



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**  
ESCUELA DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN IN VITRO DE LA  
DEGRADACIÓN DE FUERZAS DE  
LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS  
EXPUESTAS A BEBIDAS  
CARBONATADAS**

**Tesis para obtener el Grado de  
Maestro en Estomatología**

**Kelly Kathering Achachao Almerco**

Lima – Perú  
2017

**ASESOR**

**Dr. Esp. Abraham Meneses López**

Departamento Académico de Estomatología del Niño y el Adolescente

## **DEDICATORIA**

A Dios.

A César, mi padre, por ser mi maestro, mi guía, por su amor y abnegación.

A Alicia, mi madre, por darme la vida, por sus oraciones y ser mi fortaleza en todo momento.

A Elías, mi abuelo, por tu sacrificio, entrega, porque tus historias y tu vida son mi fuente de inspiración.

A mis hermanos: Mireya, Styven y Jonathan, que me enseñaron que es posible una vida sin odios.

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecimiento especial al personal que labora en el Laboratorio de Materiales de la Sección de Ingeniería Mecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, por el apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Esp. Abraham Meneses López, Mg. Esp. Carlos Liñán Durán y Mg. Katty Ríos Villasis, mis asesores y amigos, por su tiempo y dedicación en esta investigación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su paciencia y motivación han sido fundamentales para mi formación.

A mis maestros, por sus enseñanzas y consejos a lo largo de toda la maestría.

A cada una de las personas que ha vivido conmigo la realización de esta tesis, desde los más profundos de mi corazón agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo, cariño y amistad.

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a bebidas carbonatadas: Coca Cola®, Inca Kola® y Kola Real® en seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días. **Materiales y Métodos:** Se emplearon 48 segmentos de cadena elastomérica (American Orthodontic®, Sheboygan, USA) que fueron divididas en cuatro grupos (n= 12): Tres grupos fueron expuestos a cada bebida carbonatada (Cola Cola®, Inka Cola® y Kola Real®) y agua destilada (control) en dos ciclos de 15 minutos dos veces diarias durante 28 días. Las fuerzas (gf) fueron medidas con una máquina de ensayo universal (Zwick, Ulm, Alemania) en seis intervalos de tiempo (inicial, 1 día, 7 días, 14 días, 21 días, y 28 días). **Resultados:** Existe diferencia estadísticamente significativa en la degradación de las fuerzas entre las bebidas evaluadas ( $p < 0.05$ ). Los mayores valores de degradación se encontró en las cadenas elastoméricas expuestas a Inka Kola®. No se encontró diferencias significativas en la degradación de fuerzas de las cadenas expuestas a Cola Cola® y Kola Real® ( $p > 0.05$ ). Se observó la máxima degradación los días 1, 7 y 14, independientemente de la bebida evaluada. Las fuerzas se degradaron hasta los 21 días. **Conclusión:** Todas las bebidas produjeron degradación de las fuerzas en mayor o menor grado, sobre las cadenas elastoméricas. La Inka Cola® causó mayor degradación de las fuerzas en las cadenas elastoméricas. La mayor degradación de las fuerzas se observó en el primer día y se encontró degradación de las fuerzas hasta los 21 días.

**PALABRAS CLAVE:** Degradación de fuerzas, cadena elastomérica, bebida carbonatada, ortodoncia.

## ABSTRACT

**Objective:** Evaluate the forces degradation of American Orthodontic® elastomeric chains exposed to carbonated beverages: Coca Cola®, Inca Kola Real® and Kola® at six times: 0 (initial), 1 day, 7 days, 14 days, 21 days and 28 days. **Materials and Methods:** A total of 48 specimens of elastomeric chains (American Orthodontic, Sheboygan, USA) were divided into four groups (n = 12 in each group). Three groups were exposed to each carbonated beverage (Coca Cola®, Inca Kola Cola® and Real®) for 15 minutes twice a day. The control group followed the same procedures but was only exposed to distilled water. Force measurements were taken by means of a universal testing machine (Zwick, Ulm, Alemania) at six times (initial, 1 day, 7 days, 14 days, 21 days and 28 days). **Results:** There were statistically significant differences on degradation force among all groups ( $p < 0.05$ ). Maximum degradation was observed on days 1, 7 and 14, regardless of the beverage evaluated. The forces degraded to 21 days. **Conclusion:** All beverages produced degradation of the forces to a greater or lesser degree, on the elastomeric chains. The Inca Cola® caused greater degradation of the forces in the elastomeric chains. The greatest degradation of forces was observed on the first day and strength degradation was found up to 21 days.

**KEY WORDS:** Force degradation, elastomeric chain, carbonated beverages, orthodontics.

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla N° 1.</b> Degradación de las fuerzas en las cadenas elastoméricas evaluadas en los seis intervalos de tiempo.	34
<b>Tabla N° 2.</b> Comparación la degradación de fuerzas (gf) de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a bebidas carbonatadas: Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada evaluadas en los seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.	35
<b>Tabla N° 3.</b> Comparación de las fuerzas entre cada bebida carbonatada y control, por cada intervalo de tiempo.	40

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

		<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1.</b>	Degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en seis intervalos de tiempo (inicial, 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.	40
<b>Gráfico 2.</b>	Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 0.	41
<b>Gráfico 3.</b>	Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 1.	42
<b>Gráfico 4.</b>	Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 7.	43
<b>Gráfico 5.</b>	Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 14.	44
<b>Gráfico 6.</b>	Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 21.	45
<b>Gráfico 7.</b>	Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 28.	46



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

<b>g</b>	:	gramo
<b>NiTi</b>	:	Níquel titanio
<b>N</b>	:	Newton
<b>MINSA</b>	:	Ministerio de Salud
<b>UPCH</b>	:	Universidad Peruana Cayetano Heredia
<b>PUCP</b>	:	Pontificia Universidad Católica del Perú
<b>mL</b>	:	Mililitro
<b>®</b>	:	Marca registrada
<b>s</b>	:	segundo
<b>gf</b>	:	gramo/fuerza
<b>mm</b>	:	milímetro
<b>kcal</b>	:	kilocaloría
<b>°C</b>	:	grado Celsius
<b>C</b>	:	carbono
<b>O</b>	:	oxígeno
<b>UFC</b>	:	Unidades formadoras de colonias
<b>n</b>	:	nanómetro
<b>pH</b>	:	potencial de hidrógeno

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	3
II.1. Planteamiento del problema	3
II.2. Justificación	4
<b>III. MARCO REFERENCIAL</b>	6
<b>IV. OBJETIVOS</b>	16
IV.1. Objetivo general	18
IV.2. Objetivos específicos	18
<b>V. HIPÓTESIS</b>	19
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	20
VI.1. Diseño del estudio	20
VI.2. Grupo experimental	20
VI.3. Criterios de selección	21
VI.4. Variables	21
VI.5. Técnicas y procedimientos	23
VI.6. Plan de análisis	30
VI.7. Consideraciones éticas	31
<b>VII. RESULTADOS</b>	32
<b>VIII. DISCUSIÓN</b>	47
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	55
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	56
<b>ANEXOS</b>	

## I. INTRODUCCIÓN

En el área de ortodoncia, la biomecánica hace uso de sistemas de fuerzas con el objetivo de producir movimientos dentales controlados,<sup>1</sup> existen aparatos que promueven estos movimientos tales como los resortes de níquel titanio (NiTi) y productos elastoméricos (cadenas elastoméricas), siendo estos últimos los más populares por su fácil aplicación y bajo costo.<sup>2</sup>

Las cadenas elastoméricas se introdujeron a la odontología en la década de 1960, están hechas principalmente de resina transparente o poliuretano,<sup>3</sup> lo que las provee de características elásticas, que se ven afectadas por diversos factores ambientales tales como: exposición al medio intraoral, la masticación, higiene oral, acción de sustancias contenidas en el fluido salival, temperatura intraoral, concentración de oxígeno, cambios de pH, exposición a la luz ultravioleta y absorción de agua.<sup>3,4</sup>

Varios de estos factores se encuentran presentes en la boca, los cuales provocan un rápido deterioro del material; por esta razón y por el estiramiento constante al que son sometidas estas cadenas elastoméricas van perdiendo fuerza conforme transcurre el tiempo de permanencia en la cavidad oral; se ha reportado que las cadenas elastoméricas pueden perder de 50 a 70% de su fuerza inicial durante el primer día, seguido de una degradación exponencial continua.<sup>4,5</sup> Muchos de los factores podrían ser fácilmente controlados, sin embargo, aún no han sido evaluados.

Ejemplo de un factor controlable es la exposición a las bebidas carbonatadas, el consumo de estas bebidas ha ido en aumento en las últimas décadas a nivel mundial, la tendencia es más evidente entre los niños y adolescentes. Este aumento en el consumo de bebidas ha suscitado preocupación entre los profesionales de la salud, incluidos los odontólogos.<sup>6</sup> Por ello, los efectos de las bebidas carbonatadas en la salud oral y en los materiales dentales han sido investigados. En el Perú las bebidas carbonatadas más consumidas son Inca Kola®, Coca Cola® y Kola Real®.<sup>7</sup>

Teniendo como base estudios de exposición de cadenas elastoméricas a diversas sustancias, el propósito de este estudio es evaluar in vitro la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas expuestas a las tres bebidas carbonatadas más consumidas en el Perú.

## **II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **II.1 Planteamiento del problema**

Las cadenas elastoméricas se fabrican en un carrete de eslabones unidos, que se pueden cortar de acuerdo a lo requerido, debido a las propiedades viscoelásticas y la pérdida de la fuerza con el tiempo provocan movimientos ineficientes, lo que se traducirá en la necesidad de un mayor número de citas.<sup>8,9</sup> Se han realizado estudios para determinar el efecto de diversos factores ambientales y diversas sustancias en la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas, demostrándose que estos pueden contribuir en la pérdida de fuerzas.<sup>5</sup>

Uno de los factores es la exposición de las cadenas elastoméricas a las bebidas carbonatadas, las cuales son muy consumidas por niños y adolescentes,<sup>6</sup> siendo éste el mayor grupo de pacientes que requieren tratamiento ortodóncico.

Según la encuesta Global de Salud Escolar en el 2010 del MINSA (Ministerio de Salud), el 54% de los estudiantes de colegios estatales consumen una o más bebidas gaseosas, en Lima se consumen aproximadamente 75 litros de gaseosas per cápita al año, mientras que en el interior del País se consume 35 litros y las ventas de este tipo de bebidas siguen en aumento pero algunos subgrupos de la población consumen muchas más bebidas gaseosas que la persona promedio. Estos subgrupos incluyen a los varones de entre 14 y 30 años, que pueden consumir en promedio unas dos botellas diarias de 340 ml.<sup>10</sup>

Sin embargo, existe poca información sobre el efecto de las bebidas carbonatas en la degradación de las fuerzas en las cadenas elastoméricas, en los estudios de (Nattrass *et al.*, 1998; Kumar *et al.*, 2014) se comparó el efecto de la Coca Cola® y otras sustancias,<sup>11</sup> teniendo en cuenta de que el consumo de bebidas carbonatadas es alto y que las bebidas más consumidas en el Perú son: Inka Kola®, Coca Cola® y Kola Real®,<sup>7</sup> nos planteamos la siguiente pregunta de investigación, ¿Cómo será la degradación de las fuerzas en las cadenas elastoméricas al ser expuestas a diferentes bebidas carbonatadas?

## **II.2 Justificación**

Uno de los medios para generar fuerzas en los tratamientos ortodónticos son las cadenas elastoméricas; existe una pérdida de fuerza del material durante su uso, ocasionado por diversos factores ambientales.<sup>5</sup>

El potencial erosivo de las bebidas carbonatadas depende del pH, de su composición y de sus propiedades. Los ácidos severos contribuyen a bajar el pH, las bebidas carbonatadas contienen ácido carbónico y dióxido de carbono en su composición. Otros ácidos se añaden para mejorar el sabor, como el ácido fosfórico o el ácido cítrico que están presentes en este tipo bebida.<sup>12</sup> Esta erosión entonces afectaría a los aparatos de ortodoncia, teniendo una repercusión directa sobre la superficie de las cadenas elastoméricas. Traduciéndose finalmente en un costo beneficio para el paciente y el operador.

Este estudio tiene una importancia conceptual ya que no existen estudios sobre el efecto que ejercen las bebidas carbonatadas más consumidas del Perú en las cadenas elastoméricas.

También nos brinda un aporte clínico y social ya que el conocimiento de las propiedades las cadenas elastoméricas permitirá al ortodoncista entender mejor las respuestas clínicas del paciente, para consecuentemente, optimizar la calidad del tratamiento y realizar la mejor elección de las cadenas elastoméricas para un eficiente tratamiento con sustento científico; así mismo, identificar si las bebidas carbonatadas influyen modificando de alguna manera las fuerzas.

Finalmente, en base a los resultados podremos recomendar a los pacientes portadores de aparatología ortodóncica, el consumo de bebidas alternas a las bebidas carbonatadas, redireccionando sus hábitos dietéticos e instándolos a mejorar su dieta alimentaria.

### III. MARCO REFERENCIAL

El caucho natural fue utilizado por las antiguas civilizaciones Inca y Maya, siendo el primer elastómero conocido, su uso fue limitado debido a su desfavorable comportamiento al ser sometido a diferentes temperaturas y absorción de agua, con el aporte de Charles Goodyear de la vulcanización en 1839, se aumentó en gran medida el uso de caucho natural. Los primeros defensores de los elásticos de látex de caucho natural en ortodoncia fueron Baker, Case, y Angle.<sup>13</sup> Este material se introdujo a la odontología en 1960 y se ha convertido en un material indispensable en la práctica ortodóntica.<sup>4</sup>

Los elastómeros son materiales que tienen la capacidad de retornar rápidamente a su tamaño original después de la deformación sustancial de manera similar al resorte helicoidal y son clasificados estructuralmente como polímeros.<sup>14</sup> Los cuales sometidos a deformación muestran una gran elongación reversible al aplicar fuerzas, es decir, tienen elasticidad.<sup>15</sup> Su composición exacta se mantiene en reserva por los fabricantes de materiales ortodónticos, pero están hechas principalmente de resina transparente o poliuretanos, poseen una unidad:  $-(NH)-(C=O)-O-$ .<sup>3</sup> Los poliuretanos elastoméricos son producidos por disocianatos y polialcoholes. Los tres principales constituyentes son: a) un disocianato, b) una larga cadena hidroxiterminada en polialcoholes, ya sea como un poliéster o poliéter (R-OH) y una cadena prolongada que puede ser una cadena corta o una diamina.<sup>4</sup>



Las cadenas elastoméricas son ampliamente utilizadas en ortodoncia para el cierre de espacios, distalización de caninos, corrección de rotaciones, discrepancias de línea media, tracción ortodóntica de dientes impactados, desviaciones de línea media, soportes de fijación del arco a los brackets, y como sustituto de las ligaduras metálicas.<sup>4</sup>

Las principales ventajas del uso de las cadenas elastoméricas son: fáciles de manejar, no se requiere la cooperación del paciente, más higiénicas y económicas, sin embargo, las fuerzas liberadas por estos materiales son inestables y se alteran con el tiempo, con la adición de colorantes, dependiendo de la configuración de cadena (abierta o cerrada), si es pre-estirada, de la velocidad y de la cantidad de estiramiento, del medio ambiente oral, saliva, enzimas, cambios en el pH, exposición a la luz, aire, agua, oxidantes, alimentos, la higiene química y la acción física de la masticación y el cepillado de dientes. Se presentan en formas diferentes: tramo continuo, corto, medio y largo; en relación al color pueden ser transparentes, grises, o de diferentes colores.<sup>3,4,5,9,14</sup>

Las principales propiedades de los elastómeros son: la degradación de fuerzas y deformación. Las cadenas elastoméricas son usados para emplear fuerzas y por lo tanto mover los dientes; sin embargo no tiene una fuerza constante. Con el paso del tiempo, la magnitud inicial de la fuerza empleada es reducida y, por lo tanto, el movimiento de los dientes puede disminuir o cesar. Los materiales elásticos tienen esta característica, que llamamos degradación de fuerzas, debido a su relevancia clínica, esta propiedad ha sido bastante estudiada. Por otro lado la

deformación del material, la cual puede ser elástica o plástica. Se denomina deformación elástica cuando, al aplicar una fuerza, el material modificada su forma, pero que vuelve a su estado original cuando se elimina el estímulo. Cuando la fuerza aplicada excede el límite elástico del material, este comienza a mostrar una deformación plástica, es decir, no vuelve a su forma original, mostrando una alteración permanente.<sup>15,16</sup>

Idealmente, la degradación de las fuerzas con relación al tiempo de activación debe ser mínimo, la revisión de la literatura, sin embargo reveló que las cadenas elastoméricas eran incapaces de poseer una fuerza continua en el tiempo, se ha demostrado que la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas fue mayor en el primer día, y luego continuó con regularidad a un ritmo mucho más lento, produciendo una degradación promedio de 50 a 75% después de 4 semanas (dependiendo del tipo de estudio y el tipo de cadena) frente a la fuerza inicial.<sup>3,4,5,14</sup>

De las revisiones realizadas los autores coinciden en que la degradación de la fuerza es entre un 40 y un 50% durante las primeras horas, luego continúan degradándose en un ritmo menor durante la segunda y tercera semana y que la mayor pérdida de la fuerza se produce durante la primera hora. A fin de compensar este rápido decaimiento, Andreasen y Bishara (1970) recomiendan un incremento en el estiramiento de la cadena (a fin de obtener fuerza inicialmente más considerable), pero está podría causar una enorme incomodidad en los pacientes y a la vez tendría como efecto la reabsorción radicular.<sup>5</sup>

Eliades *et al.*<sup>3</sup> (2005) evaluaron el alargamiento permanente, la resistencia a la tracción y la tenacidad de las cadenas elastoméricas, compararon seis grupos (dos tipos y tres diferentes marcas). Encontraron que las cadenas de tramo largo mostraron mayor alargamiento residual que las continuas, supuestamente debido a la gran extensión de las áreas de enlace inter-modulares, pero estas diferencias varían de una marca a otra, dependiendo de la longitud del enlace y la forma de módulos. Las cadenas continuas poseen más fuerza y la pierden más rápidamente que los abiertos después de 100% de estiramiento.

Mirhashemi *et al.*<sup>14</sup> (2012) compararon *in vitro* la degradación de las fuerzas de tres cadenas elastoméricas comercialmente disponibles (con memoria y convencionales). Se compararon seis grupos, distribuidos por marca (American Orthodontics, GAC y Ortho-Technology), las cuales fueron divididas en dos grupos (con o sin memoria). Las muestras fueron estiradas hasta el doble de su longitud original y estuvieron almacenadas en agua destilada a 37°C. La fuerza producida fue evaluada por la máquina universal de ensayo en 0, 1, 8, 24, 72 horas y 1, 2, 4 semanas. Concluyendo que las propiedades mecánicas y las características de la degradación de fuerza en las diferentes marcas de las cadenas elastoméricas difieren significativamente, y que las cadenas de memoria mostraron propiedades mecánicas superiores en comparación a las tradicionales. Las cadenas con memoria de la marca GAC® y American Orthodontics® mostraron menor degradación de fuerzas entre todas las cadenas.

Kochenborger *et al.*<sup>17</sup> (2011). Evaluaron la degradación de la fuerza con el tiempo de los cuatro disponibles comercialmente cadenas elastoméricas de ortodoncia (Morelli, Ormco, TP y Unitek). Los elásticos sintéticos se sumergieron en 37 ° C la saliva artificial y se extendieron con una fuerza de 150 g (15 mm - Morelli y TP; 16mm - Unitek y ORMCO). La fuerza producida fue evaluada con un dinamómetro en diferentes intervalos de tiempo: 30 minutos, 7 días, 14 días y 21 días. Encontraron una degradación de fuerza entre el 19% y el 26,67% al cabo de 30 minutos, y 36.67% a 57% después de 21 días de la activación. Concluyendo que las cadenas elastoméricas de la marca TP mostró el porcentaje menor de degradación de fuerza, mientras tanto, las cadenas Unitek mostraron el porcentaje más alto de la degradación de fuerza, y no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa en la degradación de fuerza entre ORMCO y cadenas elastoméricas Morelli durante el período de estudio.

Weissheimer *et al.*<sup>18</sup> (2013) analizaron *in vitro* la degradación de las fuerzas de cuatro marcas diferentes de cadenas elastoméricas: American Orthodontics®, Morelli®, Ormco® and TP Orthodontics®, el estiramiento de la cadena se estandarizó a 21 mm con liberación de fuerza inicial que oscilaba entre 300 g y 370 g. Las muestras se mantuvieron en saliva artificial a una temperatura constante de 37 ° C y se registró la degradación de la fuerza en una máquina universal de ensayos, en los siguientes intervalos de tiempo: inicial, 1, 3, 5, 7 y 9 horas; y 1, 7, 14, 21, 28 y 35 días. Obteniendo como resultado diferencias en la degradación de la fuerzas principalmente en el primer día, observándose una pérdida de fuerza de 50 a 55% con relación al tiempo inicial y la fuerza a los 35

días varió de 122 g a 148 g. Se concluyó que las cadenas elastoméricas perdieron el 59-69% de fuerzas en la primera hora y que la degradación de las fuerzas depende de las marcas.

Ahmed *et al.*<sup>19</sup> (2014) Compararon la degradación de fuerzas de cadenas elastoméricas termoplásticos (TP) y termoestables (TE) y degradación de una fuerza de 200 g y 350 g como fuerzas iniciales. Las cadenas elastoméricas TP y TE cadenas fueron de la marca de American Orthodontics (AOTP, AOTS) y ORMCO (ORTP, ORTS). Cada uno de los cuatro grupos de cadena se subdividió en cuatro subgrupos (cadenas directas de fuerza ligera, directas de fuerza pesada, con enlaces de fuerza ligera y con enlaces de fuerza pesada). Los especímenes estuvieron sumergidos en saliva artificial (pH 6,75) a 37 °C. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las TP y las cadenas TE, las TP degradaron su fuerza en un 20% más que las TE. No existió diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de las fuerzas iniciales de 200 g y 350 g.

Los efectos del pre-estiramiento sobre la fuerza de la cadena para obtener una fuerza moderada y relativamente estable en el tiempo, es recomendada por algunos autores, ya que las tensiones del pre-estiramiento de los enlaces moleculares en el material polimérico mejoraría la fuerza ejercida.<sup>3</sup>

Yagura *et al.*<sup>20</sup> (2013) investigaron el grado de estiramiento y deformación de las cadenas elastoméricas relacionados con la cantidad y el tiempo de estiramiento.

Cinco segmentos de módulos de cadenas elastoméricas de tramo cerrado de la marca 3M Unitek se estiraron hasta 10-100% de su longitud original en dispositivos especialmente diseñados para este fin, quedando sumergido en saliva artificial a  $37 \pm 1$  °C y secuencialmente se retiraron después de 1, 2 , 3 y 4 semanas para medir la fuerza. Concluyeron en que la deformación permanente es directamente proporcional al grado de estiramiento de las cadenas elastoméricas y que el mayor porcentaje de deformación permanente se produjo durante la primera semana.

Múltiples autores han investigado sobre el efecto de los factores ambientales en la degradación de la fuerza en las cadenas elastoméricas, exponiéndolas a diversas sustancias,<sup>5</sup> en algunos casos se ha comparado la exposición alguna bebida carbonatada con otro tipo de sustancias, pero no existe ningún estudio donde se compare el efecto en la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas al ser expuestas a diferentes bebidas carbonatadas.

Las bebidas carbonatadas son comúnmente consumidas por los adolescentes y este hábito continúa en la edad adulta, a menudo.<sup>21</sup> Son considerados perjudiciales debido a su alto contenido de azúcar y bajo nivel de pH, que está por debajo del nivel requerido para la desmineralización del esmalte crítico ( $\text{pH} \leq 5.5$ ).<sup>22</sup>

Las bebidas carbonatadas contienen ácido cítrico y ácido fosfórico. El ácido cítrico provoca más erosión del esmalte que el ácido fosfórico. En los países

desarrollados, la Coca-Cola es la bebida carbonatada más consumida (50%), seguido de bebidas de sabor a limón (22%) y las bebidas sabor a naranja (7%).<sup>23</sup>

De acuerdo a una encuesta a nivel nacional desarrollada por Datum, la bebida carbonatada más consumida en el Perú sería la Inka Cola como primer lugar con 37% seguido de Coca-Cola con 25% y en tercer lugar la Kola Real con 14%, que ha venido desplazando a Pepsi pese a su limitada publicidad y distribución.<sup>7</sup>

Las bebidas carbonatadas son bebidas saborizadas, efervescentes y sin alcohol, en su composición nutricional tienen valor energético (kcal), carbohidratos (g), azúcares simples (g), grasas (g) y proteínas (g), de los cuales los tres primeros son las principales contribuciones de estos productos. Como ingredientes contienen agua carbonatada, azúcar, acidulantes, perseverantes, saborizantes y colorantes.<sup>24</sup>

Estudios demuestran que los colorantes de las bebidas como el café y el vino promueven el ablandamiento y la degradación de la superficie polimérica. Por otro lado, el bajo pH de las bebidas carbonatadas como las bebidas de cola también puede dañar la integridad de estos materiales. Por tanto la absorción y adsorción de bebidas pueden conducir a la decoloración exterior de polímero debido a la penetración suave y la reacción de estos materiales para agentes colorantes, debido a la acumulación de placa y la degradación de la superficie.<sup>25,26</sup>

Larrabee *et al.*<sup>9</sup> (2012) evaluaron *in vitro* el efecto del alcohol en diferentes concentraciones en la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas, teniendo en cuenta que muchos enjuagues bucales contienen alcohol en diversas concentraciones, los cuales son recomendados por los ortodoncistas para ayudar a

mantener una buena salud oral durante el tratamiento. Se encontró degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas en todos los grupos. Concluyendo que el alcohol provocó un aumento significativo de la degradación de la fuerza con el tiempo. No se observó dependencia de la concentración de alcohol con la degradación de las fuerzas.

Pithon *et al.*<sup>27</sup> (2013) evaluaron *in vitro* el efecto de los enjuagues bucales con y sin agentes blanqueadores sobre la fuerza de las cadenas elastoméricas, no se obtuvo ninguna diferencia significativa entre los grupos iniciales, se encontraron diferencias entre el grupo control y Plax, Plax Whitening y los grupos de Listerine en los intervalos de tiempo de 7, 14 y 21 días. Concluyeron en que la presencia de agentes blanqueadores no tiene ninguna influencia en la degradación de la fuerza de las cadenas elastoméricas.

Halimi *et al.*<sup>28</sup> (2013) evaluaron la degradación de las fuerzas de las diferentes marcas de cadenas elastoméricas después del estiramiento sumergidas en saliva artificial en diferentes niveles de pH y aire, obteniendo como resultado que las fuerzas suministradas por las cadenas elastoméricas decayó rápidamente y de manera continua en el tiempo, tanto en el aire y en la saliva artificial. Esta degradación varía dependiendo del pH del medio de ensayo: en el pH más ácido, la degradación de la fuerza es mayor.

Kumar *et al.*<sup>11</sup> (2014) evaluaron y compararon *in vitro* el efecto de la Coca-Cola®, té y Listerine® en la fuerza producida por las cadenas elastoméricas. Las



muestras fueron divididas en cuatro grupos (Coca-Cola®, té, Listerine® y agua destilada), durante el periodo de experimentación se realizaron ciclos de inmersión a cada grupo (60 s, dos veces por día con cada sustancia), las mediciones de la fuerza se registraron con la máquina universal de ensayos en los diferentes tiempos: 1 h, 24 h, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días. Concluyendo que Coca Cola®, Listerine® y té causaron un incremento en la degradación de la fuerza de las cadenas de elastoméricas en el tiempo, siendo el té la sustancia que causó la más alta degradación de fuerza seguido por Listerine® y Coca-Cola®.

Aldrees A *et al*<sup>29</sup> (2015) Compararon el porcentaje degradación de la fuerza de cadenas elastoméricas transparentes y semitransparentes de ocho marcas diferentes y a la vez evaluaron la cantidad de decoloración después de la inmersión de las cadenas elastoméricas en una dieta promedio (café, té, refrescos de cola y el vino en cantidades de 250 ml) *in vitro*. Para medir las fuerzas se usó un sensor de fuerza electrónica y se usó un espectrofotómetro para medir el color de cada muestra. Encontrando que existieron diferencias significativas en la degradación de la fuerza en todos los grupos de cadenas elastoméricas. Las cadenas con memoria mantuvieron mayor fuerza a las cuatro semanas. También existieron diferencias significativas en la decoloración en los diferentes grupos.

Pithon *et al*.<sup>30</sup> (2015) evaluaron el efecto de diferentes métodos de esterilización y desinfección en las propiedades mecánicas de las cadenas elastoméricas. Se dividieron en grupos, los cuales fueron esterilizados mediante cobalto 60 (20 kGy) tecnología de rayos gamma. Luego, las cadenas elastoméricas fueron

contaminados *Streptococcus mutans*. Posteriormente, las muestras se sometieron a pruebas de esterilización/desinfección mediante diferentes métodos, formando seis grupos de estudio. Después de la esterilización/desinfección, la eficacia de estos métodos, por unidades formadoras de colonias por ml (UFC / ml), y las propiedades mecánicas de los materiales fueron evaluadas. Obteniendo como resultado que el tratamiento ultravioleta no era completamente eficaz para la esterilización. No existió pérdida de propiedades mecánicas con el uso de los diferentes métodos de esterilización, por tanto se concluyó que el control biológico de las cadenas elastoméricas no afecta a sus propiedades mecánicas.

Omidkhoda *et al.*<sup>30</sup> (2016) evaluaron el efecto de tres enjuagues bucales en la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas *in vitro*. En este estudio se usaron cadenas elastoméricas de tramo corto y cerrado, las cuales fueron divididas en ocho grupos (dos de control y seis grupos de prueba). Los enjuagues bucales usados fueron persica, clorhexidina al 0.2%, fluoruro de sodio 0.05% y saliva artificial (control). Las fuerzas fueron registradas por indicadores digitales de fuerza (Lutron) en un tiempo inicial, 24 h, 1, 2, 3 y 4 semanas para todos los grupos. Alrededor del 20% de la fuerza se degradó durante las primeras 24 horas y a lo largo de las cuatro semanas la degradación fue gradual y constante. La persica y clorhexidina causaron el más bajo y el más alto porcentaje de pérdida de fuerza, respectivamente.

Para la evaluación del deterioro gradual de las fuerzas elásticas en los diversos estudios se usan tres tipos de máquinas: la máquina universal de ensayos,

medidores de fuerzas digitales y dinamómetros digitales, siendo la máquina universal de ensayos la más usada en este tipo de estudios, esta máquina es semejante una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción y compresión para medir sus propiedades. La presión se logra mediante placas o mandíbulas accionadas por tornillos o un sistema hidráulico. Esta máquina es ampliamente utilizada en la caracterización de nuevos materiales. Así como en la medición de las propiedades de tensión de los polímeros.<sup>3,5,8,9,14,18,27</sup>

## **IV. OBJETIVOS**

### **IV.1 Objetivo General**

Evaluar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a bebidas carbonatadas Coca Cola®, Inca Kola® y Kola Real® en seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.

### **IV.2 Objetivos Específicos**

1. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a Coca Cola® en seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.
2. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a Inca Kola® en seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.
3. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a Kola Real® en seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.
4. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a agua destilada en seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.
5. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a Coca Cola®, Inca Kola® y Kola Real® en seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.

## **V. HIPÓTESIS**

**H<sub>v</sub>:** La degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas será mayor cuando son expuestas a bebidas carbonatadas (Inca Kola®, Coca Cola® y Kola Real®) en relación al grupo control.

**H<sub>o</sub>:** La degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas será comparable o menor cuando son expuestas a bebidas carbonatadas (Inca Kola®, Coca Cola® y Kola Real®) en relación al grupo control.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### VI.1. Diseño del estudio

Experimental *in vitro*.

### VI.2. Grupo experimental

Los especímenes estuvieron conformados por segmentos de siete eslabones de cadenas elastoméricas transparentes de tramo cerrado y con memoria (American Orthodontic, Sheboygan, USA). Los especímenes fueron obtenidos del paquete de cadena elastomérica debidamente sellada y con fecha de uso vigente.

Para calcular el tamaño de la muestra se realizó una prueba piloto, de donde se calculó 10% del tamaño muestral del artículo base.<sup>27</sup> Después de realizar la prueba piloto se usó el programa Epidat 4.0 y se aplicó la fórmula estadística para comparar dos medias en el programa y con ello se determinó el tamaño definitivo del grupo de estudio, determinando 5 especímenes por grupo como mínimo, sin embargo se usaron 12 especímenes por grupo, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 4 grupos de estudio (**Anexo 1**).

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

Donde:

n = especímenes necesarios en cada una de las muestras

$Z_{\alpha}$  = Valor Z correspondiente al riesgo deseado (1.96)

$Z_{\beta}$  = Valor Z correspondiente a la potencia de la prueba (1.64)

$S^2$  = Varianza de la variable cuantitativa que tiene el grupo control o de referencia

d = Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar (datos cuantitativos)

Se analizaron 4 grupos experimentales:

**Grupo 1:** Coca Cola® + American Orthodontic® (12 especímenes)

**Grupo 2:** Inca Kola® + American Orthodontic® (12 especímenes)

**Grupo 3:** Kola Real® + American Orthodontic® (12 especímenes)

**Grupo 4:** Agua destilada + American Orthodontic® (12 especímenes)

### **VI.3. Criterios de selección:**

- Cadenas elastoméricas de tramo cerrado.
- Cadenas elastoméricas transparente.
- Cadenas elastoméricas con memoria.
- Cadenas elastoméricas sin fallas de fabricación.

### **VI.4. Variables**

#### **VARIABLE INDEPENDIENTE**

- **Sustancias de Inmersión**

Definición conceptual: solución que puede o no producir alteración en las fuerzas de las cadenas elastoméricas.

Definición operacional: sustancias con las que se realizarán los ciclos de inmersión.

Indicadores: marca comercial.

Tipo y escala de medición: cualitativa, nominal.

Valores: Coca Cola® (control positivo), agua destilada (control negativo), Inka Cola® y Kola Real® (sustancias experimentales).

## **VARIABLE DEPENDIENTE**

- **Degradación de fuerzas**

Definición conceptual: pérdida de fuerzas debido a la ruptura de las estructuras moleculares.

Definición operacional: pérdida de fuerzas a través del tiempo por acción de las sustancias de inmersión.

Indicadores: máquina universal de ensayos.

Tipo y escala de medición: cuantitativa continua, de razón.

Valores: gf

## **COVARIABLE**

- **Tiempo**

Definición conceptual: intervalo de tiempo necesario para completar un ciclo.

Definición operacional: período en el que transcurre cada toma de datos en el estudio.

Indicadores: periodo en el que se registrará la degradación de las fuerzas.

Tipo y escala de medición: cualitativo nominal.

Valores: T0 = inicial, T1 = 1 día, T7 = 7 días, T14 = 14 días, T21 = 21 días y T28 = 28 días.



## **Operacionalización de variables (Anexo 2)**

### **VI.5. Técnicas y procedimientos**

#### **a) Autorizaciones y coordinaciones.**

Previo a la ejecución del estudio, se solicitó mediante una carta de presentación el permiso correspondiente para el uso de la máquina universal de ensayos y estufa en las instalaciones del laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) (**Anexo 3**), del mismo modo se solicitó la preparación de saliva artificial al Laboratorio de Química de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) (**Anexo 4**) y para el uso del pH-metro se hicieron las coordinaciones con el laboratorio de biología de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

#### **b) Prueba piloto**

Con el fin de perfeccionar los procedimientos y la viabilidad de los mismos se realizó una prueba piloto con el 10% de la muestra total dispuesta en el artículo base,<sup>27</sup> es decir se trabajó con tres cadenas elastoméricas por cada grupo experimental. Por otro lado, como parte de la prueba piloto se realizó la capacitación en el uso de la máquina universal de ensayos para la evaluación de la degradación de las fuerzas los especímenes en el laboratorio de materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), la que consistió en el majeo del software Test Xpert II – V3.5 y estuvo a cargo de un especialista en el uso de este equipo.

Asimismo, con la finalidad de determinar el tamaño muestral, verificar la disponibilidad de las unidades de estudio para la recolección de datos y la calibración de los equipos.

### **c) Preparación de la plantilla personalizada**

Se confeccionaron cuatro bases acrílicas transparente de autocurado Vitacryl (New Stetic, Bogotá, Colombia) de 62 mm de largo, 30 mm de ancho y 15 mm de espesor. En cada una de ellas se realizaron perforaciones con 5 mm de separación entre ellas. Estas perforaciones tuvieron una profundidad de 5 mm realizados con una fresa redonda multilaminada de carburo (Bush, Deutschland, Alemania) para insertar pines metálicos de 15 mm de alto confeccionados con alambre ortodóncico de acero inoxidable redondo (Morelli, Sorocaba, Brasil) de 1.2 mm de diámetro y fijados dentro de las perforaciones con acrílico de autocurado transparente;<sup>17</sup> los cuales mantuvieran las muestras de cadenas elastoméricas traccionadas a una distancia de 23.5 mm,<sup>27</sup> con el objetivo de analizar la degradación de fuerza a causa de un estiramiento constante en los intervalos de tiempo establecidos para el estudio. **(Anexo 5)**

### **d) Preparación de las muestras y verificación de los criterios de selección**

Las muestras fueron preparadas a partir de la cadena elastomérica de tramo cerrado con memoria transparente (American Orthodontic®, Sheboygan, Estados Unidos), la cual fue adquirida del distribuidor de la misma marca en el Perú, luego de realizada la compra se procedió a realizar la verificación de la ausencia de fallas y homogeneidad de la superficie.

Se confeccionaron 48 muestras a partir de las cadenas elastoméricas con un tramo de siete eslabones de la marca American Orthodontic®, los cuales fueron cortados con una tijera de mayo recta (Surgimax, Sialkot, Pakistán), cada uno de estos segmentos fueron colocados en las plantillas personalizadas con la ayuda una pinza Mathieu (Ortho Classic, Oregón, USA).

Se formaron 4 grupos a los que se les asignaron 12 muestras de cadenas elastoméricas para el desarrollo para la investigación en forma aleatoria. (**Anexo 6**)

#### **e) Medición del pH de las sustancias de inmersión**

Las sustancias de inmersión fueron: Inca Kola®, Coca Cola® y Kola Real® y agua destilada.

La medición del pH de las sustancias se realizó con un antes de iniciar los ciclos de inmersión, con un pH-metro (Metrohm 827, Herisau, Suiza), previa calibración del sensor. Obteniendo como resultados para la Inca Kola (3.38), Coca Cola (2.67) y Kola Real (2.69) y agua destilada (7.00). (**Anexo 7**)

#### **f) Almacenamiento de las muestras**

Las muestras fueron sumergidas en diferentes envases de plástico debidamente rotulados con 200 ml de saliva artificial cada uno, cuya fórmula fue  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (25 mm) 100 ml +  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (24 mm) 100 ml +  $\text{KHCO}_3$  (150 mm) 100 ml + NaCl (1.0 mm) 100 ml +  $\text{MgCl}_2$  (0.15 mm) 100 ml +  $\text{CaCl}_2$  (1.5 mm) 100 ml + Citric

acid (0,002 mM) 6 ml<sup>8</sup>, con un pH de 7, la saliva fue cambiada cada 24 horas, asimismo los envases fueron colocados en una estufa (Pricision modelo IN110 – Memmert, Schwabach, Alemania) del laboratorio de materiales de la PUCP, la cual se mantuvo a 37 °C durante todo el período del estudio. (**Anexo 8**)

#### **g) Evaluación de la degradación de las fuerzas**

Las mediciones de la degradación de las fuerzas se realizaron con la máquina universal de ensayos (Zwick, Ulm, Alemania) del laboratorio de materiales de la PUCP, las medidas fueron registradas con la ayuda del software Test Xpert II – V 3.5. Antes de iniciar el estudio, el sensor de fuerza se calibró, para garantizar la óptima calidad del instrumento, después de cada medición, el probador de la fuerza que se restableció a una lectura de cero antes de tomar la siguiente medida. A la vez se verificó la sujeción a las mordazas y la colocación de un aditamento en las porciones distales dando inicio al ensayo, donde se empleó una velocidad constante de 0.5 mm/s (programado antes en el software) para que las cadenas elastoméricas fueran sometidos a tracción y luego se tomó la lectura de la medición al alcanzar una longitud de 23.5 mm.<sup>27</sup>

Para realizar las mediciones se colocaron las muestras en un aditamento dejando un eslabón a cada extremo de la cadena elastomérica asegurado en el dispositivo de fijación en cada extremo del probador de fuerza, lo que permitió la medición de la fuerza. Las cadenas elastoméricas se colocaron por la investigadora y todas las lecturas de la fuerza fueron realizadas por el ingeniero a cargo de la máquina de universal de ensayos del laboratorio de materiales de la PUCP. Todas las cadenas

se manipularon y se midieron de la misma forma y a la misma distancia para asegurar mediciones consistentes.

La primera medición (Tiempo 0) se realizó antes de colocar las especímenes en las plantillas, después de este procedimiento estas fueron sumergidas en saliva artificial y se realizaron los ciclos de inmersión respectivos, las demás mediciones se realizaron en los siguientes tiempos: 1 día, 7, 14, 21 y 28 días respectivamente, siguiendo los mismos procedimientos descritos previamente. Este estudio siguió las normas para la prueba de los auxiliares elastoméricos ortodóncicos (International Organization for Standardization 21606-2007) descritos en el estudio de Pithon *et al.*<sup>27</sup>

La degradación de las fuerzas fue registrada utilizando la unidad de medida gramo-fuerza (gf). (**Anexo 9**)

#### **h) Inmersión de las sustancias**

Se formaron 4 grupos: Coca Cola® (The Coca-Cola Company, Lima, Perú), Inca Kola® (Corporación Lindley Coca Cola Company, Lima, Perú) y Kola Real® (AJEGROUP, Lima, Perú) a los que se les asignó 12 muestras de cadenas elastoméricas en forma aleatoria.

**Grupo 1** (Coca Cola® + American Orthodontic®), todas las bebidas carbonatadas de la marca Coca Cola® fueron del lote 086505174 y tuvieron como fecha de vencimiento 26/12/15. Las muestras fueron colocadas en la plantilla personalizada designada aleatoriamente para este grupo y se sumergieron en 150 ml de con un

pH de 2.67, a temperatura ambiente con un tiempo de inmersión de 15 minutos dos veces por día con un intervalo de 5 horas.

**Grupo 2** (Inka Cola® + American Orthodontic®), todas las bebidas carbonatadas de la marca Inka Cola® fueron del lote 0775060322 y tuvieron como fecha de vencimiento 21/12/15. Las muestras fueron colocadas en la plantilla personalizada designada aleatoriamente para este grupo y se sumergieron en 150 ml de con un pH de 3.38, a temperatura ambiente con un tiempo de inmersión de 15 minutos dos veces por día con un intervalo de 5 horas.

**Grupo 3** (Kola Real® + American Orthodontic®), todas las bebidas carbonatadas de la marca Kola Real® fueron del lote 5007629 y tuvieron como fecha de vencimiento 10/12/15. Las muestras fueron colocadas en la plantilla personalizada designada aleatoriamente para este grupo y se sumergieron en 150 ml de con un pH de 2.69, a temperatura ambiente con un tiempo de inmersión de 15 minutos dos veces por día con un intervalo de 5 horas.

**Grupo 4** (Agua destilada + American Orthodontic®), las muestras fueron colocadas en la plantilla personalizada designada aleatoriamente para este grupo y se sumergieron en 150 ml de agua destilada con un pH de 7, a temperatura ambiente con un tiempo de inmersión de 15 minutos dos veces por día con un intervalo de 5 horas.

Para el protocolo del tiempo de inmersión de las bebidas carbonatadas se siguió el adoptado en el estudio de Teixeira *et al*<sup>31</sup> (en el cual observaron a 5 personas para determinar el tiempo que les tomaba beber una lata de Coca Cola® y de esta forma poder estandarizar) y Van Eygen *et al*.<sup>32</sup>

Se repitieron estos ensayos durante los 28 días del experimento. Después de realizar los ciclos de inmersión las muestras permanecieron en saliva artificial a 37°C, almacenadas en su respectivo envase.

Para cada inmersión se usó una bebida carbonatada nueva a temperatura ambiente (23°C), para asegurarnos de la desaparición de cualquier residuo, una vez transcurrido el periodo de inmersión las muestras fueron lavadas con agua destilada y secada con papel absorbente, para que inmediatamente se realicen las pruebas de ensayo. (**Anexo 10**)

El control de la temperatura y los tiempos de los ciclos de inmersión fueron realizados con un termo-higrómetro HTC-8 (Boeco, Hamburgo, Alemania).

#### **i) Observación de las muestras en el Microscopio electrónico de barrido**

Una vez realizadas y registradas las mediciones; se seleccionó de forma aleatoria una muestra de cadena elastomérica de cada grupo después de haber sido sometidas a los ciclos de inmersión con cada bebida durante los 28 días de y una muestra intacta (libre de los ciclos de inmersión), las cuales fueron llevadas al

Sputtering Q150R ES (Quorum, Eastbourne, Inglaterra) para realizar la pulverización catódica de 20 n.

Luego se procedió a analizar la degradación de cada muestra el microscopio electrónico de barrido Quanta 650(Fei, Oregon, USA) para valorar la caracterización de la superficie de las muestras de cadenas elastoméricas, se realizaron tomas con un magnitud de (x16000) y longitud de trabajo (10 mm).

**(Anexo 11)**

#### **VI.6. Plan de análisis**

Una vez obtenidos los resultados se realizó la tabulación de los datos recolectados en el programa Microsoft Excel 2013 para luego ser analizados en el programa SPSS Versión 22.

Cada grupo de cadenas elastoméricas y su respectiva sustancia de inmersión fueron sometidos a la prueba de normalidad para ver la distribución de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk y se encontró ( $p > 0.05$ ) para todos los grupos, por lo que se usó pruebas estadísticas paramétricas.

Se realizó un análisis univariado mediante los cálculos de la media y la desviación estándar.



Para hallar la diferencia y comparar los valores promedio de la degradación de las fuerzas sometidas a las respectivas sustancias de inmersión de las cadenas elastoméricas en los diferentes tiempos se utilizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación múltiple la prueba de Tukey.

La significancia utilizada fue de ( $p < 0.05$ ).

#### **VI.7. Consideraciones éticas**

Se solicitó la revisión del proyecto al Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y se le otorgó la exoneración por tratarse de un trabajo experimental *In Vitro* (**Anexo 12**).

## VII. RESULTADOS

El presente estudio se basó en la evaluación de 48 segmentos de cadenas elastoméricas de tramo corto y transparente de la marca American Orthodontic®, distribuidos aleatoriamente en grupos de estudio en relación a las sustancias de inmersión: Coca Cola®; Inca Kola®; Kola Real® y agua destilada (grupo control). Cada grupo contenía doce especímenes.

Los valores promedio y las desviaciones estándar de la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® de cada grupo en los diferentes intervalos de tiempo, se reportan en la tabla N 1. En el T0 (tiempo inicial) se observa que para el grupo de la Coca Cola® es 465.73 gf, Inca Kola® es 465.05 gf, Kola Real® es 467.97 gf y agua destilada es 471.98, en los demás tiempos podemos observar diferentes valores en relación a la sustancia a la que fueron sometidos, en el T1 (a las 24 horas) vemos que la menor degradación de la fuerza se dio en el grupo agua destilada con 304.59 gf y la mayor degradación de la fuerza se dio en el grupo Inca Kola® con 244.65 gf, en el T7 (a los 7 días) vemos que la menor degradación de la fuerza se dio en el grupo agua destilada con 281.05 gf y la mayor degradación de la fuerza se dio en el grupo Inca Kola® con 208.85 gf, en el T14 (a los 14 días) se observa que la menor degradación de la fuerza se dio en el grupo agua destilada con 275.57 gf y la mayor degradación de la fuerza se dio en el grupo Inca Kola® con 204.64 gf, en el T21 (a los 21 días) se observa que la menor degradación de la fuerza se dio en el grupo agua destilada con 260.75 gf y la mayor degradación de la fuerza se dio en el grupo Inca Kola® con 193.85 gf y finalmente en el T28 (a los 28 días) podemos observar que la

menor degradación de la fuerza se dio en el grupo agua destilada con 257.34 gf y la mayor degradación de la fuerza se dio en el grupo Inca Kola® con 188.56 gf.

La prueba de ANOVA demostró que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) al comparar los valores promedio de las fuerzas de las cadenas elastoméricas expuestas a Coca Cola® al comparar el grupo del T0 y T1 ( $p < 0.01$ ), T1 y T7 ( $p < 0.01$ ), T0 y los demás grupos de tiempos ( $p < 0.01$ ), T1 y los demás grupos de tiempos ( $p < 0.01$ ), T7 y T28 ( $p < 0.01$ ) y finalmente T14 y T28 ( $p < 0.01$ ), tal como se muestra en la tabla N 2, interpretando que la mayor degradación de fuerzas se da en los dos primeros tiempos (T1 y T7) y en los siguientes tiempos también existe degradación pero es menor y no es significativa. Además en la tabla N 2, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el grupo de la Inca Kola®; al comparar los tiempos T0 y T1 ( $p < 0.01$ ), T1 y T7 ( $p < 0.01$ ), T0 y los demás tiempos ( $p < 0.01$ ), T1 y los demás tiempos ( $p < 0.01$ ), T7 y T21 ( $p = 0.03$ ), T7 y T28 ( $p = 0.01$ ) y finalmente T14 y T28 ( $p = 0.04$ ), interpretando que la mayor degradación de fuerzas se da en los dos primeros tiempos (T1 y T7) y en los siguientes tiempos también existe degradación pero es menor y no es significativa.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el grupo de la Kola Real®; al comparar los tiempos T0 y T1 ( $p < 0.01$ ), T1 y T7 ( $p < 0.01$ ), T0 y los demás tiempos ( $p < 0.01$ ), T1 y los demás tiempos ( $p < 0.01$ ), T7 y T21 ( $p = 0.01$ ), T7 y T28 ( $p < 0.01$ ) y finalmente T14 y T28 ( $p = 0.02$ ), interpretando que la mayor degradación de fuerzas se da en los dos primeros tiempos (T1 y T7) y en los

siguientes tiempos también existe degradación pero es menor y no es significativa mostradas en la tabla N 2.

A la vez en la tabla N 2, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el grupo del agua destilada; al comparar los tiempos T0 y T1 ( $p < 0.01$ ), T1 y T7 ( $p < 0.01$ ), T0 y los demás tiempos ( $p < 0.01$ ), T1 y los demás tiempos ( $p < 0.01$ ), T7 y T21 ( $p = 0.03$ ), T7 y T28 ( $p = 0.01$ ) y finalmente T14 y T28 ( $p = 0.03$ ), interpretando que la mayor degradación de fuerzas se da en los dos primeros tiempos (T1 y T7) y en los siguientes tiempos también existe degradación pero es menor y no es significativa.

Finalmente en la tabla N 2, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) al comparar los grupos en relación a los tiempos, observando que entre T0 y T1 en todos los grupos ( $p < 0.01$ ); T1 y T7 en todos los grupos ( $p < 0.01$ ); T7 y T21 en todos los grupos ( $p < 0.05$ ), excepto en el grupo de la Coca Cola®; T7 y T28 en todos los grupos ( $p < 0.05$ ) y finalmente T14 y T28 ( $p < 0.05$ ), interpretando que la mayor degradación de fuerzas se da en los dos primeros tiempos (T1 y T7) en los siguientes tiempos también existe degradación pero es menor y no es significativa, observando que el comportamiento de las cadenas elastoméricas es similar en todos los grupos.

En la tabla N 3, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) al comparar los grupos en relación a las sustancias de inmersión, observando que en el T1 entre el grupo de la Coca Cola® y la Inka Kola® ( $p = 0.01$ ), Coca Cola® y el

agua destilada ( $p < 0.01$ ), Inka Kola® y Kola Real® ( $p = 0.01$ ), Inka Kola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Kola Real® y agua destilada ( $p < 0.01$ ); en el T7 al comparar el grupo de la Coca Cola® y la Inka Kola® ( $p < 0.01$ ), Coca Cola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Inka Kola® y Kola Real® ( $p < 0.01$ ), Inka Kola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Kola Real® y agua destilada ( $p < 0.01$ ); en el T14 al comparar el grupo de la Coca Cola® y la Inka Kola® ( $p < 0.01$ ), Coca Cola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Inka Kola® y Kola Real® ( $p < 0.01$ ), Inka Kola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Kola Real® y agua destilada ( $p < 0.01$ ); en el T21 al comparar el grupo de la Coca Cola® y la Inka Kola® ( $p < 0.01$ ), Coca Cola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Inka Kola® y Kola Real® ( $p = 0.01$ ), Inka Kola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Kola Real® y agua destilada ( $p < 0.01$ ); y finalmente en el T28 al comparar el grupo de la Coca Cola® y la Inka Kola® ( $p < 0.01$ ), Coca Cola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Inka Kola® y Kola Real® ( $p = 0.01$ ), Inka Kola® y el agua destilada ( $p < 0.01$ ), Kola Real® y agua destilada ( $p < 0.01$ ), interpretando que la degradación de fuerzas del grupo de Coca Cola® y Kola Real® es similar y no existe diferencia estadísticamente significativa.

En el Gráfico N 1, se muestra la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a bebidas carbonatadas: Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada a los T0, T1, T7, T14, T21, y T28 días, al comparar se encontró que el grupo de la Inca Kola® es el que muestra la mayor degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas, el grupo de Coca Cola® y la Kola Real® tienen curvas de tendencias similares, aunque en el grupo de la Kola Real® se observa una mayor degradación de las fuerzas pero no

existe diferencia estadísticamente significativa y finalmente se observa que entre la curva del agua destilada (grupo control) y las curvas de los grupos de la Coca Cola®, Inka Cola® y Kola existe diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en todos los tiempos, sin embargo también se observa degradación de las fuerzas en las cadenas elastoméricas pero en menor proporción. Por lo tanto se interpretaría que las bebidas carbonatadas poseen mayor potencial para degradar las fuerzas de las cadenas elastoméricas evaluadas en los diferentes tiempos.

**Tabla N 1.** Degradación de las fuerzas en las cadenas elastoméricas evaluadas en los seis intervalos de tiempo.

<b>Tiempo</b>	<b>Coca Cola®</b>		<b>Inka Kola®</b>		<b>Kola Real®</b>		<b>Agua destilada</b>	
	<b>X</b>	<b>D.E.</b>	<b>X</b>	<b>D.E.</b>	<b>X</b>	<b>D.E.</b>	<b>X</b>	<b>D.E.</b>
T0	465.73	5.13	465.05	2.85	467.97	1.91	471.98	3.07
T1	267.72	9.87	244.65	16.68	267.47	12.49	304.59	14.61
T7	241.91	10.77	208.85	12.39	234.57	5.57	281.05	18.82
T14	235.42	9.51	204.64	9.87	228.52	6	275.57	20.03
T21	231.28	13.44	193.85	11.23	221.91	6.14	260.75	13.14
T28	222.09	8.88	188.56	11.2	215.86	9.57	257.34	18.55

X: Promedio

D.E.: Desviación estándar

gf: gramo-fuerza

**Tabla N 2.** Comparación la degradación de fuerzas (gf) de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuestas a bebidas carbonatadas: Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada evaluadas en los seis intervalos de tiempo: 0 (inicial), 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días.

	<b>Coca Cola®</b>	<b>p</b>	<b>Inka Kola®</b>	<b>p</b>	<b>Kola Real®</b>	<b>p</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>p</b>
T0	465.73 (5.13)	T1(<0.01)	465.05 (2.85)	T1(<0.01)	467.97 (1.91)	T1(<0.01)	471.98 (3.07)	T1(<0.01)
		T7(<0.01)		T7(<0.01)		T7(<0.01)		T7(<0.01)
		T14(<0.01)		T14(<0.01)		T14(<0.01)		T14(<0.01)
		T21(<0.01)		T21(<0.01)		T21(<0.01)		T21(<0.01)
		T28(<0.01)		T28(<0.01)		T28(<0.01)		T28(<0.01)
T1	267.72 (9.87)	T7(<0.01)	244.65 (16.68)	T7(<0.01)	267.47 (12.49)	T7(<0.01)	304.59 (14.61)	T7(<0.01)
		T14(<0.01)		T14(<0.01)		T14(<0.01)		T14(<0.01)
		T21(<0.01)		T21(<0.01)		T21(<0.01)		T21(<0.01)
		T28(<0.01)		T28(<0.01)		T28(<0.01)		T28(<0.01)
T7	241.91 (10.77)	T14(0.59)	208.85 (12.39)	T14(0.95)	234.57 (5.57)	T14(0.39)	281.05 (18.82)	T14(0.96)
		T21(0.11)		T21(0.03)		T21(0.01)		T21(0.03)
		T28(<0.01)		T28(0.01)		T28(<0.01)		T28(0.01)
T14	235.42 (9.51)	T21(0.91)	204.64 (9.87)	T21(0.21)	228.52 (6.00)	T21(0.30)	275.57 (20.03)	T21(0.21)
		T28(0.02)		T28(0.04)		T28(0.02)		T28(0.03)
T21	231.28 (13.44)	T28(0.23)	193.85 (11.23)	T28(0.87)	221.91 (6.14)	T28(0.39)	260.75 (13.14)	T28(0.95)
T28	222.09 (8.88)		188.56 (11.2)		215.86 (9.57)		257.34 (18.55)	

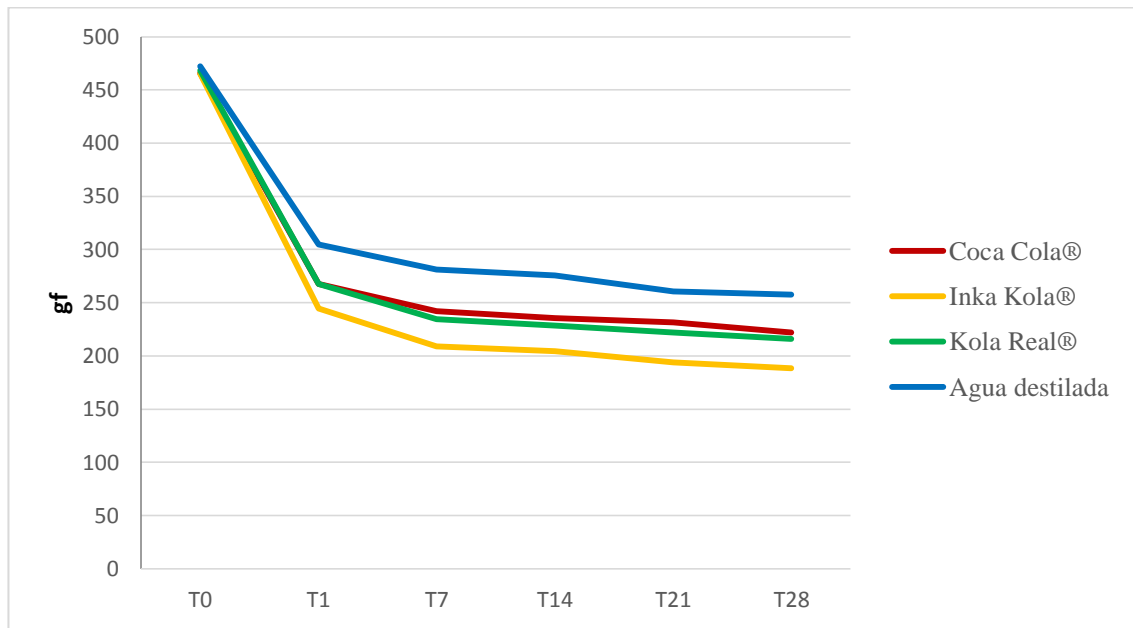
ANOVA (p<0.05)



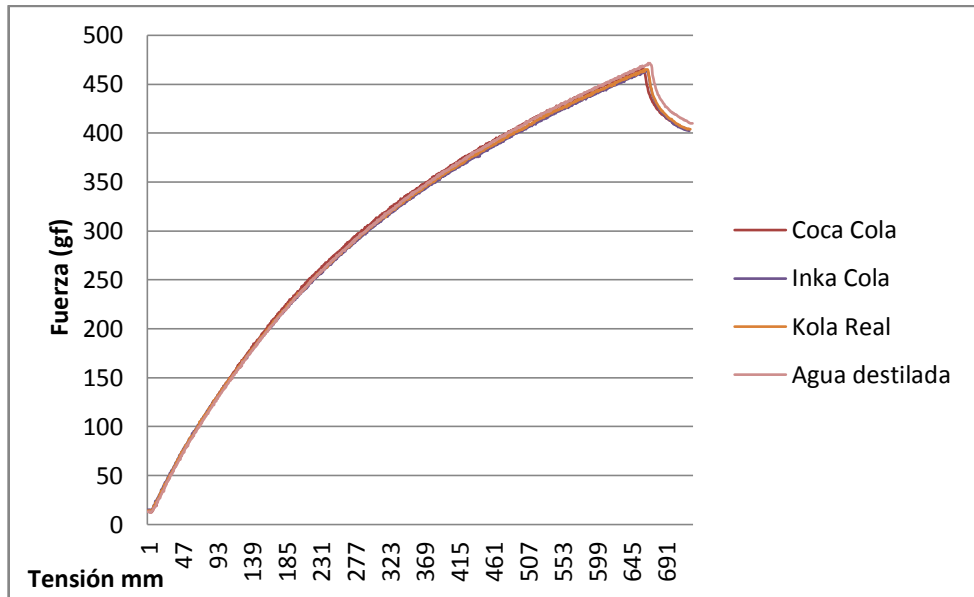
**Tabla N 3.** Comparación de las fuerzas entre cada bebida carbonatada y control, por cada intervalo de tiempo.

<b>Sustancia</b>	T0	T1	T7	T14	T21	T28
	P	P	P	P	P	p
<b>Coca Cola</b>	Inka Cola (0.96)	Inka Cola (0.01)	Inka Cola (<0.01)	Inka Cola (<0.01)	Inka Cola (<0.01)	Inka Cola (<0.01)
	Kola Real (0.39)	Kola Real (1.00)	Kola Real (0.50)	Kola Real (0.54)	Kola Real (0.19)	Kola Real (0.63)
	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)
<b>Inka Cola</b>	Kola Real (0.18)	Kola Real (0.01)	Kola Real (<0.01)	Kola Real (<0.01)	Kola Real (0.01)	Kola Real (0.01)
	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)
	Agua destilada (0.03)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)	Agua destilada (<0.01)
<b>Kola Real</b>	(0.03)	(<0.01)	(<0.01)	(<0.01)	(<0.01)	(<0.01)

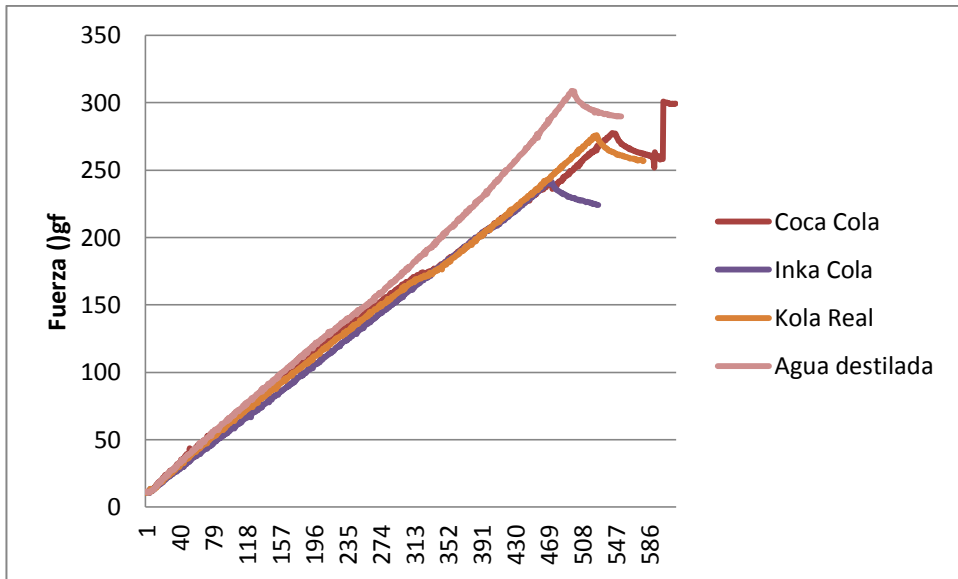
ANOVA (p<0.05)



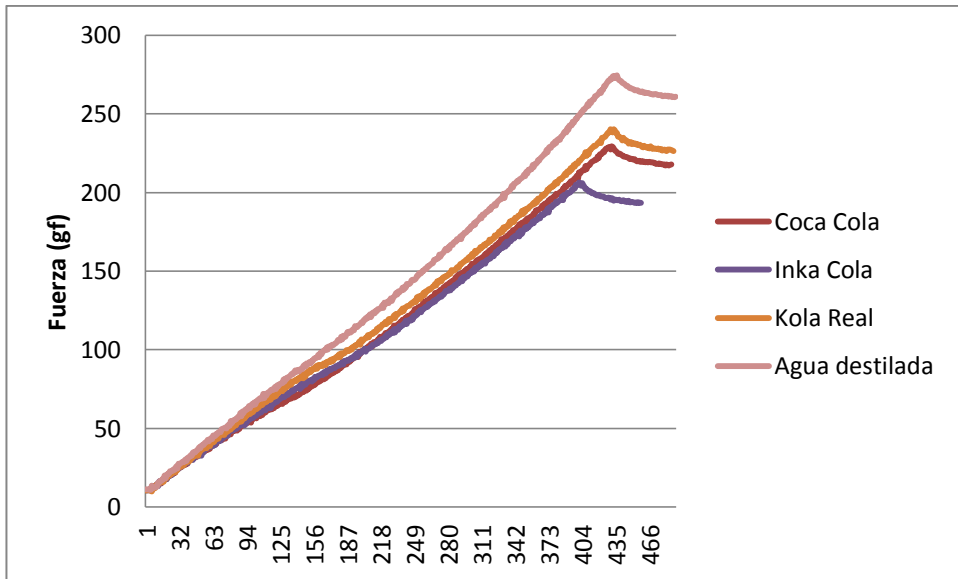
**Gráfico 1.** Degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada en seis intervalos de tiempo (inicial, 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días).



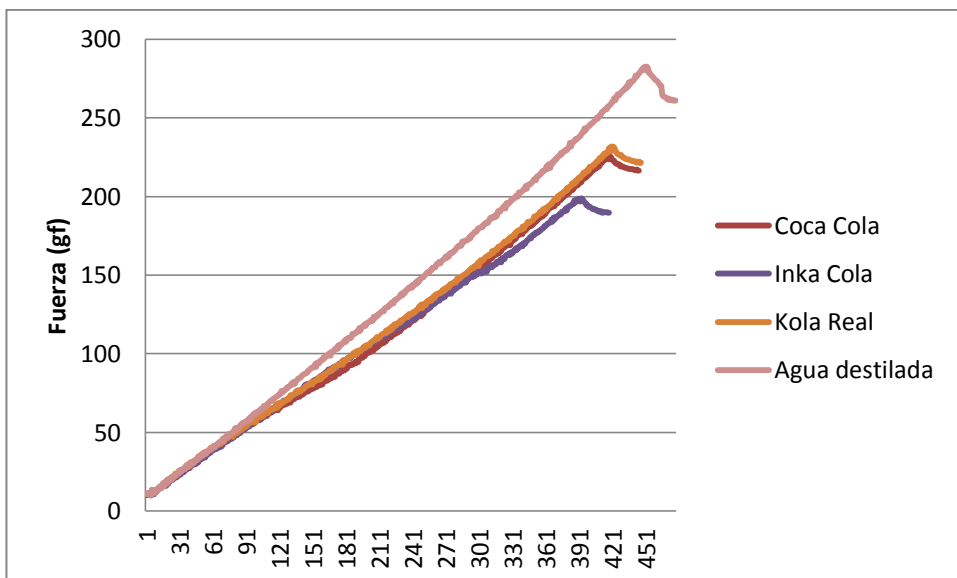
**Gráfico 2.** Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 0.



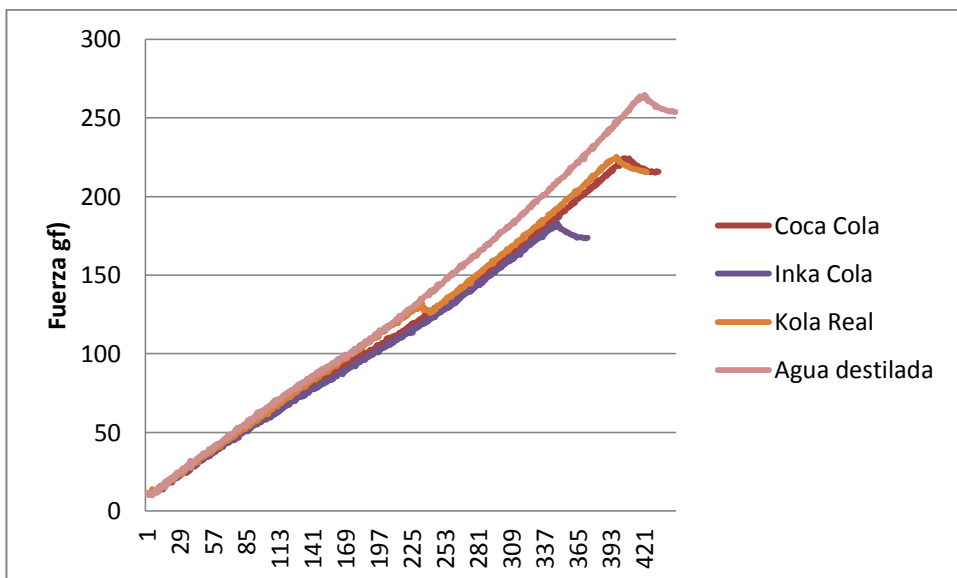
**Gráfico 3.** Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 1.



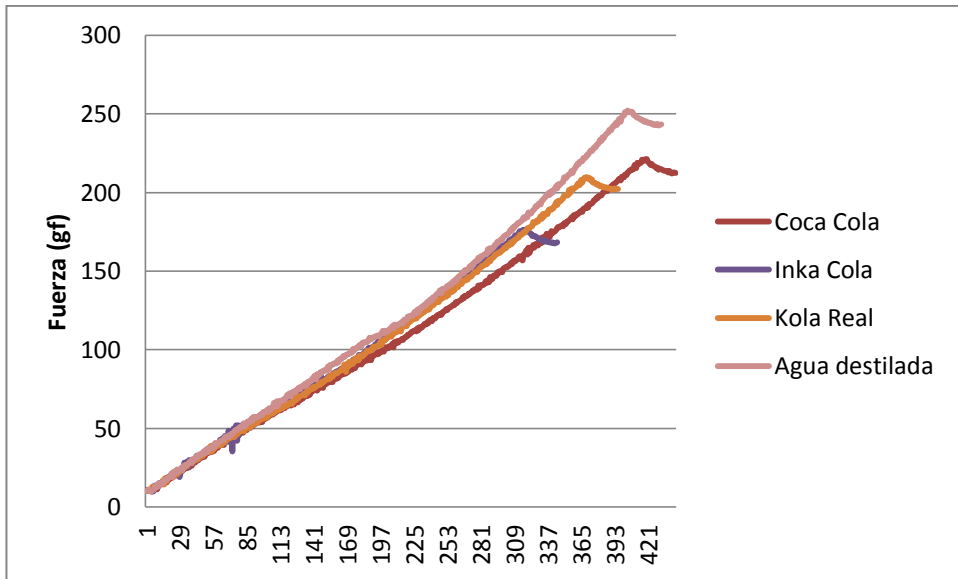
**Gráfico 4.** Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 7.



**Gráfico 5.** Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 14.



**Gráfico 6.** Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola ®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 21.



**Gráfico 7.** Fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® expuesta a bebida carbonatada Coca Cola®, Inka Kola®, Kola Real® y agua destilada en el tiempo 28.



## VIII. DISCUSIÓN

Las cadenas elastoméricas son ampliamente utilizadas durante el tratamiento de ortodoncia,<sup>2</sup> sus aplicaciones clínicas son, entre las más frecuentes: el cierre de espacios, distalización de caninos, corrección de rotaciones, discrepancias de línea media, tracción ortodóntica de dientes impactados, desviaciones de línea media, soportes de fijación del arco a los brackets, y como sustituto de las ligaduras metálicas.<sup>4</sup> A estos materiales se le han atribuido múltiples ventajas de uso como la facilidad de colocación, higiénicas, económicas y no requieren la cooperación del paciente. Sin embargo, las fuerzas liberadas por estos materiales son inestables y se alteran con el tiempo; éste proceso es denominado degradación de fuerzas,<sup>16</sup> el cual se asocia a múltiples factores propios del material, el medio oral y medio ambiente.<sup>3,4,5,9,10,14</sup>

Existen múltiples estudios que han tratado de relacionar los factores que contribuyen a la degradación de las fuerzas, tales como el pre-estiramiento, velocidad y cantidad de estiramiento, medio ambiente oral, saliva, enzimas, cambios en el pH, exposición a la luz, aire, agua, oxidantes, alimentos, higiene química y la acción física de la masticación y cepillado de dientes, descritos en los estudios de Halimi *et al*,<sup>4</sup> Natrass *et al*,<sup>5</sup> Pithon *et al*,<sup>8</sup> Larrabee *et al*,<sup>9</sup> Kumar *et al*,<sup>10</sup> y Teixeira *et al*.<sup>31</sup>

En el presente estudio se evaluó *in vitro*, el efecto de las bebidas carbonatadas en la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas; las bebidas seleccionadas fueron las de mayor consumo en el Perú. Para la selección de las bebidas

carbonatadas se tomó en cuenta el estudio de mercado proporcionado por Datum Internacional,<sup>7</sup> el cual determina que las bebidas carbonatadas de mayor consumo en el Perú son: Inca Kola® (37%), Coca Cola® (25%) y Kola Real (10%). En general las bebidas carbonatadas contienen ingredientes como: agua carbonatada, azúcar, acidulantes, preservantes, saborizantes y colorantes; los cuales le otorgan sabor, efervescencia, acidez y color,<sup>24</sup> dentro de los procedimientos para la ejecución de la presente investigación se hizo el control del pH para determinar la acidez de cada bebida carbonatada con un pH-metro (Metrohm 827, Herisau, Suiza), previa calibración del sensor, obteniendo como resultado que el pH de la Coca Cola® fue 2.67; 3.38 para la Inca Kola®; 2.69 para la Kola Real®; y 7 para el agua destilada. El agua destilada fue utilizada como grupo control para el estudio, debido a que posee un pH neutro.

Las cadenas elastoméricas utilizadas en el estudio fueron transparentes, de tramo cerrado y con memoria (American Orthodontic, Sheboygan, USA). Estas cadenas fueron seleccionadas en base al estudio de Mirhashemi *et al*<sup>14</sup>, el cual señala que el comportamiento clínico de las cadenas elastoméricas con memoria fue favorable ya que las fuerzas que producen son más ligeras y continuas a comparación de las cadenas convencionales. La cadena que obtuvo mejores resultados en ese estudio fue American Orthodontic. Por otro lado, la cantidad de pre estiramiento que se realizó en este estudio fue dos veces la longitud original de acuerdo con los últimos estudios,<sup>2,14</sup> los resultados mostraron que los valores de fuerza iniciales fueron altos (Tabla 1), los cuales que podrían tener efectos biológicos adversos en la parte clínica.<sup>4</sup>

En el estudio se obtuvo como resultado que la degradación de fuerzas fue mayor cuando fueron expuestas a bebidas carbonatadas (grupos experimentales) en relación al agua destilada (grupo control) por tanto se acepta la hipótesis del estudio.

Los resultados en éste estudio mostraron la interacción de las cadenas elastoméricas con las bebidas carbonatadas de forma significativa en la pérdida de la fuerza. Se encontraron resultados similares en el estudio de Natras *et al*<sup>5</sup>, en su estudio se evaluó la influencia de tres factores ambientales en la degradación de la fuerza de las cadenas elastoméricas en un medio acuoso (Coca-Cola, medio rico en aditivos), con temperatura controlada en 10°C, 22°C, y 37°C. Todos los grupos influyeron en las cadenas elastoméricas, aunque la alta temperatura puede haber influido en los resultados. En el presente estudio, se utilizó la temperatura constante de 37°C, que corresponde a la temperatura del corporal y de esta forma simular las condiciones orales.

El efecto del consumo de las bebidas carbonatadas en odontología ha sido ampliamente investigado, siendo la Coca Cola® una de las más estudiadas por su alto consumo a nivel mundial, a la vez considerada un factor etiológico causante de la erosión dental debido a su acidez como lo mencionan Haghgou<sup>33</sup>, Karda<sup>34</sup>, Zimmer<sup>35</sup> y Yuan<sup>36</sup>; además, se le ha relacionado con la desintegración y disolución de los materiales de restauración como lo describen Khan<sup>37</sup>, Tanthanuch<sup>38</sup>, Bansal<sup>39</sup> y Pasha<sup>40</sup>; por otro lado se observó el efecto durante el

tratamiento de ortodoncia al favorecer la corrosión de los alambres de níquel titanio y como consecuencia afectar adversamente sus propiedades mecánicas según Yip<sup>41</sup>; y finalmente se estudió el efecto en la degradación de las fuerzas de las cadenas elastoméricas en el estudio de Teixeira *et al.*<sup>31</sup> y Kumar *et al.*<sup>10</sup>

El protocolo para la inmersión de las sustancias, fue adoptado del estudio de Teixeira *et al.*<sup>30</sup> basado en la observación a un grupo de personas para determinar el tiempo que necesitaban para beber una lata de Coca Cola Light en un día y de esta forma poder estandarizar los ciclos de inmersión, el tiempo promedio determinado fue de 15 minutos, el cual se aplicó dos veces por día con un intervalo de cinco horas durante los 28 días del estudio, el tiempo total de evaluación y la medición de las fuerzas en los seis intervalos de tiempo (inicial, 1 día, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días) fue determinado en relación a los estudios de evaluación de cadenas elastoméricas según Pithon *et al.*,<sup>27</sup> Larrabee *et al.*,<sup>9</sup> Kumar *et al.*,<sup>10</sup> y Halimi *et al.*<sup>27</sup>

Comúnmente, las consultas de ortodoncia se producen con intervalos de 2 a 4 semanas, cuando la cadena elastomérica es reemplazada. Por lo tanto, este es el sustento para el tiempo total de la evaluación del estudio,<sup>9,14,27</sup> así como en presente estudio.

De acuerdo con los resultados de este estudio, el valor promedio de la fuerza inicial de los grupos al extender las cadenas elastoméricas a 23.5 mm fueron de 465.05 gf a 471.98 gf, que son valores mayores a la fuerza ortodóncica ideal según el estudio de Ren *et al*<sup>1</sup> donde se concluyó que existe evidencia científica para recomendar el nivel de fuerza óptimo, sugiriendo que la magnitud de la fuerza necesaria para el movimiento de los caninos es de 100 a 300 gf, otros estudios sugieren que las magnitudes de fuerza ideales para el cierre del espacio es de 150 a 200 gf. Sin embargo en diferentes estudios se encontraron valores similares de fuerza inicial como en el presente estudio, por ejemplo en el estudio de Mirhashemi *et al*<sup>14</sup>, mientras que en el estudio de Weissheimer *et al*<sup>18</sup> los valores iniciales son menores.

Nuestros resultados revelaron que después de las 24 horas, se perdió el más alto porcentaje de fuerza en todos los grupos, sin embargo el que perdió mayor porcentaje de fuerza fue el grupo de la Inka Kola (47,39%), mientras que la pérdida de fuerza en el grupo de la Coca Cola fue 42.51%, para el grupo de la Kola Real (42.84%), observando que el porcentaje de pérdida de fuerzas en estos dos últimos grupos son muy similares, por otro lado para el grupo del agua destilada fue de 35.46%, los valores de pérdida de fuerza fueron parecidos a los indicados en estudios anteriores como en el estudio de Weissheimer *et al*<sup>18</sup>, Teixeira *et al*<sup>30</sup>, Pithon *et al*<sup>8</sup>; sin embargo en el estudio de Mirhashemi *et al* se observan porcentajes menores ya que las cadenas elastoméricas estuvieron sumergidas durante todo el estudio en agua destilada. Un patrón idéntico fue

observado en los diferentes tiempos de evaluación. A los 7 días el porcentaje de pérdida de fuerza para el grupo de la Inka Kola fue 55.09%,

Después de 4 semanas, la fuerza restante en relación con el valor original siguió el orden: Agua destilada, Coca Cola, Kola Real e Inka Kola. Estos resultados confirman que las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas carbonatadas pierden mayor fuerza. De acuerdo con la última medición de la fuerza (Tabla 1), la menor cantidad de fuerza fue del grupo Inka Kola ( $188.56 \pm 11.2$  gf), mientras que la más alta fue del grupo del agua destilada ( $257.34 \pm 18.55$  gf). Los valores más bajos de la fuerza de todas las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas carbonatadas (Tabla 1). Encontrando diferencia significativa entre los grupos de bebidas carbonatadas (Inka Kola, Coca Cola y Kola Real) y Agua destilada ( $p < 0.01$ ) en todos los tiempos. Además de encontraron diferencias significativas entre Coca Cola e Inka Kola ( $p < 0.01$ ), Kola real e Inka Kola ( $p < 0.01$ ), excepto entre Coca Cola y Kola Real ( $p = 0,63$ ) (Tabla 7). En la comparación entre los tiempos de evaluación fueron significativas en la mayoría de grupos (Tabla 6), excepto en al comparar los días 7 y 14, 14 y 21 y finalmente entre los días 21 y 28. Aunque todas las cadenas elastoméricas estudiadas se estiraron hasta la misma longitud, las magnitudes de fuerza entregada y los tiempos de inmersión a cada sustancia por grupo fueron las mismas. Se observa que la Inka Kola obtuvo los valores menores de fuerza (Tabla 1).

La bebida carbonatada que causo mayor degradación de fuerza fue la Inka Kola, considerada la bebida de mayor consumo en el Perú,<sup>11</sup> mientras que la Coca Cola y Kola Real produjeron menor degradación, pero ambas produjeron un efecto similar en las cadenas. Los principales ingredientes de la Inka Kola son el agua carbonatada, azúcar, acidulantes: ácido cítrico SIN 330, preservantes: benzoato de sodio SIN 211, cafeína, saborizantes y colorante: tartrazina SIN 102; por otro lado los ingredientes de la Coca Cola son agua carbonatada, azúcar, acidulante: ácido fosfórico SIN 338, colorante: color caramelo SIN 115d, saborizantes naturales y cafeína; y finalmente los ingredientes de la Kola Real son agua carbonatada, azúcar, aroma natural, colorante: color caramelo SIN 115d, regulador de la acidez (SIN 338), preservante (SIN 211) y cafeína. Los colorantes de la Coca Cola y Kola Real son iguales pero diferentes al de la Inka Kola, sin embargo los ácidos son diferentes en las tres bebidas.

La condición del medio ambiente también afecta el comportamiento de los productos elastoméricos. En este estudio, todas las muestras se mantuvieron en saliva artificial a 37° C y se realizaron inmersiones con las bebidas carbonatadas a temperatura ambiente (23°C). El efecto de la temperatura es importante. A medida que aumenta la temperatura, el estrés tensional se pronuncia más.<sup>3</sup>

La degradación de la fuerza experimentada por materiales elásticos sintéticos se incrementa significativamente cuando son sometidas a condiciones de humedad que cuando se mide en un ambiente seco. La exposición del elastómero al agua o

saliva determina un debilitamiento de las fuerzas intermoleculares, con absorción de agua, y en consecuencia la formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua y macromoléculas polímero<sup>2,14</sup>.

En el momento de la medición, todas las muestras fueron transferidas de las plantillas personalizadas a la maquina universal de ensayo; por lo tanto, las muestras se mantuvieron estiradas continuamente durante el período de prueba, evitando el fenómeno de la recuperación elástica, evitando resultados falsos.

Una limitación del estudio podría ser que las cadenas elastoméricas fueron retiradas de la plantilla personalizada en cinco ocasiones diferentes, lo que no ocurre clínicamente, y esto puede haber influenciado en los resultados. Sin embargo, la influencia de esta se minimiza ya que todos los grupos recibieron el mismo tratamiento.

Una de las fortalezas del estudio fue el cegado de las mediciones cuando se realizaron con la máquina universal de ensayos; por otro lado se estandarizaron todos los procedimientos para garantizar la objetividad de los resultados. Además se trataron de simular las condiciones orales, ya que las muestras estuvieron almacenadas a 37 °C durante los 28 días del estudio, el medio donde estuvieron almacenadas fue saliva artificial. Finalmente se trabajó bajo todas las condiciones de temperatura y protocolos de inmersión estandarizados.



## **IX. CONCLUSIONES**

1. La degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® estuvieron influenciadas significativamente por las bebidas carbonatadas Coca Cola®, Inca Kola® y Kola Real® en los diferentes tiempos: 24 horas (1 día), 7 días y 14 días.
2. La bebida carbonatada que causó mayor degradación de las fuerzas en las cadenas elastoméricas fue la Inka Cola®, probablemente alguno de los componentes de esta bebida sea el que cause mayor daño al material.
3. La mayor degradación de las fuerzas en todos los grupos se dio a las 24 horas (1 día).
4. Se obtuvo degradación de fuerzas en las cadenas elastoméricas hasta los 21 días.
5. Se recomiendan realizar estudios para evaluar el alargamiento permanente, la tenacidad, características estructurales y cambios de color de las cadenas elastoméricas.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod.* 2003;73(1):86-92.
2. Santos AC, Tortamano A, Naccarato SR, Dominguez-Rodriguez GC, Vigorito JW. An in vitro comparison of the force decay generated by different commercially available elastomeric chains and NiTi closed coil springs. *Braz Oral Res.* 2007;21(1):51-7.
3. Eliades T, Eliades G, Silikas N, Watts DC. Tensile properties of orthodontic elastomeric chains. *Eur J Orthod.* 2004; 26(2):157-62.
4. Halimi A, Benyahia H, Doukkali A, Azeroual MF, Zaoui F. A systematic review of force decay in orthodontic elastomeric power chains. *Int Orthod.* 2012;10(3):223-40.
5. Nattrass C, Ireland AJ, Sherriff M. The effect of environmental factors on elastomeric chain and nickel titanium coil springs. *Eur J Orthod.* 1998;20(2):169-76.
6. Yip HH, Wong RW, Hägg U. Complications of orthodontic treatment: are soft drinks a risk factor? *World J Orthod.* 2009;10(1):33-40.
7. Personalidad de una gaseosa, encuesta de Datum Internacional [en línea]. Lima; 2013. [fecha de acceso 20 de octubre del 2014] URL disponible en: <http://cdiserver.mba-sil.edu.pe/mbapage/BoletinesElectronicos/Estudios%20de%20mercado/gaseosa.pdf>
8. De Genova DC, McInnes-Ledoux P, Weinberg R, Shaye R. Force degradation of orthodontic elastomeric chains--a product comparison study. *Am J Orthod.* 1985;87(5):377-84.
9. Larrabee TM, Liu SS, Torres-Gorena A, Soto-Rojas A, Eckert GJ, Stewart KT. The effects of varying alcohol concentrations commonly found in mouth rinses on the force decay of elastomeric chain. *Angle Orthod.* 2012;82(5):894-9.
10. Memoria Anual Corporación Lindley 2013 [en línea]. Lima; 2013. [fecha de acceso 06 de octubre del 2014] URL disponible en: <http://www.bvl.com.pe/eeff/CI0001/20140318204103/MECI00012013AIA01.PDF>.
11. Kumar K, Shetty S, Krithika MJ, Cyriac B. Effect of commonly used beverage, soft drink, and mouthwash on force delivered by elastomeric chain: a comparative in vitro study. *J Int Oral Health.* 2014;6(3):7-10.
12. Kregiel D. Health safety of soft drinks: contents, containers, and microorganisms. *Biomed Res Int.* 2015:1-15.
13. Baty DL, Storie DJ, von Fraunhofer JA. Synthetic elastomeric chains: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(6):536-42.
14. Mirhashemi A, Saffarshahroudi A, Sodagar A, Atai M. Force-degradation pattern of six different orthodontic elastomeric chains. *J Dent (Tehran).* 2012;9(4):204-15.
15. Kenneth J. Phillips. *Ciencia de los materiales dentales.* 11 ed. Madrid: Elsevier; 2004.

16. Loriato B, Machado A, Pacheco W. Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em Ortodontia. *R Clin Ortodon Dental Press*. 2006;5(1):44-57.
17. Kochenborger C, Lopes da Silva D, Menezes E, Antunes D, Hahn L. Assessment of force decay in orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *Dental Press J Orthod*. 2011;16(6):93-9.
18. Weissheimer A, Locks A, de Menezes LM, Borgatto AF, Derech CD. In vitro evaluation of force degradation of elastomeric chains used in orthodontics. *Dental Press J Orthod*. 2013;18(1):55-62.
19. Ahmed I, Masouda B, Tsayc P, BeGoled E, Bedran-Russoe A. Force decay evaluation of thermoplastic and thermoset elastomeric chains: A mechanical design comparison. *Angle Orthod*. 2014;84:1026–1033.
20. Yagura D, Baggio P, Carreiro L, Takahashi R. Deformation of elastomeric chains related to the amount and time of stretching. *Dental Press J Orthod*. 2013;18(3):136-42.
21. Sui Z, Zheng M, Zhang M, Rangan A. Water and Beverage Consumption: Analysis of the Australian 2011-2012 National Nutrition and Physical Activity Survey. *Nutrients*. 2016;8(11):1-14.
22. Navarro R, Vicente A, Ortiz AJ, Bravo LA. The effects of two soft drinks on bond strength, bracket microleakage, and adhesive remnant on intact and sealed enamel. *Eur J Orthod*. 2011;33(1):60-5.
23. Sajadi SS, Eslami Amirabadi G, Sajadi S. Effects of two soft drinks on shear bond strength and adhesive remnant index of orthodontic metal brackets. *J Dent (Tehran)*. 2014;11(4):389-97.
24. Serrano Iglesias M, de Lourdes Samaniego Vaesken M, Varela Moreiras G. Composition and Nutrient Information of Non-Alcoholic Beverages in the Spanish Market: An Update. *Nutrients*. 2016;8(10):1-12.
25. Sepúlveda-Navarro WF, Arana-Correa BE, Borges CP, Jorge JH, Urban VM, Campanha NH. Color stability of resins and nylon as denture base material in beverages. *J Prosthodont*. 2011;20(8):632-8.
26. Neppelenbroek KH, Urban VM, de Oliveira DG, Porto VC, Almilhatti HJ, Campanha NH. Effect of potentially chromogenic beverages on shear bond strength of acrylic denture teeth to heat-polymerized denture base resins. *J Indian Prosthodont Soc*. 2016;16(3):271-5.
27. Pithon MM, Rodrigues AC, Sousa EL, Santos LP, Soares Ndos S. Do mouthwashes with and without bleaching agents degrade the force of elastomeric chains? *Angle Orthod*. 2013;83(4):712-7.
28. Halimi A, Azeroual MF, Doukkali A, El Mabrouk K, Zaoui F. Elastomeric chain force decay in artificial saliva: an in vitro study. *Int Orthod*. 2013; 11(1):60-70.
29. Aldrees AM, Al-Foraidi SA, Murayshed MS, Almoammar KA. Color stability and force decay of clear orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *Int Orthod*. 2015;13(3):287-301.
30. Pithon MM, Ferraz CS, Rosa FC, Rosa LP. Sterilizing elastomeric chains without losing mechanical properties. Is it possible? *Dental Press J Orthod*. 2015;20(3):96-100.
31. Teixeira L, Pereira Bdo R, Bortoly TG, Brancher JA, Tanaka OM, Guariza-Filho O. The environmental influence of Light Coke, phosphoric acid, and citric acid on elastomeric chains. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9(7):17-24.

32. Van Eygen I, Vannet BV, Wehrbein H. Influence of a soft drink with low pH on enamel surfaces: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;128(3):372-7.
33. Haghgou HR, Haghgoo R, Asdollah FM. Comparison of the microhardness of primary and permanent teeth after immersion in two types of carbonated beverages. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2016;6(4):344-8.
34. Karda B, Jindal R, Mahajan S, Sandhu S, Sharma S, Kaur R. To Analyse the Erosive Potential of Commercially Available Drinks on Dental Enamel and Various Tooth Coloured Restorative Materials - An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(5):117-21.
35. Zimmer S, Kirchner G, Bizhang M, Benedix M. Influence of various acidic beverages on tooth erosion. Evaluation by a new method. *PLoS One*. 2015;10(6):1-8.
36. Yuan M, Zhang Q, Gao XJ. Influence of Coca-Cola on early erosion and surface microhardness of human enamel: an in situ study. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2016;51(6):357-61.
37. Khan AA, Siddiqui AZ, Al-Kheraif AA, Zahid A, Divakar DD. Effect of different pH solvents on micro-hardness and surface topography of dental nano-composite: An in vitro analysis. *Pak J Med Sci*. 2015;31(4):854-9.
38. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Siriporananon C, Ornprasert N, Mettasitthikorn W, Likhitpreeda S, Waewsanga S. The effect of different beverages on surface hardness of nanohybrid resin composite and giomer. *J Conserv Dent*. 2014;17(3):261-5.
39. Bansal K, Acharya SR, Saraswathi V. Effect of alcoholic and non-alcoholic beverages on color stability and surface roughness of resin composites: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2012;15(3):283-8.
40. Pasha A, Sindhu D, Nayak RS, Mamatha J, Chaitra KR, Vishwakarma S. The Effect of Two Soft Drinks on Bracket Bond Strength and on Intact and Sealed Enamel: An In Vitro Study. *J Int Oral Health*. 2015;7(2):26-33.
41. Yip HH, Wong RW, Hägg U. Complications of orthodontic treatment: are soft drinks a risk factor? *World J Orthod*. 2009;10(1):33-40.

## **ANEXOS**

# Anexo 1

## CÁLCULO DE LA MUESTRA

The screenshot displays the 'Epidat' software interface. The title bar reads 'Epidat: programa para análisis epidemiológico de datos'. The menu bar includes 'Archivo', 'Edición', 'Módulos', 'Herramientas', 'Ventana', and 'Ayuda'. The toolbar contains icons for file operations and calculations. The main window is divided into three panes:

- Índice de cálculos:** Shows a list of calculation modules, with '[1] Tamaños de muestra. Media' selected.
- Módulos en uso:** Shows the active modules, with 'Media' checked.
- Resultados:** Displays the calculation results for '[1] Tamaños de muestra. Media:'.
  - Datos:**
    - Tamaño de la población: 9,999,999.999
    - Desviación est. esperada: 5,250
    - Nivel de confianza: 95,0%
    - Efecto de diseño: 1,0
  - Resultados:** A table showing the relationship between precision and sample size.

Precisión	Tamaño de la muestra
1,000	106
5,000	5

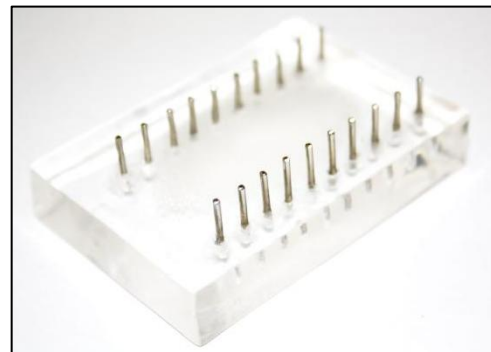
**Anexo 2**

**CUADRO OPERALIZACIÓN DE VARIABLES**

	<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>TIPO</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>	<b>VALORES O CATEGORÍAS</b>
VARIABLE DEPENDIENTE	Degradación de las fuerzas	Pérdida de fuerzas a través del tiempo por acción de las sustancias de inmersión.	Máquina universal de ensayos	CUANTITATIVA CONTINUA	De razón	gf
VARIABLE INDEPENDIENTE	Sustancias de Inmersión	Sustancias a las cuales serán expuestos los especímenes.	Marca comercial	CUALITATIVO	Nominal	Inka Cola® Coca Cola® (control positivo) Kola Real® Agua destilada (control negativo)
COVARIABLE	Tiempo	Período en el que transcurre cada toma de datos en el estudio.	Periodo de tiempo en el que realizara el estudio y se tomarán	CUALITATIVO	Ordinal	T0 = inicial T1 = 1 día T7 = 7 días T14 = 14 días T21 = 21 días T28 = 28 días

Anexo 5

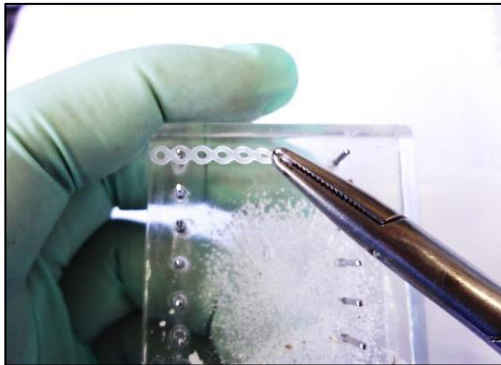
**PREPARACIÓN DE LA PLANTILLA PERSONALIZADA**





## Anexo 6

### PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS



Anexo 7

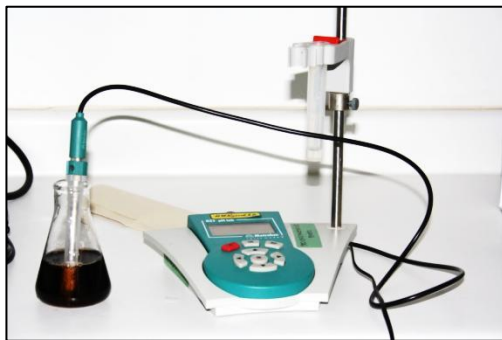
MEDICIÓN DEL PH DE LAS SUSTANCIAS DE INMERSIÓN



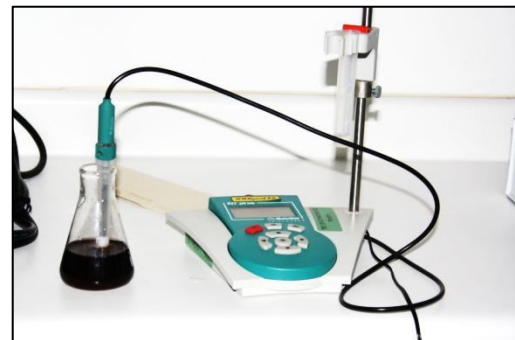
Agua destilada: pH (7.00)



Inca Kola: pH (3.38)



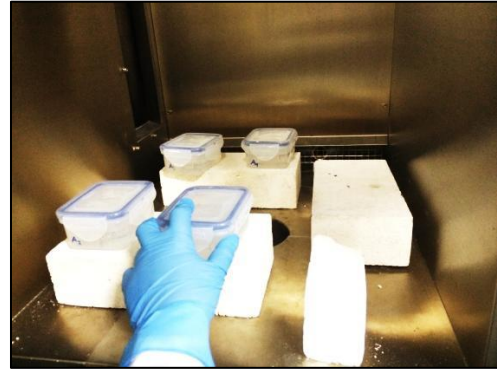
Coca Cola: pH (2.67)



Kola Real: pH (2.69)

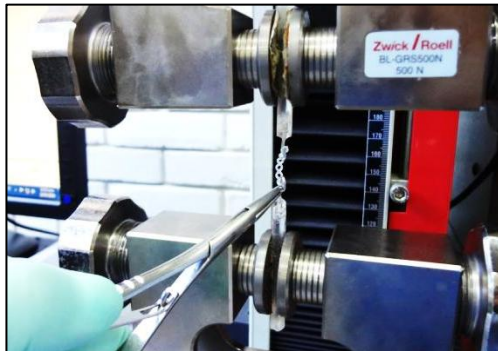
Anexo 8

ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS



Anexo 9

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LAS FUERZAS



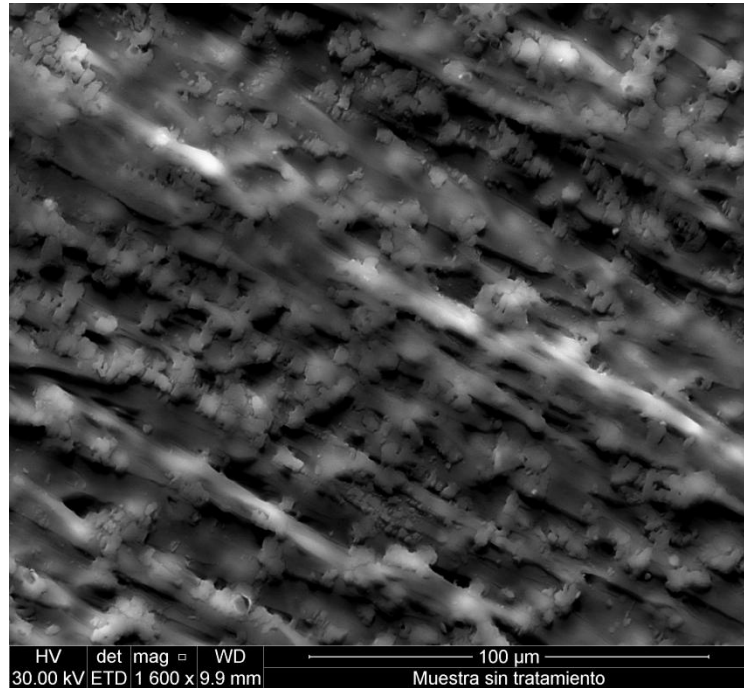
Anexo 10

INMERSIÓN DE LAS SUSTANCIAS

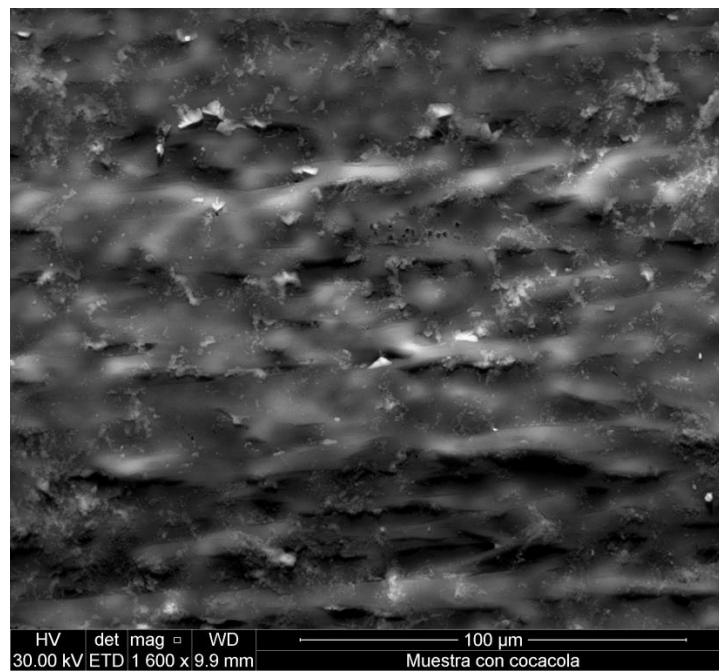




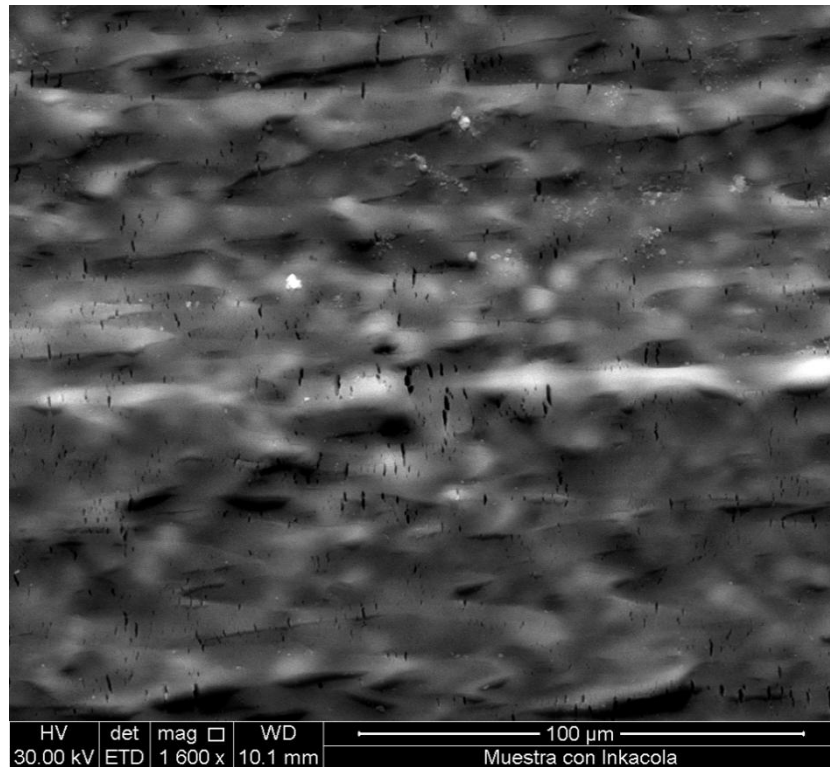
## Anexo 11



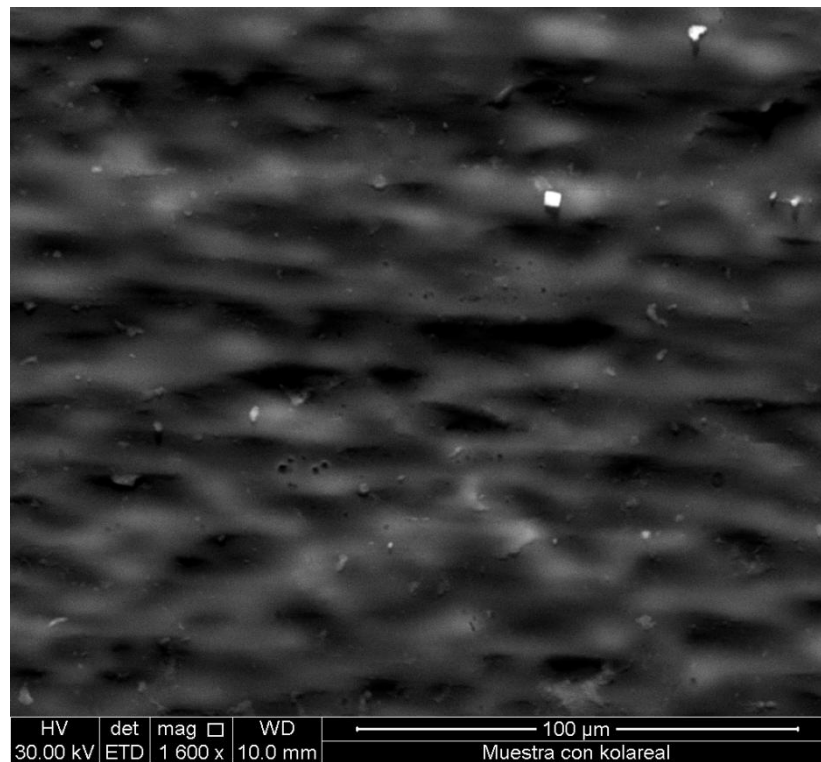
**Figura 1.** Muestra sin tratamiento



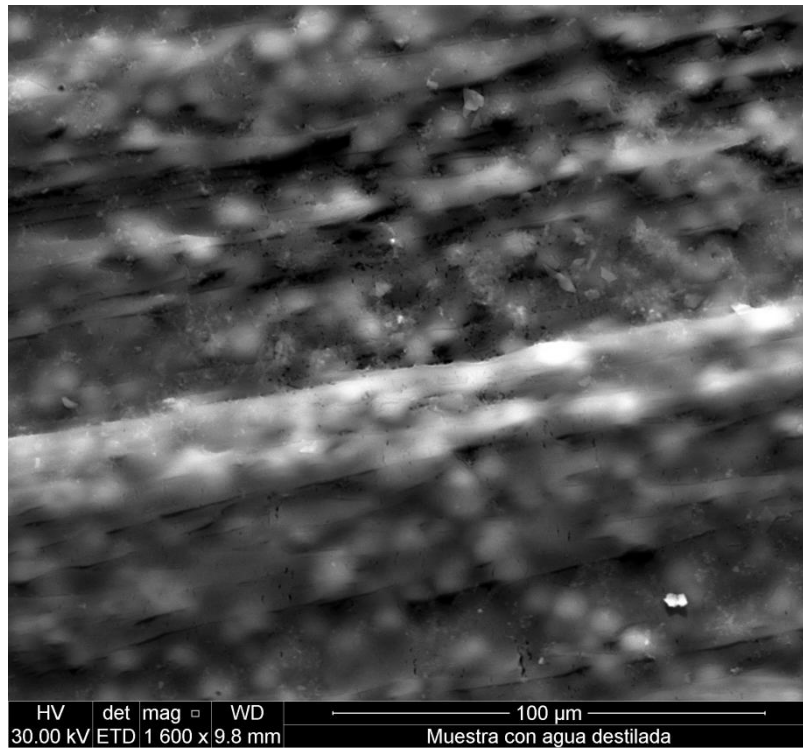
**Figura 2.** Muestra del grupo Coca Cola (después haber estado expuesta 28 días), se muestran cambios en la estructura y micro porosidades.



**Figura 3.** Muestra del grupo Inka Cola (después haber estado expuesta 28 días), se muestran cambios en la estructura y micro fracturas verticales.



**Figura 4.** Muestra del grupo Kola Real (después haber estado expuesta 28 días), se muestran cambios en la estructura y micro porosidades.



**Figura 5.** Muestra del grupo Agua destilada (después haber estado expuesta 28 días), se notan cambios en la estructura y micro porosidades.