clave en ciencia de materiales, en el que se somete una muestra a tensión controlada hasta que se rompe. Los resultados se usan para seleccionar materiales según los requisitos de una aplicación y predecir su comportamiento bajo otras fuerzas. Las propiedades que se miden directamente incluyen la resistencia máxima a la tracción, el alargamiento máximo y la reducción de área. Además, se pueden determinar el módulo

de Young, el coeficiente de Poisson, el límite elástico y las características de endurecimiento por deformación. La prueba de tracción uniaxial es la más comúnmente empleada para evaluar las propiedades mecánicas de materiales isotrópicos (36).

2.2.7.2 Ensayo de Flexión de Tres Puntos

El ensayo de flexión de tres puntos es el método más utilizado para evaluar las propiedades mecánicas de los arcos ortodónticos, ya que simula las condiciones clínicas en las que el arco se deforma entre los Brackets.

Este ensayo se realiza mediante una máquina universal de ensayos, donde el alambre es apoyado en dos puntos y se aplica una carga en el centro, registrando la relación entre carga y deflexión (28).

A partir de la curva carga-deflexión obtenida, es posible determinar propiedades como la fuerza máxima, la resistencia a la flexión, la deformación máxima y el módulo de elasticidad (12,28).

Aunque la prueba de tracción permite evaluar propiedades mecánicas generales, su aplicación en ortodoncia es limitada debido a que no reproduce las condiciones clínicas reales de trabajo de los arcos (12).

2.2.8 Bebidas carbonatadas

Actualmente, muchas personas tienen como costumbre consumir bebidas carbonatadas, especialmente la población más joven. Esta tendencia sigue creciendo constantemente (37-39). El consumo excesivo de azúcares añadidos en la dieta puede llevar al desarrollo de enfermedades como la obesidad, la diabetes mellitus tipo 2 e incluso problemas cardiovasculares.

En América del Sur, se ha observado un incremento en el consumo de bebidas carbonatadas en intervalos de cinco a seis años. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), los peruanos consumen aproximadamente 27,3 litros de bebidas carbonatadas al año (40).

La Coca-Cola® está compuesta de agua, azúcar, ácido carbónico, colorantes artificiales, ácido fosfórico y cafeína. Tiene un pH comparativamente menor que otros refrescos (41) y es la bebida carbonatada más popular en los países desarrollados, representando el 50% del consumo. Le siguen las bebidas con sabor a limón, con un 22%, y las de sabor a naranja, con un 7% (3). El pH de estas bebidas, se encuentra en un intervalo de 2,42 a 3,23 (42).

Las bebidas con un pH bajo tienden a causar desgaste en el esmalte dental (37, 43), que resultan en la desmineralización estructural ya que, este nivel de pH es inferior al pH crítico de la hidroxiapatita (5,5), debido a que contienen ácido cítrico o incluso ácido fosfórico en su composición (44) y corrosivo para algunos materiales utilizados en el tratamiento ortodóntico (45).

Los metales en el entorno bucal siempre presentan un desafío debido a los ambientes ácidos, cálidos y húmedos. Un pH ácido en la cavidad bucal puede acelerar la corrosión de los alambres de ortodoncia, lo que resulta en consecuencias negativas como la disminución de las fuerzas aplicadas a los dientes y la fractura de los alambres.

La corrosión del acero inoxidable, el cromo- cobalto y Ni-Ti se previene mediante la formación de una película pasiva de óxido en la superficie, aunque este proceso se acelera en condiciones ácidas en la cavidad bucal y con la formación de iones de cloruro (10).

2.3 Formulación de hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

Hi: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia.

Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia.

2.3.2 Hipótesis específicas

Hi¹: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Hi²: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Hi³: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Hi⁴: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Hi⁵: Si existe diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Ho: No existe diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Método de la investigación: Analítico- comparativo

3.2 Enfoque de la investigación: Cuantitativo

3.3 Tipo de investigación: Aplicada

3.4 Diseño de la investigación: Experimental, prospectivo, longitudinal y comparativo.

3.5 Población, muestra y muestreo

3.5.1 Criterios de inclusión:

- Arcos NiTi superelásticos nuevos de fábrica
- Arcos del mismo lote sin defectos de fabricación
- Arcos correspondientes a la arcada superior
- Arcos con las mismas dimensiones (0.016" x 0.022")

3.5.2 Criterios de Exclusión

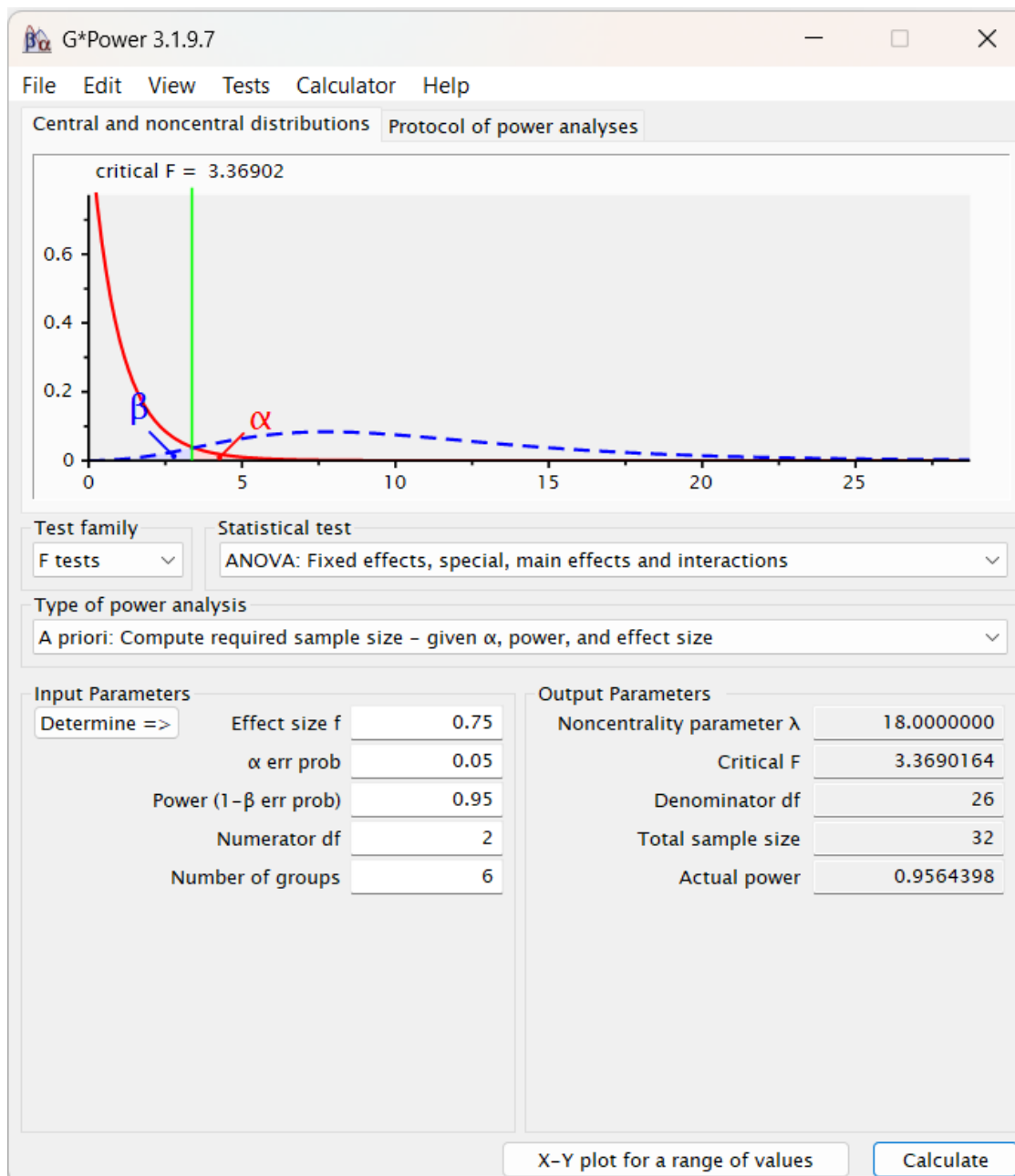
- Arcos NiTi con empaques abiertos o manipulados previamente
- Arcos con deformaciones visibles o defectos estructurales
- Arcos contaminados o expuestos previamente a agentes químicos

3.5.3 Muestra

La muestra estuvo conformada por especímenes de 30mm de longitud de 0.016" x 0.022" provenientes de arcos NiTi superelásticos de tres marcas comerciales: GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, pertenecientes a la arcada dentaria superior, tal como se especifica en los criterios de selección.

Para calcular el tamaño de la muestra se realizó un piloto, usando 5 especímenes por grupo (30 especímenes). El tamaño muestral fue determinado mediante el software G*Power v3.1.9.7, utilizando un diseño ANOVA de dos factores (Fixed effects, omnibus, one-way). Se asumió un tamaño del efecto grande ($f = 0.75$), dado que se trata de un estudio in vitro con condiciones altamente controladas, bajo nivel de variabilidad experimental y diferencias esperadas marcadas entre grupos. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y una potencia estadística ($1-\beta$) de 0.80, con 6 grupos experimentales correspondientes a tres marcas comerciales de arcos (GAC®, Orthoclassic® y Morelli®) en dos condiciones (control y exposición a bebida carbonatada). El resultado arrojó un tamaño total de muestra de 36 unidades, equivalente a 6 muestras por grupo. Esta cantidad coincide con lo reportado en estudios previos publicados y con los datos obtenidos en el estudio piloto, lo cual refuerza su validez.

Con la finalidad de incrementar la confiabilidad de los resultados y compensar posibles pérdidas o variaciones experimentales durante el desarrollo del estudio, se decidió trabajar con 7 especímenes por grupo. En consecuencia, la muestra final estuvo constituida por 42 especímenes distribuidos en seis grupos experimentales.



3.5.4 Tipo de muestreo: Probabilístico- aleatorio simple

3.6 Variables y operacionalización

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Escala Valorativa
Efecto del tiempo	Periodo en el que transcurre la toma de datos en el estudio.	• T_0 : Inicial • T_1 : 30 días	Periodo en el que se registran las propiedades mecánicas de los alambres	Cualitativa ordinal	• T_0 : Inicial (1) • T_1 : 30 días (2)
Propiedades mecánicas de los arcos NiTi superelásticos	Características de los alambres que se manifiestan al ser sometidos a ensayos.	• Fuerza máxima • Resistencia a la flexión • Deformación máxima • Módulo de elasticidad	Máquina de ensayo universal	Cuantitativa continua	• Newton (N) • Megapascals (MPa) • Milímetros (mm) • Megapascals (MPa)
Bebida carbonatada	Sustancia con Ph ácido que puede ocasionar algún efecto.	• Coca-Cola	Marca comercial	Cualitativa nominal	• Coca-Cola (1)
Arcos NiTi superelásticos	Aleación de níquel-titanio con capacidad de recuperación elástica.	• Arco marca GAC • Arco marca Ortoclasic • Arco marca Moreli	Marca comercial	Cualitativa nominal	• Arco marca GAC (1) • Arco marca Ortoclasic (2) • Arco marca Moreli (3)

3.6.1 Definición operacional

Variable independiente:

- Efecto del tiempo

Asignada como variable cualitativa ordinal definida como el periodo en el que transcurre la toma de datos en el estudio cuya escala valorativa serán T_0 (al inicio) y T_1 (después de 30 días).

Variable dependiente:

- Propiedades mecánicas de los arcos NiTi súper elásticos

Variable de tipo cuantitativa continua definida como las características de los alambres que se manifiestan al ser sometidos a ensayos para la evaluación de la Fuerza máxima (N), resistencia a la flexión (MPa), deformación máxima (mm) y módulo de elasticidad (MPa).

Covariables:

- Bebida carbonatada

Está definida como: sustancia con Ph ácido que puede ocasionar algún efecto.

Esta variable no tiene escala valorativa ya que solo se trabajará con una sola bebida.

- Arcos NiTi superelásticos

Variable cualitativa, nominal, definida como los arcos de aleación níquel-titanio (NiTi) superelásticos utilizados en el estudio, clasificados según la marca comercial. Su escala valorativa estuvo conformada por GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnica

La muestra estuvo conformada por 21 arcos de NiTi superelásticos de dimensiones 0,016” × 0,022”, correspondientes a tres marcas comerciales: GAC®, Orthoclassic® y Morelli® (7 arcos por marca). De cada arco se obtuvieron dos especímenes de 30 mm de longitud mediante el seccionamiento con un alicate de corte frío. La longitud de los especímenes fue establecida de acuerdo con las especificaciones técnicas requeridas para la realización del ensayo de flexión de tres puntos en la máquina universal de ensayos disponible en el laboratorio.

Los especímenes fueron distribuidos en seis grupos de siete especímenes cada uno.

En una primera etapa, se evaluaron las propiedades mecánicas de los grupos control conformados por el Grupo 1 (GAC®), Grupo 2 (Orthoclassic®) y Grupo 3 (Morelli®). Los ensayos se realizaron en el laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. mediante una Máquina Universal de Ensayos, marca LG, modelo CMT-5L, utilizando una prueba de flexión de tres puntos con una distancia entre apoyos de 20 mm y una velocidad de desplazamiento de 0,75 mm/min. Se registraron las siguientes propiedades mecánicas: fuerza máxima (N), resistencia a la flexión (MPa), deformación máxima (mm) y módulo de elasticidad (MPa). Las mediciones fueron realizadas por un Ingeniero Mecánico especializado.

Posteriormente, los especímenes correspondientes a los grupos experimentales conformados por: Grupo 4 (GAC®), Grupo 5 (Orthoclassic®) y Grupo 6 (Morelli®) fueron sumergidos diariamente en recipientes plásticos que contenían 100 mL de bebida carbonatada (Coca-Cola®) durante 5 minutos. Finalizada cada inmersión, los especímenes fueron lavados con agua destilada, secados con papel toalla y colocados en

recipientes de vidrio con 100 mL de agua destilada durante el resto del día. Los recipientes se mantuvieron en una incubadora a 37 °C. Este procedimiento se repitió diariamente durante 30 días, renovándose la bebida carbonatada cada día, al igual que el agua destilada.

Transcurrido el periodo experimental, los grupos 4, 5 y 6 fueron sometidos nuevamente al ensayo de flexión de tres puntos, bajo las mismas condiciones empleadas para los grupos control, registrándose la fuerza máxima, la resistencia a la flexión, la deformación máxima y el módulo de elasticidad.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron remitidos a la investigadora para su procesamiento y posterior análisis estadístico (Anexo 2).

3.7.2 Descripción de instrumentos

No Aplica

3.7.3 Validación

No pasa por proceso ya que es directa y objetiva.

3.7.4 Confiabilidad

No pasa por proceso.

3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos fueron registrados en fichas de recolección de datos (Anexo 1) diseñadas para este estudio. Posteriormente, fueron codificados y organizados en una matriz de datos elaborada en Microsoft Excel y exportados al software estadístico SPSS versión 29 para su respectivo análisis.

Durante la etapa de procesamiento se verificó la consistencia e integridad de la información recolectada, descartándose posibles errores de digitación y asegurando la calidad de los datos.

La variable independiente correspondió al efecto del tiempo, evaluado en dos momentos: T0 (inicio) y T1 (30 días). La variable dependiente estuvo conformada por las propiedades mecánicas de los arcos NiTi súper elásticos: fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad. Asimismo, la marca comercial de los arcos (GAC®, Orthoclassic® y Morelli®) y la bebida carbonatada (Coca-Cola®) fueron consideradas como covariables del estudio.

Para el análisis descriptivo se calcularon medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar), las cuales fueron presentadas en tablas según la marca comercial y el tiempo de evaluación.

Posteriormente, se evaluó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que el tamaño muestral por grupo fue menor a 50. Se planteó como hipótesis nula (H_0) que los datos siguen una distribución normal y como hipótesis alterna (H_1) que los datos no siguen una distribución normal. Se trabajó con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$).

Una vez verificado el cumplimiento del supuesto de normalidad, se emplearon pruebas estadísticas paramétricas. Para el análisis inferencial se utilizó el análisis de varianza de dos vías (ANOVA de dos vías), con el objetivo de evaluar el efecto del tiempo sobre las propiedades mecánicas de los arcos NiTi súper elásticos, considerando las covariables del estudio y la posible interacción entre los factores analizados.

Se plantearon hipótesis específicas para cada propiedad mecánica evaluada, considerando como hipótesis nula la ausencia de efecto del tiempo de exposición sobre las propiedades

mecánicas de los arcos NiTi superelásticos y como hipótesis alterna la existencia de un efecto significativo del tiempo de exposición sobre dichas propiedades. En todos los análisis se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Adicionalmente, cuando se identificaron diferencias estadísticamente significativas, se realizaron pruebas de comparaciones múltiples (post hoc), con el fin de determinar entre qué grupos específicos (marcas de arcos) se encontraban dichas diferencias.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron organizados en tablas y analizados de manera interpretativa, permitiendo dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación.

3.9 Aspectos éticos

Se solicitó la revisión del proyecto al Comité de Ética de la Universidad Privada Norbert Wiener, la cual fue exonerada por tratarse de un trabajo experimental In Vitro.

Los datos recolectados solo se usaron para fines de esta investigación y fueron manejados con estricta confidencialidad.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Análisis descriptivo de resultados

Tabla 1

Descripción de la propiedad mecánica de Fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.

Marca de Arcos	Tiempo	Media (N)	Desviación Estándar	N
GAC	Tiempo de Inicio	1.2629	0.11131	7
	30 días	1.1100	0.14663	7
ORTOCLASSIC	Tiempo de Inicio	2.0114	0.35690	7
	30 días	1.5929	0.20122	7
MORELLI	Tiempo de Inicio	2.5000	0.18903	7
	30 días	2.5786	0.05273	7

Fuente: mediciones realizadas en vitro

Según los resultados se observa en la tabla 1 que el mayor promedio en la fuerza máxima de los arcos se dio en la marca Morelli® al inicio con un valor de 2.500 N y aumentando a 2.5786 N a los 30 días sumergido en una sustancia carbonatada, además la fuerza máxima de menor promedio lo presento la marca GAC® con un valor al inicio de 1.2629 N y disminuyendo a 1.110 N a los 30 días sumergido en la sustancia carbonatada.

Tabla 2

Descripción de la propiedad mecánica de Resistencia a la Flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.

Marca de Arcos	Tiempo	Media (Mpa)	Desviación Estándar	N
GAC	Tiempo de Inicio	302.023	26.622	7
	30 días	259.733	32.176	7
ORTHOCLASSIC	Tiempo de Inicio	655.863	84.533	7
	30 días	565.913	70.713	7
MORELLI	Tiempo de Inicio	600.014	44.506	7
	30 días	598.116	18.614	7

Fuente: mediciones realizadas in vitro.

De acuerdo a los resultados se observa en la tabla 2 que el mayor promedio en la resistencia a la flexión de los arcos se dio en la marca Orthoclassic® al inicio con un valor de 655.863 Mpa disminuyendo a 565.913 Mpa a los 30 días sumergido en una sustancia carbonatada, además la resistencia a la flexión de menor promedio lo presentó la marca GAC® con un valor al inicio de 302.023 Mpa y disminuyó a 259.733 Mpa a los 30 días sumergido en la sustancia carbonatada.

Tabla 3

Descripción de la propiedad mecánica de Deformación Máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.

Marca de Arcos	Tiempo	Media (mm)	Desviación Estándar	N
GAC	Tiempo de Inicio	2.264	0.558	7
	30 días	2.129	0.776	7
ORTOCLASSIC	Tiempo de Inicio	3.254	0.502	7
	30 días	2.960	0.764	7
MORELLI	Tiempo de Inicio	2.326	0.134	7
	30 días	2.564	0.435	7

Fuente: mediciones realizadas en vitro.

De acuerdo a los resultados se observa en la tabla 3 que el mayor promedio en la deformación máxima de los arcos se dio en la marca Orthoclassic® al inicio con un valor de 3.254 mm disminuyendo a 2.960 mm a los 30 días sumergido en una sustancia carbonatada, además la deformación máxima de menor promedio lo presentó la marca GAC® con un valor al inicio de 2.264 mm y disminuyó a 2.129 mm a los 30 días sumergido en la sustancia carbonatada.

Tabla 4

Descripción de la propiedad mecánica de módulo de elasticidad de los arcos NiTi súper elásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, sumergida en una bebida carbonata, en dos tiempos.

Fuente: mediciones realizadas en vitro.

Marca de Arcos	Tiempo	Media (Mpa)	Desviación Estándar	N
GAC	Tiempo de Inicio	23105.88	5301.50	7
	30 días	20634.10	3026.03	7
ORTOCLASSIC	Tiempo de Inicio	40183.73	3126.43	7
	30 días	35601.90	3651.52	7
MORELLI	Tiempo de Inicio	38851.72	1928.35	7
	30 días	36908.00	3057.15	7

Según los resultados obtenidos en la tabla 4 se puede observar que el mayor promedio en el módulo de elasticidad de los arcos se dio en la marca Orthoclassic® al inicio con un valor de 40183.73 Mpa disminuyendo a 35601.90 Mpa a los 30 días sumergido en una sustancia carbonatada, además la deformación de menor promedio lo presento la marca GAC® con un valor al inicio de 23105.88 Mpa y disminuyo a 20634.10 Mpa a los 30 días sumergido en la sustancia carbonatada.

Prueba de normalidad

Las pruebas de hipótesis de normalidad, se aplican a los valores numéricos de las propiedades mecánicas de los arcos, con el propósito de identificar si cumplen con las

condiciones de normalidad y decidir que prueba estadística se va a utilizar para contrastar las hipótesis.

HIPÓTESIS DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD

H0: Los puntajes tienen una distribución NORMAL

Hi: Los puntajes no tienen una distribución NORMAL

Nivel de Significancia 5% = 0.05

Tabla 5

<i>Pruebas de normalidad</i>			
Propiedades Mecánicas	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Fuerza Máxima	0.875	42	0.057
Resistencia a la Flexión	0.931	42	0.316
Deformación Máxima	0.893	42	0.089
Módulo de Elasticidad	0.850	42	0.071

Fuente: mediciones realizadas en vitro.

Según los resultados de la prueba de normalidad todas las mediciones de las propiedades mecánicas obtuvieron p-valor > 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se puede afirmar estadísticamente que las medidas realizadas tienen una distribución NORMAL.

Como se cumplió con la prueba de normalidad en las mediciones de las propiedades mecánicas de los arcos, se utilizó el estadístico de prueba ANOVA de dos factores para contrastar las hipótesis planteadas.

El ANOVA de dos factores (o dos vías) es una técnica estadística que evalúa cómo dos variables factores influyen simultáneamente en una variable dependiente cuantitativa, y si existe un efecto de interacción entre esos factores.

Análisis Inferencial

Hipótesis Especifico 1

Hi¹: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Nivel de significancia 5%=0.05

Tabla 6

Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	142.600	1	142.600	3560.909	0.000
Marca de Arcos	12.846	2	6.423	160.390	0.000
Tiempo	0.283	1	0.283	7.077	0.012
Marca de Arcos * Tiempo	0.433	2	0.217	5.409	0.009
Error	1.442	36	0.040		
Total	157.605	42			

Nota: R al cuadrado = .904 (R al cuadrado ajustada = .891)

Según los resultados mostrados en la tabla 6 podemos ver que la prueba de ANOVA, demostró que existen diferencias estadísticamente significativas (p-valor=0.000) al comparar los valores promedio de las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos en las diferentes marcas de arcos, además se halló diferencia significativa entre los

tiempos (p -valor=0.012) tanto de inicio y como los 30 días sumergida en una sustancia carbonatada. Por otro lado, también hay diferencia significativa entre la intercepción de la marca de arcos y el tiempo de exposición.

Hipótesis Específico 2

H_i²: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

H_o: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Nivel de significancia 5%=0.05

Tabla 7

Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	10372022.354	1	10372022.354	3837.370	0.000
Marca de Arcos	981350.710	2	490675.355	181.537	0.000
Tiempo	20992.016	1	20992.016	7.766	0.008
Marca de Arcos * Tiempo	13598.663	2	6799.332	2.516	0.095
Error	97304.347	36	2702.899		
Total	11485268.091	42			

Nota: R al cuadrado = .913(R al cuadrado ajustada = .900)

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 7 podemos observar que la prueba de ANOVA, demostró que existen diferencias estadísticamente significativas (p -valor=0.000) al comparar los valores promedio de las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos en las diferentes marcas de arcos, además también se halló diferencia significativa entre los tiempos (p -valor=0.008) tanto en el inicio y los 30 días sumergida en una sustancia carbonatada.

Hipótesis Especifico 3

H_i³: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

H_o: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Nivel de significancia 5%=0.05

Tabla 8

Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	280.188	1	280.188	859.212	0.000
Marca de Arcos	6.205	2	3.102	9.514	0.000
Tiempo	0.043	1	0.043	0.131	0.719
Marca de Arcos * Tiempo	0.524	2	0.262	0.803	0.456
Error	11.740	36	0.326		
Total	298.700	42			

Nota: R al cuadrado = .366 (R al cuadrado ajustada = .278)

Según los resultados mostrados en la tabla 8 podemos observar que la prueba de ANOVA, demostró que existen diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-valor}=0.000$) al comparar los valores promedio de las propiedades mecánicas en deformación máxima en las diferentes marcas de arcos, además también se halló que no existe diferencia significativa entre los tiempos ($p\text{-valor}=0.719$) tanto el tiempo al inicio y los 30 días sumergida en una sustancia carbonatada.

Hipótesis Especifico 4

Hi⁴: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.

Nivel de significancia $5\%=0.05$

Tabla 9

Diferencia de los valores promedios de la propiedad mecánica en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®, al inicio y a 30 días sumergidas en una bebida carbonatada.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	44492423386.833	1	44492423386.833	3635.220	0.000
Marca de Arcos	2394218708.697	2	1197109354.349	97.809	0.000
Tiempo	94444028.290	1	94444028.290	7.716	0.009
Marca de Arcos * Tiempo	13639225.427	2	6819612.714	0.557	0.578
Error	440613567.456	36	12239265.763		
Total	47435338916.703	42			

Nota: R al cuadrado = .850 (R al cuadrado ajustada = .829)

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 8 podemos observar que la prueba de ANOVA, demostró que existen diferencias estadísticamente significativas (p-valor=0.000) al comparar los valores promedio de las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos en las diferentes marcas, además también se halló diferencia significativa entre los tiempos (p-valor=0.009) tiempo de inicio y los 30 días sumergida en una sustancia carbonatada.

Objetivo general:

Examinar el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi súper elásticos de ortodoncia.

Tabla 10

Comparación múltiple de las diferencias de promedios de las propiedades mecánicas de las tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia sumergida en una bebida carbonatada.

Fuerza Máxima						
Marca de Arcos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
GAC	ORTOCLASSIC	-,6157*	0.07564	0.000	-0.8056	-0.4258
	MORELLI	-1,3529*	0.07564	0.000	-1.5428	-1.1629
ORTOCLASSIC	GAC	,6157*	0.07564	0.000	0.4258	0.8056
	MORELLI	-,7371*	0.07564	0.000	-0.9271	-0.5472
MORELLI	GAC	1,3529*	0.07564	0.000	1.1629	1.5428
	ORTOCLASSIC	,7371*	0.07564	0.000	0.5472	0.9271
Resistencia a la flexión						
GAC	ORTOCLASSIC	-330,0100*	19.65015	0.000	-379.3523	-280.6677
	MORELLI	-318,1871*	19.65015	0.000	-367.5295	-268.8448
ORTOCLASSIC	GAC	330,0100*	19.65015	0.000	280.6677	379.3523
	MORELLI	11.8228571	19.65015	1.000	-37.5195	61.1652
MORELLI	GAC	318,1871*	19.65015	0.000	268.8448	367.5295
	ORTOCLASSIC	-11.8228571	19.65015	1.000	-61.1652	37.5195
Deformación Máxima						
GAC	ORTOCLASSIC	-,9107*	0.21584	0.000	-1.4527	-0.3687
	MORELLI	-0.2486	0.21584	0.771	-0.7905	0.2934
ORTOCLASSIC	GAC	,9107*	0.21584	0.000	0.3687	1.4527
	MORELLI	,6621*	0.21584	0.012	0.1202	1.2041
MORELLI	GAC	0.2486	0.21584	0.771	-0.2934	0.7905
	ORTOCLASSIC	-,6621*	0.21584	0.012	-1.2041	-0.1202
Módulo de elasticidad						
GAC	ORTOCLASSIC	-16022,8236*	1322.296	0.000	-19343.1620	-12702.4851
	MORELLI	-16009,8664*	1322.296	0.000	-19330.2049	-12689.5280
ORTOCLASSIC	GAC	16022,8236*	1322.296	0.000	12702.4851	19343.1620
	MORELLI	12.9571429	1322.296	1.000	-3307.3813	3333.2956
MORELLI	GAC	16009,8664*	1322.296	0.000	12689.5280	19330.2049
	ORTOCLASSIC	-12.9571429	1322.296	1.000	-3333.2956	3307.3813

Según los resultados de la tabla 10 podemos observar que en la propiedad mecánica fuerza máxima la marca GAC® presentó una diferencia significativa con las otras dos marcas al igual que la marca Orthoclassic® también presentó una diferencia significativa con la marca Morelli®, por lo tanto, existió un efecto de la bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en la fuerza máxima. Por otro lado en la propiedad mecánica resistencia a la flexión se encontró que la marca GAC® presentó diferencia significativa con las otras dos marcas, mientras que la marca Orthoclassic® y Morelli® no presentaron diferencias, asimismo en la propiedad mecánica deformación máxima se observó que la marca GAC® presentó diferencia significativa con la marca Orthoclassic® mientras con el arco Morelli® no hubo diferencia, además entre los arcos Orthoclassic® y Morelli® si presentaron una diferencia significativa. Por último, en la propiedad mecánica módulo de elasticidad se encontró que la marca GAC® presentó diferencia significativa con las otras dos marcas, mientras la marca Orthoclassic® y Morelli® no presentaron ninguna diferencia estadísticamente.

4.2 Discusión de resultados

El presente estudio evaluó el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas comerciales de arcos NiTi superelásticos (GAC®, Orthoclassic® y Morelli®), considerando la fuerza máxima, la resistencia a la flexión, la deformación máxima y el módulo de elasticidad. Los resultados evidenciaron que la exposición a la bebida carbonatada produjo alteraciones en dichas propiedades, observándose diferencias entre las marcas comerciales evaluadas.

Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Aldayel y Tashkandi (2023), quienes reportaron que la exposición de los arcos ortodónticos a bebidas de pH ácido disminuye

sus propiedades mecánicas debido a procesos de corrosión superficial y degradación de la capa protectora del material. De manera similar, Fazli et al. (2022) señalaron que los medios ácidos modifican el comportamiento mecánico de las aleaciones NiTi, afectando su capacidad para generar fuerzas continuas durante el tratamiento ortodóntico. En conjunto, estos antecedentes respaldan los resultados obtenidos en la presente investigación y confirman que la composición química del medio constituye un factor capaz de modificar el desempeño biomecánico de los arcos.

La disminución de las propiedades mecánicas observada puede explicarse por los procesos de corrosión que experimentan las aleaciones NiTi cuando son expuestas a medios ácidos. En el marco teórico del presente estudio se describe que la corrosión ocasiona la liberación de óxidos de titanio, disminuye el módulo de elasticidad y la capacidad de deformación elástica del material, pudiendo incluso producir agrietamientos o fracturas del alambre (10). Estos cambios estructurales afectan directamente la respuesta mecánica del arco y constituyen una explicación coherente para las variaciones encontradas después de la exposición a la bebida carbonatada. Asimismo, se ha descrito que la superelasticidad y la memoria de forma de los arcos NiTi dependen de transformaciones reversibles de fase dentro de la aleación, las cuales son responsables de la capacidad del material para recuperar su forma original y liberar fuerzas ligeras y continuas durante el tratamiento ortodóntico (29). Por ello, cualquier alteración microestructural inducida por fenómenos corrosivos puede repercutir negativamente en el comportamiento mecánico del material.

En este mismo sentido, Mirhashemi et al. (2023) demostraron que las bebidas carbonatadas favorecen la liberación de iones metálicos como níquel y cromo debido a la degradación de la capa pasiva protectora del NiTi. La pérdida de esta capa incrementa la susceptibilidad a la corrosión y genera alteraciones superficiales que pueden modificar el

comportamiento mecánico del material. Asimismo, Zibar et al. (2024) reportaron que la exposición a diferentes agentes químicos del medio oral reduce el módulo de elasticidad, la resiliencia y las fuerzas de carga y descarga de los arcos NiTi, resultados que guardan concordancia con las alteraciones observadas en el presente estudio.

Por otra parte, Kassab y Gomes (2021) señalaron que los arcos de NiTi expuestos a medios ácidos presentan corrosión localizada y fracturas inducidas por corrosión, especialmente cuando el material es sometido a deformaciones repetitivas. Este fenómeno compromete la integridad estructural del arco y disminuye su capacidad para recuperar su forma original, lo que podría explicar la reducción de las propiedades mecánicas encontradas en la presente investigación.

En contraste, Zand Dolatshai et al. (2022) no encontraron diferencias significativas en la rugosidad superficial de arcos de NiTi expuestos a Coca-Cola®. Sin embargo, esta diferencia puede atribuirse a que dichos autores evaluaron exclusivamente parámetros superficiales, mientras que el presente estudio analizó propiedades mecánicas mediante un ensayo de flexión de tres puntos.

Un hallazgo relevante de esta investigación fue que los arcos GAC® presentaron un mayor deterioro en comparación con Orthoclassic® y Morelli®. Una posible explicación podría relacionarse con las diferencias existentes entre las características estructurales y el comportamiento biomecánico de cada marca comercial. Los arcos Bioforce® de GAC® son arcos activados térmicamente con temperatura de transición variable, lo que les permite liberar diferentes niveles de fuerza a lo largo del arco (31). Asimismo, los arcos termoactivados dependen de cambios de temperatura para inducir transformaciones de fase responsables de la liberación de fuerzas ligeras y continuas durante el tratamiento ortodóntico (29). Por su parte, Orthoclassic® presenta una estructura predominantemente

austenítica a temperatura ambiente y una superficie altamente pulida diseñada para mantener una actividad continua (33), mientras que Morelli® posee una temperatura final de activación cercana a los 22 °C, recuperando su forma y liberando fuerzas suaves y constantes (34).

En consecuencia, es posible que las alteraciones producidas por el medio ácido hayan afectado en mayor medida el comportamiento mecánico de los arcos GAC®, comprometiendo su capacidad de recuperación elástica y favoreciendo la disminución de sus propiedades mecánicas. Asimismo, se ha descrito que la degradación de la capa pasiva de óxido de titanio favorece la aparición de irregularidades superficiales y altera la respuesta mecánica de la aleación, incrementando su susceptibilidad al deterioro en medios ácidos (10). Estas diferencias estructurales y funcionales podrían explicar la mayor susceptibilidad observada en los arcos GAC® frente a la exposición a una bebida carbonatada.

Desde el punto de vista clínico, las alteraciones encontradas son relevantes porque una disminución de la resistencia a la flexión, de la fuerza máxima o del módulo de elasticidad puede afectar la liberación de fuerzas ligeras y continuas, principio biomecánico fundamental para lograr un movimiento dentario eficiente (12,28). Diversos estudios han demostrado que estas propiedades mecánicas determinan el comportamiento clínico de los arcos durante las fases de alineación y nivelación, por lo que su alteración puede comprometer la eficacia del tratamiento ortodóntico (12,28).

En conjunto, los resultados del presente estudio, en concordancia con la evidencia científica revisada, demuestran que las bebidas carbonatadas pueden afectar tanto la integridad estructural como el desempeño clínico de los arcos de NiTi. Este efecto parece ser más evidente en los arcos termoactivos, debido a que su comportamiento depende de

mecanismos relacionados con la transformación de fase y la recuperación elástica del material (29). Por ello, es fundamental considerar no solo las características del material, sino también los hábitos del paciente, especialmente el consumo frecuente de bebidas carbonatadas, ya que estos factores pueden influir directamente en la eficacia del tratamiento ortodóntico.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. El tiempo de exposición de una bebida carbonatada sí produjo efectos sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi súper elásticos de ortodoncia.
2. En la propiedad mecánica de fuerza máxima, se encontraron diferencias estadísticamente significativas según la marca del arco y el tiempo de exposición a la bebida carbonatada.
3. La resistencia a la flexión de los arcos NiTi súper elásticos se vio significativamente afectada por la bebida carbonatada.
4. En la deformación máxima no se encontraron diferencias significativas entre el tiempo inicial y los 30 días de inmersión, sin embargo, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre las marcas evaluadas.
5. El módulo de elasticidad presentó una disminución significativa después de la inmersión en la bebida carbonatada, encontrándose diferencias estadísticamente significativas tanto entre marcas como entre los tiempos evaluados.
6. Al comparar las tres marcas, la marca GAC fue la más susceptible a los efectos de la bebida carbonatada, en comparación con las marcas Orthoclassic y Morelli.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda realizar estudios similares utilizando saliva artificial y sometiendo las muestras de arcos al proceso de termociclado, a fin de reproducir de manera más adecuada las condiciones del medio oral y aproximarse a un estudio in vivo.
2. Informar y educar a los pacientes en tratamiento de ortodoncia sobre los posibles efectos adversos del consumo frecuente de bebidas carbonatadas, especialmente durante la fase de alineación y nivelación.
3. Se recomienda incluir otras sustancias de inmersión, como bebidas energizantes, jugos cítricos y café, con el fin de evaluar sus efectos sobre las propiedades de los arcos ortodónticos.

REFERENCIAS

1. Mohan R, Jain RK. An in vitro comparative evaluation of surface roughness characteristics of different orthodontic archwires: An atomic force microscopy study. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2022;16(2):91-94.
2. Hussein AT, Abouelnour AM, Hussein FA. Alignment Efficiency of Nickel-Free Niobium–Titanium–Tantalum–Zirconium Compared to Nickel–Titanium Orthodontic Archwires during Initial Treatment Phase: A Randomized Controlled Trial. *European Journal of General Dentistry*. 2022;11(3):173-180.
3. Dehghani M, Alavian N, Noori N, Omidkhoda M. The Effect of Different Soft Drinks on the Force Degradation of Conventional and Memory Orthodontic Elastic Chains: An In-Vitro Study. *Frontiers in Dentistry*. 2023;20(29):1-9.
4. Mohammed MA, Saleem AI. Effect of air abrasive polishing on nickel release, stainless steel corrosion, and nickel-titanium archwires. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2023;17(4):227-234.
5. Doomen RA, Nedeljkovic I, Kuitert RB, Kleverlaan CJ, Aydin B. Corrosion of orthodontic brackets: qualitative and quantitative surface analysis. *Angle Orthodontist*. 2022;92(5):661-668.
6. Sufarnap E, Harahap KI, Cynthiana S, Reza M. Nickel and copper ion release, deflection and the surface roughness of copper-nickel-titanium orthodontic archwire in sodium fluoride solution. *Journal of Orthodontic Science*. 2023;12(44):1-6.
7. Pastor F, Rodriguez JC, Barrera JM, Delgado García-Menocal JA, Brizuela A, Puigdollers A, et al. Effect of fluoride content of mouthwashes on the metallic ion

- release in different orthodontics archwires. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(4):1-13.
8. Alcaraz A, Perelli L, Rodriguez MB, Palacios A, Bardach A, Gittens-Baynes KA, et al. ¿Qué necesita nuestra región para fortalecer políticas públicas sobre bebidas azucaradas? *Diálogo de decisores. Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2023;40(1):86-93.
 9. Abd Al-Hussain ZA, Nahidh M. Carbonated Soft Drinks and Orthodontics: Review of Literature. *Turkish Journal of Orthodontics*. 2021;34(2):136-142.
 10. Venkatesan K, Srinivasan B, Padmanabhan S. Adverse effect of consumption of carbonated soft drinks on orthodontic treatment – A systematic review. *Indian Journal of Dental Research*. 2021;32(4):505-513.
 11. Meng Y, Li S, Khan J, Dai Z, Li C, Hu X, et al. Sugar- and Artificially Sweetened Beverages Consumption and Risk of Type 2 Diabetes, Cardiovascular Diseases, and All-Cause Mortality: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Nutrients*. 2021;13(8):2636.
 12. Uysal I ,Yilmaz B, Atilla AU, Evis Z. Nickel titanium alloys as orthodontic archwires: A narrative review. *Elsevier*. 2022;36(2022):1–7.
 13. Zibar Belasic T, Zigante M, Uhac M, Karlovic S, Jelovica Badovinac I, Spalj S. Effect of use of antiseptics and fluorides during orthodontic treatment on working properties of NiTi archwires in levelling dental arches: A randomized controlled trial. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2024;85(Suppl 1):S63-S72.
 14. Ique MMA, Ferreira MF, Delbem ACB, de Mendonça MR. Corrosion-induced changes in surface properties and roughness of orthodontic wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2024;165(5):565-575.

15. Kedia A, Khanduri M, Puri T, Kashyap V, Bishnoi A, Narnoli S. To evaluate the effect of prophylactic agents on the surface morphology of different orthodontic wires at different temperatures: An in vitro study. *Indian Journal of Dental Sciences*. 2024;16(1):30-37.
16. Mirhashemi SA, Jahangiri S, Mahdavi Moghaddam M, Bahrami R. Nickel and Chromium Ion Release from Orthodontic Wires Subjected to Various Drinks and Distilled Water. *Frontiers in Dentistry*. 2023;20(33):1-6.
17. Aldayel ESA, Tashkandi NEA. Effect of Different Beverages on the Elastic Properties of NiTi Orthodontic Wires: An In-Vitro Study. *Research Square*. 2023;1(1):1–15.
18. Fazli D, Sheibani Nia A, Fatemi SM. An Investigation About The Effects Of Fizzy Drinks On The Mechanical Properties Of Orthodontic Archwires. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. 2022;13(4):1970-1977.
19. Zand Dolatshai H, Sheibani Nia A, Khosravani Fard B, Fatemi SM. Effect of Carbonated Beverages on the Surface Roughness of Orthodontic Arch Wires via Profilometry Method. *Pejouhesh dar Pezeshki*. 2022;46(3):84-94.
20. Verma P, George AM. Comparison of Nickel and Chromium Ion Release Using Four Different Commercially Available Mouthwashes on Orthodontic Brackets and Wires: An In vitro Study. *Journal of the International Clinical Dental Research Organization*. 2022;14(1):44-47.
21. Kassab E, Gomes JACP. Corrosion induced fracture of NiTi wires in simulated oral environments. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;116(104323):1-6.
22. Jaravela G. Formación de recubrimiento de nanopartículas de plata en alambres ortodónticos NiTi usando suero corporal simulado cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi

- para su reuso en un mismo paciente [Tesis de maestría] [Internet]. México: Universidad Autónoma de Chihuahua; 2022 [citado 23 jun 2024]. Disponible en: <http://repositorio.uach.mx/611/1/Tesis%20Gabriela%20Javalera%20Herrera.pdf>
23. Aldana AF y Suárez JA. Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente [Tesis de segunda especialidad] [Internet]. Colombia: Universidad Autónoma de Manizales; 2022 [citado 23 jun 2024]. Disponible en: https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/1404/1/Cambios_estructura_f%C3%ADsica_luego_someter_validar
24. Gonzáles A. Gummetal®: Composición, propiedades físicas y biológicas, y manejo clínico [Tesis Doctoral] [Internet]. España: Universidad de Oviedo; 2021 [citado 26 jun 2024]. Disponible en: https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/61957/TD_AialaGonzalezRuiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
25. Vásquez C. Estudio comparativo de la resistencia a la flexión de los arcos NiTi teflón, NiTi super elástico y acero inoxidable rectangulares de .017x.025. Estudio in vitro [Tesis de segunda especialidad] [Internet]. México: Universidad Autónoma de Querétaro; 2022 [citado 26 jun 2024]. Disponible en: <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/4397/1/RI007122.pdf>
26. Esquivel XG, Gutiérrez J F, Guerrero M P. Comparación del tamaño transversal de los arcos 0.012, 0.014 y 0.016 de NiTi de tres marcas. Odontoestomatología. 2020;22(35):12-19.
27. Friedli L, Nalabothu P, Bosch C, Verna C, Steineck M, Dalstra M. Influence of different storage temperatures on the mechanical properties of NiTi, Cu-NiTi and

- SS orthodontic archwires: An in vitro study. *International Orthodontics*. 2020;18(3):561–568.
28. Srinivasan D, Krishnan RK. Mechanical Properties and Potential Clinical Implications of Improved Superelastic Orthodontic Archwires: An Observational Study. *Cureus*. 2023;15(11): 1-14.
 29. Gurgel JA, Ramos AL, Kerr SD. Fios Ortodônticos. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*. 2001;6(4):103-114.
 30. Virdi, G. K., Prashar, A., & Kaur, R. Advances in orthodontic archwires. *International Journal of Health Sciences*. 2021;5(S1), 306–319.
 31. Modi N, Gupta R, Borah M. Newer orthodontic archwires- a review. *International Journal of Applied Dental Sciences*. 2020;6(4):90-94.
 32. GC Orthodontics Europe GmbH. Archwires & Accessories [Internet]. Breckerfeld, Alemanha: GC Orthodontics Europe GmbH; s.f. [citado 23 jun 2025]. Disponível en: https://pdf.medicaexpo.com/viewerCatalog/gc-orthodontics/archwires-accessories/115723-188317-_8.html#open
 33. OC Orthodontics. OC Orthodontics Catalog [Internet]. McMinnville, Estados Unidos: OC Orthodontics; 2023 [citado 23 jun 2025]. Disponível en: <https://www.dropbox.com/scl/fi/jwv7rvdlz2mihk7vmuamq/2024-Intl-OC-Orthodontics-Catalog.pdf?rlkey=wunfaf8fxn29bvshad34jlajy&e=1&dl=0>
 34. Morelli Ortodontia. NiTi Superelastic Intraoral Archwires [Internet]. Sorocaba, SP, Brasil: Dental Morelli Ltda.; 2023 [citado 23 jun 2025]. Disponível en: <https://static.morelli.com.br/arquivos/instrucoesuso/IFU-00009-EN-REV.004.pdf>
 35. Jose S, Francis V. Development, Validation and Implementation of Universal Testing Machine [Master Thesis] [Internet]. Suecia: Jönköping University; 2020

- [citado 23 jun 2024]. Available from: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1472019/FULLTEXT01.pdf>
36. Munir A, Zulfiqar S, Mathavan JJ, Sohail A. Understanding the Force Deflection Behavior of NiTi Archwire at Distinct Bending Configuration: A Narrative Review in Vitro Studies. *Engineering Journal*. 2024; 28(2):15-27.
 37. Soto J y Lafuente D. Efectos de las bebidas gaseosas sobre algunas resinas compuestas. *Revista Científica Odontológica*. 2013; 9(2):9-15.
 38. Edmondson EK, Roberto CA, Gregory EF, Mitra N, Virudachalam S. Association of a Sweetened Beverage Tax With Soda Consumption in High School Students. *JAMA Pediatrics*. 2021;175(12):1261–1268.
 39. Khan SD, Qahtani BH, Alamer HM, Dashil MS, Asiri ZM, Asiri YA, et al. Knowledge and attitude of children about soda and its effects on dental health. *Bioinformation*. 2022;18(10):1016–1020.
 40. Alarcón SG y Chávez MA. Rugosidad superficial de dos resinas compuestas después de la inmersión en bebidas gaseosas: Estudio in vitro. *Revista Científica Odontológica*. 2024; 12(1): 1-7.
 41. Akshaya A, Balaji S, Jayalakshmi S, Sasidharan S. Comparative Evaluation Of Surface Roughness Of Two Commercially Available Glass Ionomer Cement Before And After Immersion In Fizzy Drinks - An In Vitro Study. *International Journal of Dentistry Oral Science*. 2021;8(9):4664-4669.
 42. Arana JF, Cisneros M. Efecto de la exposición a bebidas carbonatadas en la dureza superficial de resinas acrílicas. *Odovtos*. 2021; 23(2): 73-81.
 43. Surarit R, Jiradethprapai K, Lertsatira K, Chanthongthiti J, Teanchai C, Horsophonphon S. Erosive potential of vitamin waters, herbal drinks, carbonated

- soft drinks, and fruit juices on human teeth: An in vitro investigation. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2023;17(3):129–135.
44. Zevallos M, Ascarza K, Carrión F. Impacto de una bebida carbonatada sobre la microdureza superficial de tres resinas compuestas evaluadas in vitro. *KIRU*. 2022;19(4):150-155.
45. Mavrogiannidou Z, Boka V, Arhakis A. An Overview of the Types of Soft Drinks and Their Impact on Oral Health: Review of Literature. *World Journal of Dentistry*. 2023 ;14(7):648–654.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
Problema general: ¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia? Problemas específicos: ¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®? ¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®? ¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®? ¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®? ¿Cuál es la diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®?	Objetivo general: Examinar el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia. Objetivos específicos: Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Establecer el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Comparar la diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.	Hipótesis general: Hi: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia. Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas de tres marcas de arcos NiTi superelásticos de ortodoncia. Hipótesis específicas: Hi¹: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en fuerza máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Hi²: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en resistencia a la flexión de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Hi³: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en deformación máxima de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Hi⁴: Si hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Ho: No hay efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada sobre las propiedades mecánicas en módulo de elasticidad de los arcos NiTi superelásticos de ortodoncia de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Hi⁵: Si existe diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®. Ho: No existe diferencia de las propiedades mecánicas en fuerza máxima, resistencia a la flexión, deformación máxima y módulo de elasticidad según el efecto del tiempo de exposición de una bebida carbonatada de los arcos NiTi superelásticos de las marcas GAC®, Orthoclassic® y Morelli®.	Variable independiente: Efecto del tiempo Variable dependiente: Propiedades mecánicas de los arcos NiTi superelásticos. Covariables: Bebida carbonatada Arcos NiTi superelásticos	Tipo de investigación: Aplicada Método y diseño de la investigación: Método: Analítico Diseño: Experimental, prospectivo, longitudinal y comparativo.

Anexo 2: Insumos y procedimiento

- Insumos

Tres marcas de arcos NiTi súper elásticos de ortodoncia



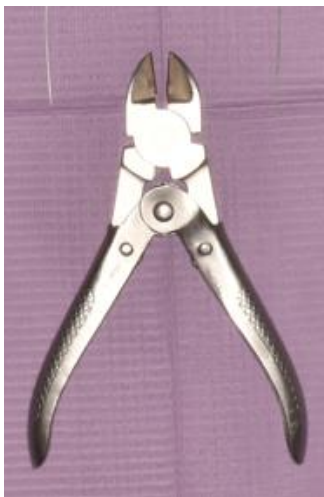
GAC®



Orthoclassic®



Morelli®



Alicate de corte



Agua destilada



Bebida carbonatada:
Coca Cola®

Táperes de plástico



Táperes de vidro

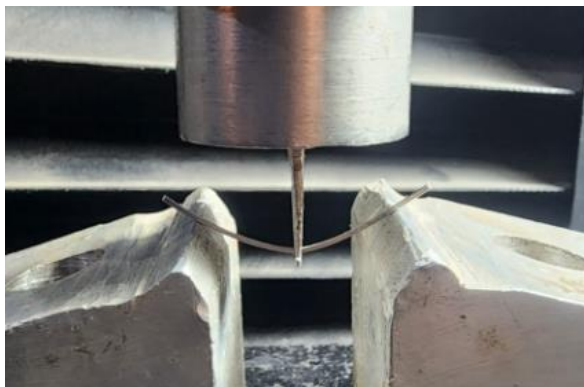


- Procedimiento para el grupo control

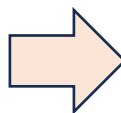


Obtención de los especímenes de 30mm de longitud.

Medición de las propiedades mecánicas de los especímenes (7 por cada grupo).



Ensayo de flexión



- Fuerza máxima
- Resistencia de flexión
- Deformación máxima
- Módulo de elasticidad

- Procedimiento para el grupo experimental



Obtención de los especímenes de 30mm de longitud.

Inmersión de los especímenes en Coca Cola® durante 5 min.





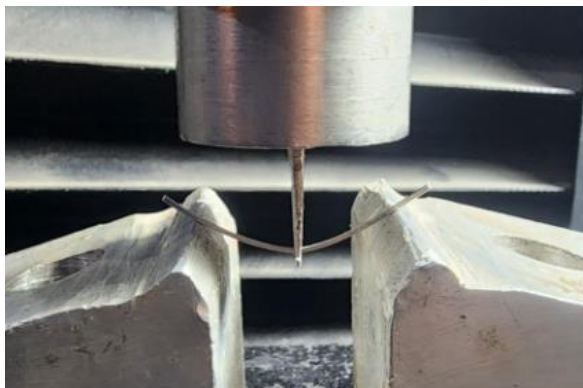
Lavado de los
especímenes con agua
destilada.



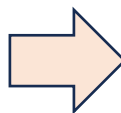
Inmersión de los
especímenes en agua
destilada por 24 horas
dentro de una incubadora
a 37° C.



Medición de las propiedades mecánicas de los especímenes del grupo experimental.



Ensayo de flexión



- Fuerza máxima
- Resistencia de flexión
- Deformación máxima
- Módulo de elasticidad

Obtención de
datos

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-082-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	06-05-2025		
7. RESULTADOS DE ENSAYOS							
Grupo 1: GAC - Nuevo							
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)	Deformación max. (mm)	Modulo elasticidad (Mpa)
1	0.56	0.40	20	1.18	282.21	2.853	18027.07
2	0.56	0.40	20	1.23	294.16	2.747	19619.41
3	0.56	0.40	20	1.19	284.60	2.713	22218.36
4	0.56	0.40	20	1.15	275.03	2.090	19281.21
5	0.56	0.40	20	1.27	303.73	2.370	21394.08
Grupo 2: orthoclastic - Nuevo							
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)	Deformación max. (mm)	Modulo elasticidad (Mpa)
1	0.39	0.55	20	1.79	641.92	2.510	39777.02
2	0.55	0.39	20	2.48	630.64	3.291	43879.46
3	0.39	0.54	20	1.62	591.72	2.714	36815.25
4	0.55	0.39	20	2.33	592.50	3.991	37894.34
5	0.55	0.39	20	2.33	592.50	3.558	36984.25
Grupo 3: Morelli - Nuevo							
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)	Deformación max. (mm)	Modulo elasticidad (Mpa)
1	0.56	0.39	20	2.42	593.60	2.439	38170.01
2	0.56	0.40	20	2.37	566.80	2.449	37882.80
3	0.56	0.40	20	2.38	569.20	2.161	40831.69
4	0.56	0.40	20	2.37	566.80	2.442	38136.15
5	0.56	0.40	20	2.41	576.37	2.344	39431.39
Grupo 4: GAC- Sumergido							
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)	Deformación max. (mm)	Modulo elasticidad (Mpa)
1	0.56	0.40	20	1.17	279.82	2.877	18787.00
2	0.57	0.41	20	1.19	268.00	2.191	20901.99
3	0.57	0.41	20	1.19	268.00	2.523	19258.99
4	0.56	0.41	20	1.19	277.66	2.875	19384.22
3	0.56	0.40	20	1.21	289.38	2.301	18699.37
Grupo 5: orthoclastic - Sumergido							
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)	Deformación max. (mm)	Modulo elasticidad (Mpa)
1	0.40	0.55	20	1.53	521.59	2.439	36641.66
2	0.39	0.55	20	1.51	541.51	2.238	38587.52
3	0.39	0.55	20	1.49	534.34	3.621	30247.61
4	0.39	0.55	20	1.39	498.48	3.828	30600.33
5	0.39	0.55	20	1.48	530.75	2.344	39080.26

Anexo 3



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

“EFECTO DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE UNA BEBIDA CARBONATADA SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE TRES MARCAS DE ARCOS NITI SÚPER ELÁSTICOS DE ORTODONCIA. ESTUDIO IN VITRO”.

Propiedades mecánicas Especimen	Fuerza Máxima (N)	Resistencia a la Flexión (MPa)	Deformación máxima (mm)	Módulo de elasticidad (MPa)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

Anexo 4



COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA

CONSTANCIA DE EXONERACIÓN DE REVISIÓN

Lima, 20 de noviembre de 2024

Investigador(a)
ESTEFANIA NEYRA ROJAS SOTO
Exp. N°: 0977-2024

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética e Integridad Científica de la Universidad Privada Norbert Wiener (CIEIC-UPNW) acuerda la Exoneración de revisión del siguiente protocolo de estudio:

- Protocolo titulado: **“EFECTOS DE UNA BEBIDA CARBONATADA SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE TRES MARCAS DE ARCOS NITI SÚPER ELÁSTICOS DE ORTODONCIA. ESTUDIO IN VITRO”** Versión 01 con fecha 26/10/2024.

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) Estefania Neyra Rojas Soto

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

Atentamente,


Raúl Antonio Rojas Ortega
Presidente
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
UPNW



Avenida Arequipa 440
Universidad Privada Norbert Wiener
Teléfono: 706-5555 anexo 3286-3287 Cel. 981000698
Correo: comite.etica@unwieneredu.pe

13% 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

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  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

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 6% 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	2%
2	Internet	repositorio.uach.mx	2%
3	Internet	hdl.handle.net	1%
4	Internet	www.coursehero.com	<1%
5	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2025-03-29	<1%
6	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
7	Internet	www.researchgate.net	<1%
8	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2026-05-15	<1%
9	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
10	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
11	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2026-06-06	<1%