



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES  
CHIMBOTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE SALUD**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGIA**

**ESTUDIO IN VITRO DEL EFECTO DE UNA BEBIDA  
ISOTÓNICA Y ENERGÉTICA EN LA CORROSIÓN DE  
LOS ARCOS METÁLICOS ORTODÓNTICOS DE  
CROMO-NÍQUEL Y NÍQUEL-TITANIO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE CIRUJANO  
DENTISTA**

**AUTOR:**

**LEYVA PARDO ALEX JUNIOR**

ORCID: 0000-0002-2908-838X

**ASESOR:**

**MGTR. VÁSQUEZ PLASENCIA CÉSAR ABRAHAM**

ORCID: 0000-0001-9426-7002

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

# **1. TÍTULO DE LA TESIS**

ESTUDIO IN VITRO DEL EFECTO DE UNA BEBIDA ISOTÓNICA Y ENERGÉTICA EN LA CORROSIÓN DE LOS ARCOS METÁLICOS ORTODÓNTICOS DE CROMO-NÍQUEL Y NÍQUEL-TITANIO

## **2. EQUIPO DE TRABAJO**

### **AUTOR**

Leyva Pardo Alex Junior

ORCID: 0000-0002-2908-838X

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Estudiante de Pregrado, Trujillo, Perú.

### **ASESOR:**

Mgtr. Vásquez Plasencia César Abraham

ORCID: 0000-0001-9426-7002

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Facultad Ciencias de la Salud, Escuela Profesional De Odontología, Trujillo, Perú.

### **JURADO:**

#### **PRESIDENTE**

Mgtr. Pairazamán García Juan Luis

ORCID: 0000-0001-8922-8009

#### **MIEMBRO**

Mgtr. Morón Cabrera Edwar Richard

ORCID: 0000-0002-4666-8810

#### **MIEMBRO**

Mgtr. Velásquez Veneros Cynthia Karina

ORCID: 0000-0001-5756-7137

### **3. FIRMA DE JURADO Y ASESOR**

---

Mgtr. PAIRAZAMÁN GARCÍA JUAN LUIS

**PRESIDENTE**

---

Mgtr. MORÓN CABRERA EDWAR RICHARD

**MIEMBRO**

---

Mgtr. VELÁSQUEZ VENEROS CYNTHIA KARINA

**MIEMBRO**

---

Mgtr. VÁSQUEZ PLASENCIA CÉSAR ABRAHAM

**ASESOR**

## **4. AGRADECIMIENTO**

A Dios que ha cerrado y abierto puertas más allá de toda expectativa.

A mis docentes, el Dr. Cesar Vásquez Plasencia y la Dra. Tammy Honores Solano; por su amistad y paciencia, sin su apoyo habría sido imposible hacer realidad este sueño.

Un reconocimiento especial para el Mg Oswaldo Sánchez Rosales quien me brindo su ayuda desinteresada para la realización de la presente Tesis.

A mi madre Idaliht Pardo Gonzales que siempre confió en mí, dando me su apoyo todo este tiempo.

## **5.DEDICATORIA**

A mi madre Idaliht Pardo Gonzales, quien siempre estuvo en las buenas y en las malas apoyándome y dándome ánimos para ser un gran profesional.

## 6. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar, in vitro, el efecto de una bebida isotónica y energética en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio. Se desarrolló un estudio de tipo cuantitativo, de nivel explicativo y de diseño experimental; para ello se utilizó el ensayo de inmersión por pérdida de peso, en el cual se pesó los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio, con una balanza analítica de cuatro dígitos, obteniendo así un peso inicial; posteriormente los arcos metálicos ortodónticos fueron sumergidos en la bebida isotónica y energética, almacenándolas por 30 días. Pasado los 30 días, los arcos ortodónticos fueron retirados y pesados nuevamente, obteniendo así un peso final. Para la comparación del efecto entre una bebida isotónica y energética en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio, se empleó el Análisis de Varianza con un nivel de significancia del 5%. Donde se determinó que hay diferencia significativa dependiendo de la sustancia en la que se haya sumergido el arco ortodóntico (saliva, bebida isotónica y energética). Se llegó a la conclusión de que la bebida isotónica y energética produce similar corrosión en los arcos metálicos ortodónticos cromo-níquel y níquel-titanio.

**Palabras clave:** alambres de ortodoncia, bebida energética, bebida isotónica, corrosión.

## 7. ABSTRACT

The objective of this research was to determine, in vitro, the effect of an isotonic and energy drink on the corrosion of orthodontic metal arcs of chromium-nickel and nickel-titanium. A study of quantitative type, explanatory level and experimental design was developed; For this purpose, the weight loss immersion test was used, in which the orthodontic metal arcs of chromium-nickel and nickel-titanium were weighed, with a four-digit analytical balance, thus obtaining an initial weight; later orthodontic metal arches were submerged in the isotonic and energy drink, storing them for 30 days. After 30 days, the orthodontic arches were removed and weighed again, thus obtaining a final weight. For the comparison of the effect between an isotonic and energy drink on the corrosion of orthodontic metal arcs of chromium-nickel and nickel-titanium, the Analysis of Variance with a level of significance of 5% was used. Where it was determined that there is a significant difference depending on the substance in which the orthotic arch has been submerged (saliva, isotonic and energy drink). It was concluded that the isotonic and energy drink produces similar corrosion in the orthodontic chromium-nickel and nickel-titanium metal arches.

**Keywords:** orthodontic wires, energy drink, isotonic drink, corrosion.

## 8. CONTENIDO

1. TÍTULO DE LA TESIS .....	II
2. EQUIPO DE TRABAJO.....	III
3. HOJA DE FIRMA DE JURADO Y ASESOR .....	IV
4. HOJA DE AGRADECIMIENTO.....	V
5. DEDICATORIA.....	VI
6. RESUMEN .....	VII
7. ABSTRACT.....	VIII
8. CONTENIDO.....	IX
9. ÍNDICE DE TABLAS.....	X
10. ÍNDICE DE GRÁFICO .....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	3
III. HIPÓTESIS.....	21
IV. METODOLOGÍA.....	22
4.1. Diseño de la investigación.....	22
4.2. Población y muestra .....	22
4.3. Definición y operacionalización de variables.....	24
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
4.5. Plan de análisis.....	27
4.6. Matriz de consistencia .....	28
4.7. Principios éticos .....	29
IV. RESULTADOS .....	30
5.1. Resultados.....	30
5.2. Análisis de los resultados .....	34
VI. CONCLUSIONES.....	36
Referencias bibliográficas .....	37
Anexos.....	40

## 9. ÍNDICE DE TABLAS

### **Tabla 1:**

Comparación, in vitro, el efecto entre una bebida isotónica (Sporade) y energética (Volt) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos.....30

### **Tabla 2:**

Efecto de una bebida isotónica (Sporade) en la corrosión de los arcos metálicos de Cr-Ni y Ni-Ti ortodónticos.....31

### **Tabla 3:**

Efecto de una bebida energética (Volt) en la corrosión de los arcos metálicos de Cr-Ni y Ni-Ti ortodónticos.....32

### **Tabla 4:**

Efecto de la saliva artificial en la corrosión de los arcos metálicos de Cr-Ni y Ni-Ti ortodónticos.....33

## 10. ÍNDICE DE GRÁFICO

### **Gráfico 1:**

Comparación, in vitro, el efecto entre una bebida isotónica (Sporade) y energética (Volt) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos.....41

## I. INTRODUCCIÓN

La Odontología a través de la Ortodoncia se encarga de estudiar, prevenir y corregir las alteraciones del desarrollo; con el fin de restablecer el equilibrio morfológico y funcional de la boca y de la cara, mejorando también la estética facial <sup>1</sup>.

En Ortodoncia los tratamientos pueden ser interceptivos, correctivos o preventivos. Los interceptivos tratan de evitar alteraciones mayores, por lo tanto, corrigen alteraciones incipientes; se inician y concluyen durante la dentición temporal o mixta, mientras que los correctivos alcanzan resultados definitivos ya que va dirigido a la corrección de maloclusiones consolidadas, durante la dentición definitiva. Para los tratamientos correctivos se utilizan, principalmente, tres tipos de aparatos: funcionales, removibles y fijos <sup>1</sup>.

Para efectos de la investigación, nos centraremos en los aparatos fijos. Los aparatos fijos utilizan unos alambres entre otros materiales que ejercen una fuerza en los dientes, y estos a su vez ocasionan estímulos periodontales, produciéndose así modificaciones químicas y biológicas, celulares y moleculares, lo que se traduce en el movimiento dental <sup>2</sup>.

Los alambres de ortodoncia están hechos de aleaciones que son la combinación de dos o más metales. Esta combinación de varios metales nos ayuda a que el alambre sea más resistente y cumpla con todo lo requerido para estar en la cavidad oral y así cumplir su función. Las aleaciones utilizadas en los arcos de ortodoncia son combinaciones a base de cromo-níquel, cobalto-cromo y el níquel-titanio <sup>3</sup>.

En esta investigación utilizaremos el níquel- titanio y cromo-níquel.

Ahora, como ya sabemos en la cavidad bucal se representa un medio biológico muy desfavorable para cualquier tipo de aleación metálica utilizada en un tratamiento odontológico. Debido a las variables que encontramos como la saliva, electrolitos, microorganismos, resto de alimentos y bebidas, presencia de otros metales como la amalgama, cambios de pH y temperaturas pueden alterar los arcos o brackets metálicos produciendo corrosión <sup>4,5</sup>.

La corrosión provoca alteraciones en los arcos ortodónticos la cual puede influir en las propiedades y estructuras de los mismos, reduciendo la optimización del tratamiento y

produciendo reacciones alérgicas por la liberación de iones metálicos de los arcos al medio bucal <sup>4,5</sup>.

Esto nos llevó a poner a prueba a los arcos ortodónticos, en bebidas que en los últimos años han incrementado su venta y su consumo, como son las de bebidas energéticas e isotónicas debido a que son productos de venta libre, en el caso de las bebidas energéticas en algunos países el único requisito es que sean mayores de edad <sup>6,7</sup>.

Estas bebidas son promocionadas como una forma de aliviar el cansancio, conservar la vigilia, estimular las habilidades cognitivas y mejorar el rendimiento físico; sin embargo, su efectividad no está enteramente estudiada <sup>8,9</sup>.

El presente estudio tendrá como objetivo comparar, in vitro, el efecto de una bebida isotónica (Sporade®) y energética (Volt®) en la corrosión de los arcos ortodónticos.

Esta investigación se justifica porque el uso de los arcos es una práctica extendida en el tratamiento de ortodoncia y las bebidas isotónicas y energéticas podría acelerar el proceso de corrosión de los brackets y arcos ortodónticos; así como también podrían modificar los niveles de cromo y níquel en la saliva <sup>10-12</sup>.

Para esto se sumergirán los arcos ya mencionados en bebidas isotónicas y energéticas, por un tiempo determinado. Para luego evaluar la pérdida de peso a través de una balanza analítica. La posible pérdida de peso, nos mostrará si los arcos sufrieron corrosión.

No hay muchos estudios en arcos ortodónticos, pero si en brackets, esto podría significar que dado que son otros metales y otras aleaciones podrían responder diferente al ponerlos a prueba en contacto con otras sustancias y así alcanzar iones de concentración tóxicas que podría de manera hipotética afectar a la salud sistemática de los portadores e influir en la optimización del tratamiento.

Es por ello que se propuso la realización de la presente investigación, con el propósito de evaluar la presencia de corrosión en arcos de ortodoncia, debido al consumo de bebidas isotónicas y energéticas, para de alguna manera poner en alerta a personas para poder evitar el consumo excesivo de estas bebidas mientras estén en tratamiento ortodónticos.

La metodología fue de tipo cuantitativo, de nivel explicativo y de diseño experimental; prospectivo, longitudinal y analítico. Los resultados mostraron que en la saliva artificial el cromo-níquel pierde mayor peso que el níquel-titanio, en la solución isotónica se determinó que el cromo-níquel tiene una velocidad de corrosión menor que la del níquel-

titanio y en la solución energética se observa que el cromo-níquel se corroe más rápidamente.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### Antecedentes:

Cueva A <sup>13</sup> (Ecuador, 2019). Corrosión de arcos ortodónticos de Níquel-Titanio en saliva artificial y enjuagues bucales con fluoruros. En esta investigación se propuso, estudiar y observar el tipo de corrosión que sufriría los arco ortodónticos de níquel-titanio a causa de los enjuagues bucales con fluoruros y saliva artificial. En esta investigación se utilizaron muchas pruebas como electroquímicas por polarización, microscopia electrónica de barrido y diferencia de pérdida de pesos con balanza analítica. En este experimento se sumergió a cada arco de níquel-titanio en las diferentes soluciones mediante el ensayo de inmersión. Se utilizó una balanza analítica Mettler Toledo para pesar la diferencia de pesos de los arcos. Los cuales indican que el arco de níquel-titanio clásico perdió más peso con el enjuagué bucal sin alcohol; mientras que el arco de níquel-titanio termo activado y níquel-titanio súper elástico perdieron más peso con saliva artificial.

Montañez N et al. <sup>14</sup> (Colombia, 2016). Corrosión de nitinol bajo tensiones de fuerza en fluido fisiológico con y sin fluoruros. El propósito de este estudio fue comparar el comportamiento de corrosión que presentan los arcos de nitinol frente a la saliva artificial, con concentraciones de fluoruros diferentes, niveles de pH y grados de tensión. Se desarrolló un estudio de tipo experimental, aplicando cuatro técnicas electroquímicas. Los arcos fueron cementados en dientes que simulaban diferentes grados de apiñamiento a diversos niveles de concentraciones de fluoruros y pH. Se observó que el valor de resistencia a la corrosión para una muestra sumergida a pH 4, 0% NaF y a 5 horas de inmersión es menor para la fuerza de 224 gf que para la de 56 gf. Cuando se le agrega al electrolito la concentración de fluoruro de sodio de 0,5%, aumenta la resistencia a la polarización para una fuerza equivalente de 224 gf. Confirmándose así la existencia de óxidos sobre la superficie de níquel-titanio, especialmente en el arco expuesto durante 14 días a pH 4 y 0,5% en peso de NaF.

Nanjundan K. <sup>15</sup> (India, 2016). Evaluación de la resistencia a la fricción y las características de la superficie después de la inmersión de brackets y alambres de ortodoncia en diferentes soluciones químicas: comparación in vitro. El objetivo fue

evaluar los cambios de las fuerzas de fricción estáticas y cinéticas entre los brackets y los alambres después de la exposición a un refresco, un ingrediente alimentario ácido y agentes profilácticos de fluoruro acidulado. Se usaron dos tipos de soportes incisivos de prescripción Roth: soportes de acero inoxidable (SS) Unitek Victory 3M (n = 40) y soportes de alúmina policristalina (PCA) Transcend 6000 (n = 40), así como ochenta alambres de acero inoxidable de  $0.019 \times 0.025$  de 50 mm de longitud cada uno. Posteriormente, los brackets se ataron con cables acero inoxidable divididos en ocho subgrupos (n = 10) y se sumergieron en vinagre (pH =  $3.5 \pm 0.5$ ), Pepsi ® (pH = 2.46), enjuague bucal Colgate Phos-Flur enjuague (pH = 5.1) y saliva artificial (grupo de control pH = 7) durante 24 h. Se observó cambios en la morfología de la superficie bajo microscopio electrónico de barrido. La mayor fuerza de fricción estática media (desviación estándar) de 2.65 (0.25) N se registró en Pepsi ® seguido de 2.57 (0.25) N, 2.40 (0.22) N y 2.36 (0.17) N para vinagre, enjuague bucal Colgate Phos-Flur, y grupos de saliva artificial, respectivamente. En un orden similar, se obtuvieron fuerzas de fricción cinéticas medias menores. Los brackets PCA revelaron más deterioro de la superficie y valores de fuerza de fricción más altos que los brackets SS. Se observó una correlación positiva significativa entre las fuerzas de fricción y la rugosidad de la ranura del soporte ( $r = 0.861$  y  $0.802$ , respectivamente, para las fuerzas de fricción estáticas y cinéticas,  $p < 0.001$  para ambos) y la rugosidad del cable ( $r = 0.243$  y  $0.242$ , respectivamente, para estática y fuerzas de fricción cinéticas,  $p < 0.05$  para ambos). Se concluyó que los hallazgos pueden tener implicaciones a largo plazo cuando se usan sustancias alimenticias ácidas durante el tratamiento de ortodoncia fijo. Además, se requieren estudios in vivo para analizar el efecto clínico de los medios ácidos en el entorno oral durante el tratamiento de ortodoncia.

Mikulewicz M. et al. <sup>16</sup> (Polonia, 2015). Los refrescos afectan la liberación de iones metálicos de los aparatos de ortodoncia. El objetivo de este trabajo fue ver el efecto del jugo de naranja y Coca Cola (®) en la liberación de iones metálicos de aparatos de ortodoncia fijos. Para esto se utilizó un sistema de flujo continuo diseñado para pruebas in vitro de aparatos de ortodoncia. El jugo de naranja / Coca Cola (®) fluía a través del sistema alternativamente con saliva artificial durante 5.5 y 18.5 h, respectivamente. Las muestras recolectadas se sometieron a un análisis multielemental de ICP-OES para determinar el patrón de liberación de iones metálicos a tiempo. Se calculó la masa total de iones liberados del aparato en jugo de naranja y Coca Cola (®) (respectivamente)

durante el experimento ( $\mu\text{g}$ ): Ni (15.33; 37.75), Cr (3.604; 1.052), Fe (48.42; 156.1), Cu (57.87, 32.91), Mn (9.164; 41.16), Mo (9.999; 30.12) y Cd (0.5967; 2.173). Se concluyó que el jugo de naranja no intensificaba la liberación de iones metálicos de los aparatos de ortodoncia, mientras que Coca Cola (®) causaba una mayor liberación de iones Ni.

Chaturvedi TP. <sup>17</sup> (India, 2014). Corrosión de brackets de ortodoncia en diferentes especias: estudio in vitro. El objetivo fue estudiar la corrosión in vitro de brackets metálicos de ortodoncia sumergidos en soluciones de sal, especias y en saliva artificial. Para esto se usaron los brackets de ortodoncia y se sumergieron en saliva artificial, sal y especias utilizando técnicas electroquímicas y análisis de superficie. Se realizaron estudios electroquímicos utilizando diferentes parámetros en soluciones de saliva artificial que contiene sal y especias. También se obtuvieron fotomicrografías de un microscopio óptico. Los resultados de los estudios de corrosión han indicado claramente que ciertas especias como la cúrcuma y el cilantro son efectivas para reducir la corrosión, mientras que se ha descubierto que la sal, los chiles rojos y la pimienta negra mejoran el ambiente corrosivo para los brackets metálicos. Se analizó la superficie de los hoyos pequeños presentes en la superficie de los brackets, evaluando, así como inicia la corrosión, lo que provocará más picaduras con el paso del tiempo. Se concluye que se necesita el cumplimiento estricto del uso de aditivos sugestivos en la dieta, ya que puede ser útil tanto para prolongar la vida útil de los brackets de ortodoncia como para eliminar su falla durante 1-3 años de tratamiento de ortodoncia.

Shahabi M. et al. <sup>18</sup> (Iran, 2011). Comparación in vitro de algunas bebidas dietéticas sobre el comportamiento de corrosión de los brackets de acero inoxidable. El objetivo de este estudio fue comparar la cantidad de corrosión causada por jugo de limón, vinagre y Coca-Cola en brackets ortodónticos. Se utilizaron 60 brackets ortodónticos, los cuales fueron sumergidos en las sustancias ya mencionadas a una temperatura de  $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ . Después de 6 semanas se determinó la cantidad de corrosión midiendo el delta W de los pesos medios de los brackets y los resultados se analizaron mediante modelos lineales generales. El estudio mostró que la cantidad de corrosión en brackets ortodónticos fue más en Coca-Cola seguido de vinagre y jugo de limón. Se demostró que los refrescos efervescentes ácidos como la Coca-Cola tiene que ser eliminado o minimizado en la dieta nutricional de pacientes ortodónticos debido a sus efectos dañinos en sus soportes.

Delta W de los pesos medios de los brackets y los resultados se analizaron mediante modelos lineales generales

Cortez N. <sup>19</sup> (Bolivia, 2010). Comportamiento in vitro de corrosión de arcos de ortodoncia: acero inoxidable, níquel titanio y beta titanio. Se determinó el comportamiento corrosivo electroquímico in vitro de tres aleaciones de arcos de ortodoncia: acero inoxidable, níquel-titanio y  $\beta$ -titanio de tres marcas diferentes. Se realizaron pruebas electroquímicas aceleradas constituyendo una fuente regular de energía y una celda de corrosión electroquímica conteniendo saliva artificial a temperatura corporal y pH neutro. Se tomaron fotos de las muestras antes y después de la corrosión con microscopio electroquímico de barrido (SEM), se pesaron los resultados y fueron evaluadas cuantitativamente. Se observó los cambios por corrosión por picadura en el Ni Ti y corrosión por picadura y grieta en todos los casos de acero inoxidable. Los resultados indican que las muestra Ortho OrganizerMR poseen mayor resistencia a la corrosión electroquímica en todos los casos. El acero inoxidable tiene el mayor potencial corrosivo, inestabilidad electrolítica y liberación de iones metálico.

Velazco G. et al. <sup>20</sup> (Venezuela, 2009). Corrosión por picado en aleaciones de níquel-cromo (Ni-Cr) utilizadas en odontología. El presente estudio tuvo como objetivo analizar por curvas de polarización cíclica, la corrosión por picado que presentarían las aleaciones de níquel-cromo utilizadas en odontología. Los brackets se sumergieron en medio de saliva artificial modificada con café, gaseosa y vinagre. Las curvas de polarización cíclica no revelaron una diferencia significativa entre el potencial de protección y el potencial de picadura en los diferentes medios, pero si se evidenció un cambio de potencial indicativo de procesos de corrosión por diferentes medios de porosidad en la superficie del material. Los resultados de este estudio permitieron inferir que el proceso de corrosión constituye un factor de riesgo para aquellos pacientes a quienes se les realizan tratamiento ortodóntico con brackets a base de níquel-cromo, debido a la posibilidad latente de reacciones de hipersensibilidad por los iones metálicos liberados en el medio, así como también la disminución considerable de la efectividad del tratamiento por alteración en la resistencia al desgaste y fatiga del material.

Montañés N. et al. <sup>21</sup> (Colombia, 2008). Corrosión de alambres de nitinol en saliva artificial, por técnicas electroquímicas. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la corrosión y la liberación de iones metálicos por medio de técnicas electroquímicas

aceleradas. En esta investigación se emplearon alambres de Nitinol de 0.016, las cuales fueron sumergidas en 1000 ml de saliva artificial, la cual fue puesta a temperatura promedio corporal y pH bucal. Las muestras limpiadas con agua desionizada antes de realizar las pruebas electroquímicas. Se observó una constante de tiempo a altas frecuencias, que describe la presencia de una superficie sobre el material que corresponde a una película de óxido formada sobre la superficie de la aleación que pasiva el material. Del cual se llegó a la conclusión que el nitinol mostro buena biocompatibilidad para su uso en ortodoncia, sin embargo, para pacientes alérgico al níquel, puede afectar la mucosa oral.

Ji-Soo S. et al. <sup>22</sup> (Australia, 2003). Corrosión “in vitro” de la superficie de aparatos ortodónticos de acero inoxidable y Ni Ti. Este estudio quiso diferenciar y comprobar el tipo de corrosión que presentaría los aparatos ortodónticos de acero inoxidable y Ni-Ti frente a la saliva artificial. Para esto se construyeron unos depósitos donde se almacenarían y sumergirían a los metales en la solución de saliva artificial por tres meses. La corrosión de la superficie de los arcos fue determinada macroscópicamente, por medio de un microscopio electrónico de barrido y se utilizó el espectrofotómetro para identificar los iones de metales que se desprendieron del arco. Se observó una corrosión uniforme en el arco de acero inoxidable y se detectó un ligero cambio de color en los arcos de Ni Ti. La corrosión aumento con el tiempo de inmersión y se empezó a ver desprendimientos de matriz del arco, especialmente en acero inoxidable. Con el microscopio se observó una corrosión que puede debilitar un arco o una soldadura, conduciendo a la fractura del mismo. Por otro lado, los arcos de Ni Ti no se corroían, y no había diferencias significativas en la morfología de la superficie; mostraron la misma reflectancia antes y después de la prueba de inmersión. Concluyéndose así que los arcos de Ni Ti son significativamente más estables y resistentes a la corrosión que los arcos de acero inoxidable.

## **Bases teóricas de la investigación**

### **1. Corrosión.**

La corrosión es uno de los puntos más importantes y de mayor interés que tocaremos para el desarrollo de esta investigación. Por lo que tenemos que conocer y entender este fenómeno para poder desarrollar sin dificultad los procedimientos que iremos a realizar. Ya que el interés de la investigación es presenciar la corrosión por medio del método de inmersión; evaluando los pesos que nos arroje el experimento que iremos a realizar.

Según Kaplan y col, define a la corrosión como el efecto de reacciones químicas indeseables sobre la superficie de la estructura de metales y aleaciones <sup>4</sup>. Por otro lado, Pellegrini y col, menciona que la corrosión es la fatiga de los metales por la vida útil que tuvieron y en consecuencia aparecen los fracasos de los mismos <sup>5</sup>. Así mismo Chaturvedi define el término corrosión como el proceso de interacción entre un material sólido y su entorno químico, que conduce a la pérdida de sustancia del material, al cambio en sus características estructurales y la pérdida de integridad estructural <sup>25</sup>.

La definición de Chaturvedi es la más acertada y completa para hacernos comprender el fenómeno de la corrosión.

Para el mejor entendimiento de este tema, separaremos clases y formas de corrosión.

#### **1.1. Clases de corrosión**

Sin excepción, todos los metales y aleaciones son susceptibles a sufrir el fenómeno de la corrosión. Esto se dice según Kaplan y col, que el fenómeno de la corrosión se da dependiendo del medio con el que interactúe el metal o la aleación. Esto quiere decir que el medio con el que interactúe el metal o la aleación es muy importante, hay un ambiente seco y un ambiente húmedo; lo que nos lleva a definir como un ambiente seco o químico cuando se produce por reacción con un medio no iónico; por ejemplo, el aire; y húmedo o electroquímico cuando se produce por reacción con un medio iónico; por ejemplo, saliva <sup>4,5</sup>.

Debido a ello se clasifican de la siguiente manera.

##### **1.1.1. Corrosión química:**

Todos los metales en contacto con el ambiente que los rodea se vuelven inestables, y con el tiempo y las variables suficientes que se encuentran en la atmósfera, se transforma en

óxidos, con excepción de los denominados nobles que se caracterizan por ser muy inertes químicamente hablando <sup>4,5</sup>. Es importante conocer la velocidad con la que la corrosión se produce, ya que su importancia reside en que cuanto más rápido se produzca, la capa de óxido generada tendrá mayor capacidad de protección en el metal. Esto quiere decir que la capa de óxido que se forma en la superficie del metal actúa como una barrera protectora que mantiene alejado al oxígeno del metal, disminuyendo a su vez la capacidad de interacción y reacción entre ambos elementos <sup>4</sup>.

### **1.1.2. Corrosión electroquímica:**

En esta clase de corrosión la velocidad de oxidación de un metal o una aleación en aire húmedo es millones de veces más rápida que en condiciones secas. Esto es porque la conducción de electrones dentro de su masa es mucho más fácil, por eso es que, en estas condiciones, la pérdida de masa de un metal se vuelve apreciable con más rapidez <sup>4,5</sup>.

Al odontólogo esto le puede interesar desde un punto de vista clínico, quiere decir que es importante conocer el fenómeno de la corrosión, y más importante aún es conocer la corrosión electroquímica, ya que es necesario saber lo que va a suceder con los metales o aleaciones cuando estén colocados en la boca, sumergidos en saliva que es una solución hipotónica que está compuesta por bicarbonato, cloruro, sodio, potasio, compuestos nitrogenados y proteínas; con un pH aproximado de 5.2 a 7.8 <sup>4,5</sup>.

A estas condiciones locales sumémosle también las condiciones ambientales como la mala higiene y frecuencia de ingesta de bebidas o alimentos con una gran cantidad de minerales.

La cavidad oral proporciona un entorno ideal y único para estudiar los procesos biológicos que involucran la ayuda de materiales dentales metálicas. Los materiales dentales dentro de la boca interactúan continuamente con fluidos fisiológicos, provocando corrosión; esto a su vez puede limitar severamente la vida de fatiga y la resistencia final del material, lo que lleva a una falla mecánica <sup>25</sup>.

Esto es motivo de preocupación, particularmente cuando los aparatos de ortodoncia se colocan en el ambiente electrolítico hostil proporcionado por la boca humana factores tales como la temperatura, cantidad y calidad de saliva, placa, pH, proteínas, propiedades físicas y químicas, de alimentos sólidos y líquidos y las condiciones orales pueden influir en los procesos de corrosión <sup>4,5</sup>.

El ataque a la superficie de un metal se puede producir de varias formas: por picado, en rendijas, fisurante, galvánica y intergranular. A continuación, se describirán las más frecuentes en el uso en ortodoncia, la cual es de nuestro interés <sup>4, 5, 25</sup>.

## **1.2. Formas de corrosión**

A continuación, describiremos las formas más comunes de corrosión en ortodoncia.

### **1.2.1. Corrosión por picado:**

Esta corrosión consiste en un ataque irregular, en puntos aleatorios de la superficie del metal. Es una de las formas más peligrosa de corrosión, ya que se propaga hacia el interior del metal desde cada uno de esos puntos de picado y es bastante frecuente encontrarla en la superficie de los brackets <sup>4, 5, 25</sup>.

### **1.2.2. Corrosión fisurante:**

Esta corrosión es muy común encontrarla en los arcos ortodónticos, ya que se produce cuando un metal se encuentra en un medio corrosivo como la cavidad oral y donde también recibe fuerzas de tensión, todo esto al mismo tiempo. Este proceso combinado genera fisuras en la superficie del metal, estas fisuras que se propagan al interior del metal hasta que se fractura <sup>4, 5, 25</sup>.

### **1.2.3. Corrosión galvánica:**

Esta corrosión se produce cuando en un medio salino como la saliva se encuentra e interactúan dos o más metales con diferente potencial electrolítico. En ortodoncia esta situación puede darse cuando los brackets son de una aleación y los arco de otra o cuando se combinan diferentes tipos de arcos <sup>4, 5, 25</sup>.

### **1.2.4. Corrosión microbiana:**

Se sabe que los microorganismos producen corrosión en los metales y aleaciones en medios húmedos, esto se asocia al cambio de pH provocado por los ácidos que producen los microorganismos en la superficie de los metales. En los brackets el ataque microbiano forma microfracturas en la base de los mismos, comprometiendo así su adhesión y provocando lesiones de cariosas <sup>5, 25</sup>.

Los metales al formar aleaciones con otros metales, mejoran sus propiedades mecánicas y son más resistentes a las clases de corrosión <sup>5</sup>.

Existen métodos que evalúan la resistencia a la corrosión de las aleaciones; estos métodos se originaron a fin de mejorar su resistencia de las aleaciones en un ambiente húmedo contaminado con iones y uniones galvánicas con otros metales. Los métodos para evaluar la resistencia a la corrosión de las aleaciones son a través de ensayos, como por ejemplo el de la inmersión y la corriente continua <sup>28</sup>.

### **1.3. Métodos para evaluar corrosión**

Se describirán los siguientes ensayos que forman parte de los métodos que se utilizar para ver la velocidad y presencia de corrosión <sup>28</sup>.

#### **1.3.1. Ensayos de inmersión**

Los ensayos se realizaron en un baño termostático a  $25 \pm 1$  °C bajo la norma ASTM G31–72, introduciendo las muestras en una disolución corrosiva de 3,5% NaCl y pH 6,5-7. Previamente al ensayo se midió el área inicial de las muestras (~10 cm<sup>2</sup>) mediante un calibre digital modelo Sylvac S225 ( $\pm 0,01$  mm) y se pesaron con una balanza analítica Sartorius BP 211D ( $\pm 0,00001$  g). Al término del ensayo (10 días de inmersión), las muestras se lavaron en agua caliente a una temperatura no mayor de 38° C para eliminar el resto de las soluciones donde fueron sumergidos, se enjuagaron con alcohol isopropílico y se secaron con aire caliente. Finalmente, las muestras fueron pesadas de nuevo con objeto de calcular la variación de masa por unidad de superficie. La velocidad de corrosión, P, expresada en (mg/cm<sup>2</sup>·día) se calculó mediante la expresión:  $P = (M_i - M_f) / A \cdot t$ , donde M<sub>f</sub> es la masa final, M<sub>i</sub> la masa inicial, ambos expresados en mg., A el área expuesta del material (cm<sup>2</sup>) y t, el periodo de exposición (días). Los pH de la solución salina en contacto con las muestras de ensayo fueron monitoreados con un pH neutro <sup>28</sup>.

#### **1.3.2. Ensayo de corriente continua:**

El estudio y control de los procesos de corrosión se pueden realizar a través de la medición de variables eléctricas, tales como potencial, corriente, etc. A diferencia de los ensayos de inmersión que exigen largos periodos de tiempo y proporcionan sólo una velocidad media de ataque, relativa a un cierto espacio de tiempo. Los ensayos electroquímicos permiten conocer la velocidad instantánea de corrosión en poco tiempo. Sin embargo, no miden la corrosión misma, sino que la estiman a través de sus manifestaciones, lo que exige la confirmación de su validez mediante ensayos de inmersión a través de medidas gravimétricas complementarias. Para realizar este tipo de ensayos se utilizó un

potenciostato modelo AUTOLAB PGSTAT30, que permite la transmisión de datos a un ordenador, Estos datos son analizados por un programa informático (GPES), obteniéndose gráficamente el potencial frente a las variaciones de densidad de corriente <sup>28</sup>.

### **1.3.3. Ensayos de corriente alterna:**

Existen varios modelos de circuitos equivalentes que reproducen bastante bien la respuesta de muchos sistemas electroquímicos y que permiten obtener varios parámetros de interés para evaluar el comportamiento a la corrosión. En muchos casos se obtiene un diagrama de Nyquist. Este diagrama representa la parte real de la impedancia del electrodo o superficie del material, es decir, componente resistivo, frente al componente imaginario o reactancia capacitiva. Por tanto, al trabajar con señales de baja frecuencia se realizan todas las etapas parciales implicadas en los fenómenos de corrosión: de adsorción, difusión, transferencia, etc., tal como sucede con corriente continua. Sin embargo, al aumentar la frecuencia desaparece la contribución de los procesos más lentos, como los de difusión, que no tienen tiempo para desarrollarse antes de la inversión de polaridad de la señal de corriente alterna. Por tanto, la obtención de diagramas de impedancias permite estudiar de los diversos procesos que intervienen en el fenómeno de corrosión, a diferencia de las medidas de corriente continua, donde estos procesos se manifiestan simultáneamente <sup>28</sup>.

### **1.3.4. Ensayos en ambiente simulados:**

Los ensayos de corrosión acelerados, realizados en cámaras, han sido usados desde los inicios del año 1900s como un medio para evaluar la resistencia a la corrosión de materiales frente a una atmósfera corrosiva. Estas cámaras de ensayo permiten simular ambientes que contienen medios corrosivos tales como: Humedad, niebla salina, exposición ultravioleta, gases corrosivos, etc.; que aceleran la corrosión de un material. Estos ambientes pueden ser usados individualmente o combinados <sup>28</sup>.

### **1.3.5. Ensayos galvánicos:**

Desde el punto de vista de diseño, se suele realizar la evaluación de la corrosión galvánica de un material que puede estar en contacto con otro. Estos estudios se basan en medidas electroquímicas (teoría del potencial mixto), medida de la corriente galvánica, pérdida de

peso, profundidad de penetración o incluso la observación visual del daño por corrosión<sup>28</sup>.

### **1.3.6. Ensayos de oxidación:**

A diferencia de la corrosión electroquímica, este tipo de corrosión tiene lugar en ausencia de electrolito, siendo la reacción con el oxígeno la más frecuente, por ser la sustancia agresiva más común. Este tipo de corrosión despierta especial interés, porque estos materiales podrían formar parte de piezas de motor, donde la temperatura puede llegar a alcanzar valores elevados. Los ensayos gravimétricos se llevaron a cabo en un horno tubular Carbolite modelo CTF a un flujo de aire con 0,2 bar de presión y durante un periodo de 28 días a diferentes temperaturas (290, 300, 370 y 410 °C). Con el fin de estudiar la ley cinética del proceso de oxidación y la estabilidad de la superficie de los materiales de estudio en función de la temperatura. Los cambios de masa en las muestras de 10 cm<sup>2</sup> de área fueron medidas durante el tiempo de ensayo. Al término del ensayo (28 días de exposición), las muestras se lavaron en agua caliente a una temperatura no mayor de 38° C para eliminar las sales, se enjuagaron con alcohol isopropílico y se secaron en aire caliente. Posteriormente, los productos de corrosión formados sobre las muestras se limpiaron con una solución decapante consistente en 200g/L CrO<sub>3</sub> y 10 g/L AgNO<sub>3</sub> a temperatura ambiente, se enjuagaron con alcohol isopropílico y se secaron en aire caliente<sup>28</sup>.

## **2. Arcos de ortodoncia.**

Entre otros materiales los arcos y braquets son los más utilizados en el tratamiento de ortodoncia, estos se encuentran en contacto directo con la cavidad bucal de los pacientes por un largo periodo de tiempo, estos están compuestos por aleaciones de metales nobles y no nobles<sup>2, 3, 23, 24</sup>.

En esta investigación vamos a centrarnos en la respuesta que tendrán los arcos, al ponerlos en contacto con bebidas energéticas e isotónicas; ya que el objetivo principal es comparar que sustancia es más corrosiva.

Los arcos ortodónticos son formados dentro de varias configuraciones, sistemas y tipos de aleaciones para aplicar fuerzas a los dientes, moverlos a voluntad y a alinearlos<sup>3, 25</sup>.

Se usan varios tipos de arcos y soportes en el tratamiento de la maloclusiones, como el acero inoxidable, aleaciones de cromo-níquel, aleaciones de níquel-titanio y aleaciones de  $\beta$ -titanio <sup>25</sup>.

Un arco ortodóntico es un dispositivo o un instrumentó que se caracteriza por poseer una longitud de trabajo varias veces mayor que su diámetro, esto quiere decir que es capaz de transmitir esas fuerzas al diente, provocando que se desplacen poco a poco con el tiempo <sup>2, 3, 25</sup>.

Los arcos en ortodoncia tienen dos tipos de propiedades; entre las intrínsecas encontramos a las que dependen de la estructura interna del metal, quiere decir que se ve la composición y el tratamiento que le haga el fabricante, y en las propiedades extrínsecas vemos el diseño del alambre, básicamente el diámetro, la forma, la cantidad de hilos que conforman el arco y el diseño que pueda tener el arco <sup>2</sup>.

Los metales puros son blandos y tienden a corroerse más fácilmente. Por esto, para mejorar sus propiedades y contrarrestar a la corrosión se mezclaron con dos o más metales diferentes, estos se unen por encima de sus puntos de fusión y forman aleaciones con características físicas diferentes a los originales, dándoles así más resistencia frente a la corrosión <sup>2</sup>.

En la actualidad en ortodoncia, las aleaciones de uso más frecuente son las de níquel-titanio, cromo-níquel y cromo-cobalto <sup>3</sup>.

## **2.1. Arcos de ortodoncia de cromo-níquel:**

Después de utilizarse el oro para arcos ortodónticos, comenzó a buscarse una variación en arcos, encontrándose así el acero inoxidable a finales de 1930; esto se produjo porque los metales nobles como el oro eran demasiado caros a diferencia de acero inoxidable que es económicos. El acero inoxidable o el cromo-níquel tienen baja versatilidad para ser soldados con diferentes accesorios biomecánicos, lo que lo hace el más común entre los arcos ortodónticos al momento de ser utilizado en los tratamientos odontológicos <sup>2, 3</sup>.

El acero inoxidable o cromo-níquel se consigue, comercialmente, en tiras rectas y arcos preformados con diferentes formas y diámetros o en secciones trasversales redondas, cuadradas y rectangulares <sup>3</sup>.

Los alambres de acero inoxidable producen fuerzas más altas durante periodos de tiempo más cortos y también almacenan menos energía en comparación con los de beta-titanio o níquel-titanio, los que los vuelve indispensables en el comienzo del tratamiento de ortodoncia 3. También se puede utilizar en todas las fases activas del tratamiento de ortodoncia siendo óptimo para los toques finos y dobleces compensatorios en la fase de finalización <sup>2,3</sup>.

Estas propiedades han hecho que estos cables sean elegidos en lugar de arcos de titanio ya que los arcos de titanio son caros <sup>23,24</sup>.

La resistencia a la corrosión del acero inoxidable es buena en general, pero si se ha llegado a comprobar que, si se desprende iones de níquel y cromo, los cuales pueden inducir a reacciones de hipersensibilidad <sup>10,11</sup>.

En un estudio, Kolokitha y col. concluyeron en que la probabilidad de tener una reacción de hipersensibilidad al cromo o níquel es solo si hay una perforación de la piel o la mucosa, o también cuando ya hay un historial de alergia del paciente <sup>2,3</sup>.

El acero inoxidable básicamente contiene cromo y níquel de aproximadamente 18% y 8%, respectivamente. Resiste a la corrosión porque se forma rápidamente una capa de óxido alrededor del aro, haciendo que se bloquee la difusión de oxígeno entre el metal y el arco <sup>23</sup>.

Título: composición del acero inoxidable <sup>3</sup>.

Cromo-Níquel	%
Hierro	73.8
Cromo	18
Níquel	8
Carbono	0.20

Fuente: materiales para ortodoncia

## 2.2. Arco de ortodoncia de cobalto-cromo:

Estos arcos o aleaciones aparecieron en la década de 1950, novedosos en su época con el nombre Elgiloy. Son los que más se parecen a las de acero inoxidable, con la particularidad de que tienen la capacidad de ser modificadas térmicamente <sup>2,3</sup>.

Tienen un costo mayor a los de acero inoxidable y la ventaja a comparación de los de acero inoxidable es que tienen mayor resistencia a la fatiga y la distorsión, son fáciles de doblar y son más baratos que los arcos de titanio. En la mayoría de los casos, las propiedades mecánicas son similares a las del acero inoxidable, por lo que se pueden usar los alambres de acero inoxidable en lugar de los alambres de cromo-cobalto. Tienen un alto módulo de elasticidad, lo que sugiere que proporcionan el doble de fuerza de Beta Titanium y cuatro veces la fuerza de los arcos de Nickel Titanium <sup>23, 24</sup>.

Para su uso clínico en odontología nos presentan sus cuatro diferentes temple y para su diferenciación usualmente vienen codificados por colores. Altas temperaturas de primavera (rojo), temperamento semi primavera (verde), temperamentos suaves o dúctiles (amarillo) son los diferentes tipos disponibles, desde mayor dureza hasta mayor ductilidad <sup>2,3</sup>.

Título: composición porcentual de los alambres cobalto-cromo <sup>3</sup>.

Composición del Elgiloy	%
Cobalto	40
Cromo	20
Hierro	15.7
Níquel	15
Molibdeno	7
Magnesio	2
Berilio	0.10
Carbón	0.20

Fuente: materiales para ortodoncia

### 2.3. Arco de ortodoncia Níquel-titanio (Ni-Ti):

En estas aleaciones de última generación se encontrarán variedades de alambres utilizados, de manera rutinaria, en los tratamientos activos de ortodoncia <sup>2</sup>. Son arcos con excelentes propiedades y son los más populares entre los arcos ortodónticos <sup>3</sup>.

En este grupo hay arcos con diferentes características, las cuales mencionaremos a continuación <sup>3</sup>:

- La aleación de níquel-titanio (ni-ti).
- La aleación de beta-titanio (titanio molibdeno).
- La aleación de níquel-titanio súper elástico (ni-ti chino).
- La aleación de titanio Molium.

Para efectos de la investigación, escogemos las aleaciones de níquel-titanio, las mismas que utilizaremos en nuestro experimento y las cuales son las más estudiadas.

#### Arcos de Níquel-Titanio.

Fue desarrollada por Willian F. Buehler de la nasa, a principios de los años sesenta, y se introdujo en el área de la ortodoncia por George F. Andreasen de la universidad de Iowa, en 1971. Las características más importante y llamativa de esta aleación es su formabilidad limitada, memoria térmica y súperelasticidad; lo que le da mucho rango de memoria, esta característica que posee el arco lo hace la más escogida entre los arcos <sup>2</sup>. Los alambres de níquel-titanio tienen mayor capacidad de almacenamiento de energía que los alambres de beta-titanio o acero inoxidable; con el inconveniente de que son caras y no se pueden soldar ni soldarse con otros metales <sup>23</sup>.

Título: composición porcentual de los alambres cobalto-cromo 3.

Aleación de níquel-titanio	%
Níquel	55
Titanio	42
Cobalto	3

Fuente: materiales para ortodoncia.

### **3. Bebidas industrializadas**

Son bebidas que se distinguen de las otras por dos principales características: primero, son líquidas o son consumidas en estado líquido, y segundo son generalmente usados para satisfacer la sed <sup>6,7</sup>.

Dentro de las bebidas industrializadas se encuentran las bebidas isotónicas y energéticas que son las que utilizaremos en nuestra investigación. De la marca Volt y Powerade que son las más comunes que existen en el mercado, por lo que aún faltan más estudios para poder determinar la seguridad de estas <sup>6,7</sup>.

#### **3.1. Bebidas energéticas:**

Las bebidas energéticas son bebidas analcohólicas, generalmente gasificadas, compuestas básicamente por cafeína e hidratos de carbono más otros ingredientes como aminoácidos, vitaminas, minerales, extractos vegetales, acompañados de aditivos acidulantes, conservantes, saborizantes y colorantes <sup>9</sup>.

Son promocionados como una forma de aliviar la fatiga, mantener la vigilia, mejorar el rendimiento físico y estimular las capacidades cognitivas ante situaciones de estrés <sup>7</sup>.

Dado que toda la población tiene libre acceso a estas bebidas, su publicidad es abierta y masiva y la única restricción que contempla la ley es la venta a menores de edad <sup>7</sup>.

Por lo que los adolescentes y adultos jóvenes son sus mayores consumidores, por eso es preocupante, ya que los tratamientos de ortodoncia se aplican entre los 16 a 25 años en promedio <sup>9</sup>.

En la actualidad, el uso de bebidas energéticas se ha popularizado y alcanzan altos niveles de ventas entre jóvenes y adultos <sup>8,9</sup>.

Pese a este incremento, hay mucho desconocimiento sobre sus características, ingredientes utilizados en sus formulaciones, grado de seguridad en su consumo y posición dentro de las normas alimentarias, entre otros. Este es un problema relevante, pues diversos componentes de estas bebidas pueden representar un riesgo para la salud de quienes las consumen, especialmente sin restricción de cantidad y calidad. Aun teniendo conocimiento de su posible toxicidad, los estudiantes universitarios las consideran un producto seguro <sup>8</sup>.

Algunos componentes de las bebidas energéticas son:

- Glúcidos: los que se utilizan más comúnmente son la sacarosa, la glucosa, la fructosa sola o combinada y la glucuronolactona.
- Aminoácidos: generalmente en las bebidas energéticas se utiliza la taurina.
- Colina: es un nutriente esencial para el funcionamiento cardiovascular y cerebral.
- Extractos de hierbas: en varias de estas bebidas se hace el uso del extracto de guaraná, siendo su principio activo la cafeína, por lo que pasa a ser un estimulante del sistema nervioso central.
- Otro extracto utilizado en estas bebidas es el ginseng: en este caso las sustancias presentes son diferentes de la cafeína, corresponden al grupo de las saponinas y tendrían acción sobre la adaptación corporal a los efectos del estrés, las enfermedades y la fatiga.
- Cafeína: es la sustancia psicoactiva más conocida en el mundo, se encuentra en el café, en el mate, en el té y en el cacao. Es un componente no nutritivo y el hombre lo consume desde hace miles de años.
- Vitaminas y minerales: contienen vitaminas del complejo “b”, algunas tienen vitamina “c” y “e”, potasio, magnesio y sodio. Este agregado no ofrece beneficios extras si la persona que las consume mantiene cubierta la recomendación nutricional óptima de vitaminas y minerales <sup>9</sup>.

En una investigación experimental se determinó el pH de las bebidas energizantes para correlacionarlo con el potencial erosivo sobre los dientes, encontrándose que las bebidas energizantes son potencialmente erosivas sobre los tejidos dentarios debido a su acidez, aun que se tuvo en cuenta que en el estudio realizado se tuvo un mayor control de las posibles variables, lo que pudo a ver interferido con los resultados obtenidos <sup>9</sup>.

### **3.2. Bebidas isotónicas:**

Los científicos especialistas en medicina deportiva observaron que la capacidad de resistencia disminuía cuando se producía una excesiva sudoración y una pérdida excesiva de líquidos a causa del ejercicio. Esta observación sirvió para estudiar cómo se podría retardar la aparición de la fatiga o cansancio a través de la reposición de líquidos y esto dio el inicio al desarrollo de las bebidas isotónicas <sup>6</sup>.

En las bebidas isotónicas el aporte de agua evita la deshidratación, y la concentración de hidratos de carbono es un 6%-8% es efectiva para mantener el equilibrio de líquidos, proporcionar energía, reducir la degradación de las reservas de glucógeno, ayudar a mantener estables los niveles de glucosa en sangre y acelerar la asimilación del agua <sup>6</sup>.

Esto quiere decir que ingerir bebidas isotónicas favorece el rendimiento deportivo y ayuda a reponer rápidamente las pérdidas ocasionadas por el ejercicio físico intenso. Durante un entrenamiento, e incluso en el transcurso de una competición deportiva en un ambiente caluroso y húmedo que dure menos de una hora, es suficiente con mantener una adecuada hidratación bebiendo agua antes, durante y después del ejercicio <sup>6</sup>. El agua no contiene calorías innecesarias, endulzantes artificiales, electrolitos y minerales extras que contienen las bebidas isotónicas. Las gaseosas y las bebidas isotónicas contienen más azúcar de lo que necesitamos <sup>6</sup>.

La venta de las bebidas azucaradas se ha incrementado en un 500% durante los últimos 50 años <sup>6</sup>.

Las bebidas isotónicas están compuestas por azúcares, minerales, vitaminas, edulcorantes y colorantes <sup>6</sup>.

Se han reportado casos de que las bebidas isotónicas causan erosión, por su alto grado de acidez, todas las bebidas estudiadas tuvieron pH ácido, haciendo de ellas bebidas potencialmente erosivas para los dientes, más aún en los deportistas que tienen un mayor factor de riesgo erosivo que la población en general <sup>6</sup>.

### **III. HIPÓTESIS**

La bebida isotónica y energética produce corrosión en los arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1. Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación presenta un diseño.

Experimental, porque requiere la manipulación intencional de una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que tiene sobre la o las variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador <sup>26</sup>.

Prospectivo, porque evalúa la exposición de una posible causa seguida a través del tiempo en una determinada población. Hasta obtener la aparición del efecto <sup>26</sup>.

Longitudinal, porque se recogen datos de la misma muestra repetidamente durante un periodo tiempo prolongado <sup>26</sup>.

Analítico, porque está diseñado para evaluar asociaciones entre resultados, identificando las posibles causas del efecto <sup>26</sup>.

### 4.2. Población y muestra.

Universo: arcos de ortodoncia de níquel-titanio y cromo-níquel.

Población: está constituida por los arcos de ortodoncia de níquel-titanio y cromo-níquel comercializados en el mes de mayo en la ciudad de Trujillo.

Muestra: para determinar el tamaño de muestra se emplearon datos de un estudio piloto, empleándose la fórmula para comparación de promedios:

Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la siguiente formula:

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 * (S_1^2 + S_2^2)}{(X_1 - X_2)^2}$$

Muestreo no probabilístico por conveniencia: este tipo de muestreo consiste en la selección de una muestra de la población por su fácil acceso a ella, es decir, se conjuga la necesidad de la investigación con la disponibilidad del participante <sup>26</sup>.

Donde:

Alfa (Máximo error tipo I)	$\alpha =$	0.050
Nivel de Confianza a dos colas	$1 - \alpha/2 =$	0.975
Valor tipificado de Z al 2.5% de error tipo I	$Z_{1-\alpha/2} =$	1.960
Beta (Máximo error tipo II)	$\beta =$	0.100
Poder estadístico	$1 - \beta =$	0.900
Valor tipificado de Z al 10% de error tipo II	$Z_{1-\beta} =$	1.282
Varianza del grupo "saliva"	$s_1^2 =$	0.026
Varianza del grupo "bebida energética"	$s_2^2 =$	0.537
Diferencia propuesta	$x_1 - x_2 =$	-0.913
Tamaño calculado	$n =$	7.105
Tamaño de cada grupo	$n =$	8

$$n = \frac{(1.960 + 1.282)^2 * (0.026 + 0.537)}{(-0.913)^2}$$

$$n = \frac{(3.242)^2 * (0.563)}{0.833}$$

$$n = \frac{10.507 * 0.563}{0.833}$$

$$n = \frac{5.916}{0.833}$$

$$n = 7.105$$

Los datos seán remplazados en la formula, dándonos un valor de 7.105, la cual será redondeada a 8. Por lo tanto,  $n = 8$ .

### 4.3. Definición y operacionalización de variables

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>VALOR FINAL</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>ESCALA</b>
<b>Bebidas industrializadas</b>	Líquido que se bebe <sup>6,7</sup> .	Para el estudio se utilizará dos bebidas comerciales de tipo isotónica y energética	Composición.	Isotónica. Energética	Cualitativa.	Nominal
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>VALOR FINAL</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>ESCALA</b>
Corrosión en arcos de ortodoncia.	Desgaste paulatino de los cuerpos metálicos por acción de agentes <sup>23,24</sup> .	Diferencia aritmética del peso antes y después de la inmersión en las bebidas	Diferencia de peso inicial y peso final medido en balanza analítica.	mg	Cuantitativa	Razón
<b>COVARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>VALOR FINAL</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>ESCALA</b>
Tipo de arcos ortodónticos	Dispositivo que tienen una longitud de trabajo varias veces mayor que su diámetro por lo que cuenta con la propiedad de memoria <sup>3</sup> .	Para el estudio serán dos tipos de aleaciones de arcos metálicos prefabricados para tratamientos ortodónticos.	Rotulación comercial	Cr-Ni Ni-Ti	Cualitativa.	Nominal.

#### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

a) Técnica: la técnica que se utilizó en esta investigación es la observación, porque esta técnica consiste en observar atentamente el caso, tomar la información y registrarla para su posterior análisis <sup>26</sup>.

b) Instrumentos: para presenciar y medir la corrosión fue utilizado una balanza analítica marca Mettler Toledo (AL54) que tiene como característica un peso máximo de 51 gramos  $\pm 0,001$  miligramos y un peso mínimo de 0,01 miligramos  $\pm 0$ , este instrumento es actual y moderno, tiene la capacidad de medir con precisión el peso de los arcos metálicos de ortodoncia (ver anexo 06). Mis antecedentes Cueva A. <sup>13</sup>, Shahabi M. et al. <sup>18</sup> y Cortez N. <sup>19</sup> utilizaron el método de inmersión por pérdida de peso, con el fin de hacer una discusión eh optado por este método. Este método es utilizado en el laboratorio de nanomateriales perteneciente al departamento académico de física de la Universidad Nacional de Trujillo y está respaldada por la revista de ciencia de materiales <sup>29</sup>.

Para registrar los resultados se utilizó una ficha de recolección datos (ver anexo 02).

Para la ejecución del experimentó se solicitó permiso a la Universidad Nacional de Trujillo, para el uso de su laboratorio de nanomateriales perteneciente al departamento académico de física (ver anexo 03).

El encargado del laboratorio de Nanotecnología del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Trujillo, el Mg. Oswaldo Roger Sánchez Rosales certifica que la balanza analítica de la marca Mettler Toledo (AL54) utilizada en este experimento está calibrada y tiene aproximadamente un año de servicio en el laboratorio (anexo 05).

La saliva artificial, que es la sustancia control y que se utilizó en la investigación se obtuvo del departamento de física de la Universidad Nacional de Trujillo, a través del encargado del laboratorio de nanotecnología. El Mg. Oswaldo Roger Sánchez Rosales nos facilitó la obtención de la saliva artificial la cual fue hecha en el departamento de física de la Universidad Nacional de Trujillo. Se siguió el protocolo para la preparación de la saliva artificial, la cual se encuentra en la revista de ciencia de materiales de la Universidad Nacional de Trujillo, facultad de ciencias físicas y matemáticas <sup>29</sup>.

### **Procedimiento experimental para evaluar la corrosión:**

Antes de aplicar este ensayo de inmersión para evaluar la corrosión en los metales se aplicó previamente una prueba piloto, en la cual se determinó su validez.

Se evaluó la corrosión a través del método por pérdida de peso, siguiendo el ensayo de inmersión <sup>29</sup>. En esta prueba piloto se registró un peso inicial y un peso final, en el transcurso de dos semanas, y se encontró que la diferencia de pesos no era sustancial al cabo de dos semanas. Por estos resultados se alargó el tiempo de inmersión y respaldado por algunos antecedentes donde la prueba de inmersión fue de 30 días para ver una diferencia mayor.

### **Ensayos de inmersión <sup>26</sup>.**

La muestra fue clasificada en 6 grupos con las siglas S, I y E; cada grupo estuvo conformado por 8 arcos (4 de níquel-titanio y 4 de cromo-níquel):

- El grupo S está conformado por saliva artificial, el cual está dividido en dos subgrupos: el subgrupo N, donde hay 4 arcos ortodónticos de níquel-titanio y el subgrupo C, donde hay 4 arcos ortodónticos de cromo-níquel.
- El grupo I está conformado por bebida isotónica, el cual está dividido en dos subgrupos: el subgrupo N, donde hay 4 arcos ortodónticos de níquel-titanio y el subgrupo C, donde hay 4 arcos ortodónticos de cromo-níquel.
- El grupo E está conformado por bebida energética, el cual está dividido en dos subgrupos: el subgrupo N, donde hay 4 arcos ortodónticos de níquel-titanio y el subgrupo C, donde hay 4 arcos ortodónticos de cromo-níquel.

### **Paso 1:**

Se registró el peso inicial de todos los arcos, en la balanza analítica marca Mettler Toledo (AL54), así como también se anotó el día y la hora de inmersión. Cada arco fue colocado en un vaso de precipitación de 25 ml. Luego se rotularon los 48 vasos de precipitación con los códigos o siglas que se dieron en la clasificación de la muestra, se depositó 25 ml de solución en cada vaso de precipitación, teniendo mucho cuidado en que la sustancia cubra en su totalidad a toda la superficie de los arcos ortodónticos, estos contendrán a las sustancias ya descritas y a los arcos ortodónticos por 30 días. Posteriormente se cubrió los recipientes con papel aluminio para evitar la contaminación durante su almacenamiento <sup>26</sup>.

**Paso 2:**

Pasado los 30 días, se retiró los arcos de los recipientes. Posteriormente se lavó con agua destilada y se dejó secar por 30 minutos a temperatura de ambiente, luego se usó una secadora para asegurarse de que los arcos estén totalmente secos. Pesamos los arcos ortodónticos para obtener el segundo peso de la investigación. Registramos este peso con el nombre de peso final <sup>26</sup>.

La diferencia de los pesos nos brindó información y para ver si el experimento demuestra una variación significativa se utilizaron pruebas estadísticas.

Este procedimiento de pesajes, fue realizado por Cueva A. <sup>13</sup>, Shahabi M. et al. <sup>18</sup> y Cortez N. <sup>19</sup>; donde por medio de la diferencia de pesos, pudieron comprobar la presencia de corrosión.

**4.5. Plan de análisis**

Los datos recolectados fueron procesados de manera automatizada en el programa estadístico SPSS Statistics 22.0 (IBM, Armonk, NY, USA), para luego presentar los resultados en tablas y/o gráficos mostrando los resultados de acuerdo a los objetivos planteados. Se presentan las medias, intervalos de confianza y desviaciones estándar.

Para la comparación, in vitro, del efecto entre una bebida isotónica (Sporade®) y energética (Volt®) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos, se empleó Análisis de Varianza (ANOVA), previamente se verificó el supuesto de normalidad (Prueba Shapiro-Wilk). Se consideró un nivel de significancia del 5%.

#### 4.6. Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	POBLACIÓN
Estudio in vitro del efecto de una bebida isotónica y energética en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio.	¿Cuál es el efecto de una bebida isotónica y energética en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio?	<p><b>Objetivo general:</b> Comparar, in vitro, el efecto de una bebida isotónica (Sporade®) y energética (Volt®) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> - Evaluar, in vitro, el efecto de la bebida isotónica (Sporade®) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio. - Evaluar, in vitro, el efecto de la bebida energética (Volt®) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio. - Evaluar, in vitro, el efecto de la saliva artificial en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio.</p>	La bebida isotónica y energética produce corrosión en los arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio	Arcos metálicos ortodónticos de Cromo-Níquel y Níquel-Titanio.

#### **4.7. Principios éticos**

El presente estudio de investigación fue un estudio in vitro que se realizó con productos comerciales. Me someto a los principios éticos considerandos en el código de ética de la Universidad Católica Los Ángeles De Chimbote, además el material utilizado fue desinfectado para no contaminarlo y no altere en el resultado del estudio <sup>27</sup>.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados

**Tabla 1**

Comparación, in vitro, del efecto de una bebida isotónica (Sporade) y energética (Volt) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos.

Tipo de alambre	Sustancia	Medio	IC al 95%		DE	p*	p**			
			LI	LS			a	b	c	
Níquel-Titanic	a. Saliva	1	0.350	0.210	0.480	0.16	-	0.14	<b>0.02</b>	
	b. Isotónica	2	0.988	0.350	1.620	0.75	<b>0.02</b>	0.14	-	0.67
	c. Energética	3	1.260	0.650	1.870	0.73	<b>0.02</b>	0.67	-	-
Cromo Níquel	a. Saliva	1	0.425	0.250	0.59	0.19	-	0.07	<b>0.00</b>	
	b. Isotónica	2	0.860	0.580	1.130	0.32	<b>0.00</b>	0.07	-	0.15
	c. Energética	3	1.225	0.810	1.630	0.49	<b>0.00</b>	0.15	-	-

Fuente: Elaboración propia. (\*) Análisis de Varianza (ANOVA); (\*\*) Post Hoc - Sheffè. DE, desviación estándar; IC, intervalo de confianza; LI, límite inferior; LS, límite superior.

Interpretación: Existe diferencia significativa (P-valor menor a 5%) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos entre las sustancias en estudio (saliva, bebida isotónica y energética), tanto para Níquel -Titanio y Cromo- Níquel.

La saliva artificial, sustancia control, presenta el menor efecto de corrosión que la bebida isotónica, pero dicha diferencia no es significativa, tanto en Cr-Ni y Ni-Ti. La bebida energética presenta mayor efecto de corrosión que la saliva artificial, dicha diferencia es significativa entre el Cr-Ni y Ni-Ti. No existe diferencia significativa entre la bebida isotónica y energética entre el CrNi y NiTi, pese al menor efecto de la corrosión de la bebida isotónica. (Tabla 1).

**Tabla 2**

Comparación in vitro del efecto de una bebida isotónica (Sporade) en la corrosión de los arcos metálicos de Cr-Ni y Ni-Ti ortodónticos.

Tipo de alambre	n	Media	IC al 95%		DE	T	p*
			LI	LS			
Níquel-Titanio	8	0.988	0.353	1.622	0.759	0.428	0.676
Cromo-Níquel	8	0.863	0.587	1.138	0.329		

Fuente: Elaboración propia. \*Prueba T Student. DE, desviación estándar; IC, intervalo de confianza; LI, límite inferior; LS, límite superior.

Interpretación: No se evidencia diferencia significativa (P-valor menor a 5%) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos entre los tipos de alambre Níquel -Titanio y Cromo- Níquel.

En la bebida isotónica se observa que el efecto promedio de corrosión en níquel-titanio es 0.988 mg y el cromo-níquel presenta 0.863 mg; observándose que el cromo-níquel pierde menor peso que el níquel-titanio, dicha diferencia no es significativa. (Tabla 2).

**Tabla 3**

Comparación in vitro del efecto de una bebida energética (Volt) en la corrosión de los arcos metálicos de Cr-Ni y Ni-Ti ortodónticos.

Tipo de alambre	n	Media	IC al 95%		DE	T	p*
			LI	LS			
Níquel-Titanio	8	1.263	0.650	1.875	0.733	0.120	0.906
Cromo-Níquel	8	1.225	0.811	1.639	0.495		

Fuente: Elaboración propia. \*Prueba T Student. DE, desviación estándar; IC, intervalo de confianza; LI, límite inferior; LS, límite superior.

Interpretación: No se evidencia diferencia significativa (P-valor menor a 5%) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos entre los tipos de alambre Níquel -Titanio y Cromo- Níquel.

En la bebida energética se observa que el efecto promedio de corrosión en níquel-titanio es 1.263 mg y el cromo-níquel presenta 1.225 mg; observándose que el cromo-níquel pierde menor peso que el níquel-titanio, pero dicha diferencia no es significativa. (Tabla 3).

**Tabla 4**

Comparación in vitro de efecto de la saliva artificial en la corrosión de los arcos metálicos de Cr-Ni y Ni-Ti ortodónticos.

Tipo de alambre	n	Media	IC al 95%		DE	T	p*
			LI	LS			
Níquel-Titanio	8	0.350	0.216	0.484	0.160	-0.832	0.419
Cromo-Níquel	8	0.425	0.259	0.591	0.198		

Fuente: Elaboración propia. \*Prueba T Student. DE, desviación estándar; IC, intervalo de confianza; LI, límite inferior; LS, límite superior.

Interpretación: No se evidencia diferencia significativa ((P-valor menor a 5%) en la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos entre los tipos de alambre Níquel -Titanio y Cromo- Níquel.

En la saliva artificial se observa que el efecto promedio de corrosión en níquel-titanio es 0.35 mg y el cromo-níquel presenta 0.425 mg; observándose que el cromo-níquel pierde mayor peso que el níquel-titanio, dicha diferencia no es significativa. (Tabla 4).

## 5.2. Análisis de resultados.

De la evaluación realizada para la obtención del efecto de corrosión en arcos metálicos ortodónticos cromo-níquel y níquel-titanio se ha determinado que hay diferencia significativa dependiendo la sustancia en la que se sumerge (saliva, bebida isotónica y energética).

La saliva artificial, que es la sustancia control, presenta el menor efecto de corrosión que la bebida isotónica, pero dicha diferencia no es significativa, tanto en cromo-níquel y níquel-titanio. En cambio, en la bebida energética presenta mayor efecto de corrosión que la saliva artificial, dicha diferencia es significativa. No existe diferencia significativa entre la bebida isotónica y energética, pese al menor efecto de la corrosión de la bebida isotónica.

Comparando el comportamiento de la bebida al analizar la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos cromo-níquel y níquel-titanio, sumergido en la bebida energética se observa que dicha corrosión es significativa en comparación con la saliva artificial. Este resultado coincide con lo reportado por Velazco G. et al.<sup>20</sup> quien sumergió aleaciones de cromo-níquel en saliva artificial como sustancia control y saliva artificial modificadas con bebidas como café, gaseosa y vinagre; donde se evidenció un cambio de potencial indicativo de proceso de corrosión, este cambio de potencial fue mayor en la saliva artificial modificadas con bebidas como café, gaseosa y vinagre, se evidencio la formación de porosidad en la superficie del material.

Comparando el comportamiento de los arcos metálicos ortodónticos cromo-níquel y níquel-titanio utilizados en el experimento se demostró que los arcos de níquel-titanio son de similar resistencia que los de cromo-níquel, y no coinciden con lo reportado por Corte N.<sup>19</sup> quien demostró que el arco de ortodoncia de cromo-níquel tiene mayor potencial corrosivo, inestabilidad electroquímica y liberación de iones metálicos que el níquel-titanio. Esta diferencia de resultados se debe a que Corte N.<sup>19</sup> utilizo pruebas electroquímicas; estas pruebas sirven para acelerar el proceso de corrosión del arco ortodóntico ya que su objetivo era ver el comportamiento corrosivo de tres aleaciones de arcos de ortodoncia, también utilizo la variable de la saliva artificial a temperatura corporal y un pH neutro, estas variables también podrían a ver alterado los resultados encontrados.

Del mismo modo comparando el comportamiento de los arcos metálicos ortodónticos cromo-níquel y níquel-titanio utilizados en el experimento, Ji-Soo S. et al.<sup>22</sup> difiere de los resultados encontrados; Ji-Soo S. et al.<sup>22</sup> comprobó que los arcos de níquel-titanio son significativamente más estables y resistentes a la corrosión que los arcos de cromo-níquel. Esta diferencia de resultados se debe a que Ji-Soo S. et al.<sup>22</sup> utilizó unos depósitos donde se almacenarían por tres meses a los aparatos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio; aquí la variable tiempo tiene un rol muy importante, por eso los resultados difieren de la investigación.

Desde el punto de vista clínico, todas estas consideraciones tienen relevancia, puesto que el pronóstico de un tratamiento, en este caso, del tratamiento ortodóntico, se ve comprometido a causa de los procesos corrosivos que se generan. Del mismo modo tal corrosión puede debilitar un alambre o una soldadura que conduce a la fractura<sup>3</sup>.

Kaplan A. et al.<sup>4</sup> considera que la corrosión impide predecir el control de fuerzas ortodónticas, debido a la corrosión superficial de brackets y de los arcos metálicos que se emplean<sup>4</sup>.

Este resultado del método de inmersión nos da una visión del comportamiento de estos materiales en los 3 tipos de soluciones.

## **VI. CONCLUSIÓN**

- La bebida isotónica (Sporade) y energética (Volt) producen similar corrosión in vitro en los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio.
- La bebida energética (Volt) produce mayor corrosión in vitro en los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio en comparación a la saliva artificial.
- La bebida isotónica (Sporade) produce similar corrosión in vitro en los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio.
- La bebida energética (Volt) produce similar corrosión in vitro en los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio.
- La saliva artificial produce similar corrosión in vitro en los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio.

### **Aspectos complementarios**

- Realizar estudios in vivo, para comprobar el efecto de la corrosión de los arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio.
- Por eso se recomendará abstenerse o disminuir el consumo de bebidas isotónicas y energéticas durante el tratamiento de ortodoncias, ya que se comprobó que si influyen en el deterioro y mantenimiento de los arcos de ortodoncia cromo-níquel y níquel-titanio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

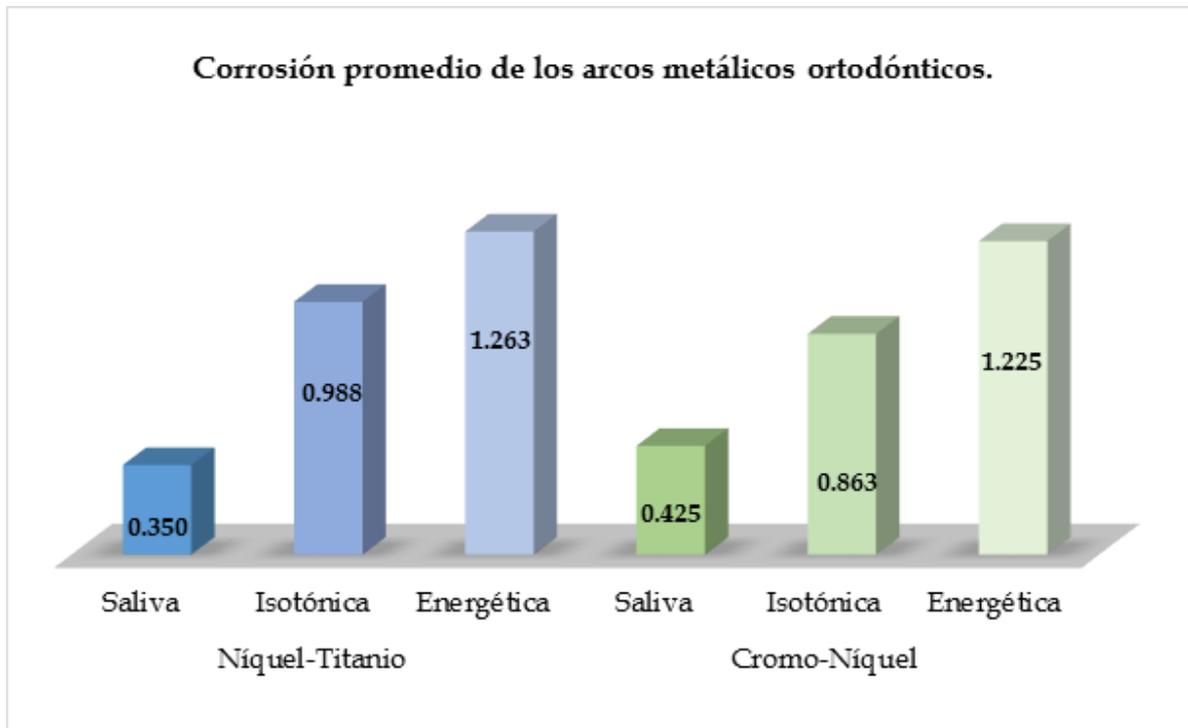
1. Sociedad Española de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial. [Internet]. Madrid: SEDO. [citado 12 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.sedo.es/que-es-la-ortodoncia/file.html>
2. Aristizábal J, Uribe G. Metales y Alambres en Ortodoncia. En: Ortodoncia Teoría y Clínica. 2da ed. Colombia: Corporación para investigaciones biológicas. 2010.
3. Kaplan A. Materiales para ortodoncia. Tratamiento ortodóntico en el adulto. 2da ed. Buenos Aires: Medicina Panamericana; 2005. p. 13-26.
4. Kaplan A, De Harfin JF. Biodesintegración de aparatología ortodóntica metálica. Revista de la facultad de odontología (UBA). 2010; 25(58):17-20.
5. Pellegrini VL, Ruscitti S. Biodegradación de los materiales utilizados en ortodoncia. Asignatura mecánica de tratamiento. [citado 12 septiembre 2017]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60018/P%3%B3ster.Ortod.%202015.pdf-PDFA.pdf?sequence=3>.
6. Urdampilleta A, Gómez-Zorita S. De la deshidratación a la hiperhidratación; bebidas isotónicas y diuréticas y ayudas hiperhidratantes en el deporte. Nutr Hosp. 2014; 29(1):21-25.
7. Sánchez J, Romero C, Arroyave C, García A, Giraldo F, Sánchez L. Bebidas energizantes: efectos benéficos y perjudiciales para la salud. Perspect Nutr Humana. 2014; 17(1):79-91.
8. Roussos A, Franchello A, Flax M, De Leo M, Larocca T, Barbeito S, et al. Bebidas energizantes y su consumo en adolescentes. Pedia Nutri. 2009; 10(2):124-129.
9. Fresno MC, Angel P, Arias R, Muñoz A. Grado de acidez y potencial erosivo de las bebidas energizantes disponibles en Chile. Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral. 2014; 7(1):5-7. G.
10. Causado V, Rumbo M, Díaz A. [Internet] Niveles de níquel en saliva, biopelícula mucosa bucal de sujetos con aparatología ortodóntica fija. Cataluña. Disponible en: <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/2678/4/ARTICULO%20NIVELES%20DE%20NIQUEL.pdf>

11. Weinhold E. Liberación de iones metálicos en el medio bucal por fenómenos de corrosión de aleaciones. Laboratorio de electroquímica [citado el 12 de septiembre 2017]. Disponible en: [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16516/1/liberaciones\\_iones.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16516/1/liberaciones_iones.pdf)
12. Abad M. Efecto erosivo de las bebidas acidas [Internet]. Lima; 2010 [citado 5 jul 2018]. Disponible en: <http://www.cop.org.pe/bib/investigacionbibliografica/MARIADELPILARABADSEGU RA.pdf>
13. Cueva A. Corrosión de arcos ortodónticos de Níquel-Titanio en saliva artificial y enjuagues bucales con fluoruros. [Tesis]. Ecuador: Universidad Central del Ecuador; 2019.
14. Montañez N, Peña D, Cardozo R, Faria M, Montero B, Sánchez G. et al. Corrosión de nitinol bajo tensiones de fuerza en fluido fisiológico simulado con y sin fluoruros. Rev Fac OdonTOL Univ Antioq. 2016; 28(1):54-69.
15. Nanjundan K, Vimala G. Evaluation of frictional resistance and surface characteristics after immersion of orthodontic brackets and wire in different chemical solutions: A comparative in vitro study. Indian J Dent Res. 2016;27(5):513-520.
16. Mikulewicz M, Wolowiec P, Loster BW, Chojnacka K. Do soft drinks affect metal ions release from orthodontic appliances? J Trace Elem Med Biol. 2015; 31:74-77.
17. Chaturvedi TP. Corrosión of Orthodontic brackets in different spices: in vitro study. Indian J Dent Res. 2014; 25(5):630-634.
18. Shahabi M, Jahanbin A, Esmaily H, Sharifi H, Salari S. Comparison of some dietary habits on corrosion behavior of stainless Steel brackets: an in vitro study. J Clin Pediatr Dent. 2011; 35(11):429-432.
19. Cortez N. Estudio comparativo in vitro de corrosión de arcos de ortodoncia: acero inoxidable, níquel titanio y beta titanio. [Tesis]. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés; 2010.
20. Velazco G, Ortiz R, Yépez J, Kaplan A. Corrosión por picadura en aleaciones de níquel-cromo (Ni-Cr) utilizadas en odontología. Rev Odon Andes. 2009; 4(1):23-30.

21. Montañez N, Peña D, Estupiñán H. Corrosión de alambres de nitinol en saliva artificial, por técnica electroquímicas. ION. 2008; 21(1): 87-96.
22. Ji-Soo S, Keun-Taek O, Chung-Ju. In vitro surface corrosion of stainless steel and NiTi orthodontic appliances. Australia Orthodontic Journal. 2003; 19(1).
23. Ravichandra K, Rama A, Mohammed S. Rama R. An overview of orthodontic wires. Trends Biomater. 2014; 28(1): 32-36.
24. Khamatkar A. Ideal properties of orthodontic wires and their clinical implications – a review. IOSR-JDMS. 2015; 14(1):47-50
25. Chaturvedi TP. Corrosion behaviour of orthodontic alloys-a review. Research Gate. [Internet].2013 [citado 12 septiembre 2017]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/t\\_chaturvedi/publication/228393233\\_corrosion\\_behaviour\\_of\\_orthodontic\\_alloys-a\\_review/links/0deec52ac476664e78000000/corrosion-behaviour-of-orthodontic-alloys-a-review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/t_chaturvedi/publication/228393233_corrosion_behaviour_of_orthodontic_alloys-a_review/links/0deec52ac476664e78000000/corrosion-behaviour-of-orthodontic-alloys-a-review.pdf).
26. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 5 ed. México. McGraw-Hill-Interamericana. Editores. 2010
27. Código de ética para la investigación. ULADECH. Versión 001 [Internet]. [citado 02 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.uladech.edu.pe/images/stories/universidad/documentos/2016/codigo-de-etica-para-la-investigacion-v001.pdf>
28. Paucar K. Comportamiento a la corrosión de aleaciones Mg-Al con elementos lantánidos. [Tesis]. Madrid: Universidad Complutense De Madrid; 2013.
29. Sanchez O, Bianchi G, Duffo G. Revista de ciencias de materiales. 1 ed. Perú. CONCYTEC; 1993.

# Anexos

**Anexo 01:** Comparación, in vitro, el efecto entre una bebida isotónica (Sporade) y energética (Volt) en la corrosión de los arcos metálicos ortodóntico.



Fuente: Datos proporcionados por el autor.

Se evidencia que, en los arcos ortodónticos Níquel-Titanio, la bebida energética presenta mayor corrosión promedio en comparación a la bebida isotónica y saliva artificial, 1.26 mg, 0.98 mg y 0.35 mg respectivamente.

**Anexo 02:** Instrumentos de recolección de datos.

Sustancias	Tipo de arco	Peso inicial	Primer peso	Segundo peso	
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Cromo-Níquel				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Energética	Níquel-Titanio				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Isotónica	Cromo-Níquel				
Sustancias	Tipo de arco	Peso inicial	Primer peso	Segundo peso	
Isotónica	Níquel-Titanio				

Isotónica	Níquel-Titanio				
Isotónica	Níquel-Titanio				
Isotónica	Níquel-Titanio				
Isotónica	Níquel-Titanio				
Isotónica	Níquel-Titanio				
Isotónica	Níquel-Titanio				
Isotónica	Níquel-Titanio				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Cromo-Níquel				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				
Saliva	Níquel-Titanio				

**Anexo 03:** Solicitud de permiso a la Universidad Nacional de Trujillo.

**SOLICITO: SOLICITO PERMISO PARA USO DE  
LABORATORIO DE  
NANOMATERIALES  
PERTENECIENTE AL  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE  
FISICA.**

**SEÑOR MAGISTER  
OSWALDO ROGER SÁNCHEZ ROSALES  
ENCARGADO DEL EL LABORATORIO DE NANOMATERIALES  
PERTENECIENTE AL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE FISICA DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.**

**ALEX JUNIOR LEYVA PARDO**, identificado con Documento Nacional de Identificación N° 72784482, Estudiante del X ciclo de la Facultad de Odontología de la Universidad Católica Los Ángeles De Chimbote, con domicilio en el Block H, Dpto. 101 de la Urb. Luis Albrech; a usted, con el mayor respeto y consideración solicito lo siguiente:

Que, siendo necesario desarrollar el proyecto de mi tesis, a fin de optar el título profesional de Cirujano Dentista; de manera expresa recurro a vuestro despacho, para solicitar su autorización para el uso del laboratorio de nanomateriales de la Universidad Nacional de Trujillo bajo su cargo, para lo cual pido se me establezca un horario de acuerdo a la disponibilidad del laboratorio.

**POR LO TANTO:**

Ruego a usted señor Magister, sírvase tener por aceptada la presente y a la vez se le dé el trámite correspondiente.

Trujillo, 10 de enero del 2018



**ALEX JUNIOR LEYVA PARDO**

(Estudiante del X ciclo)

**Anexo 04:** Respuesta del responsable del laboratorio de nanomateriales perteneciente al departamento académico de física de la Universidad Nacional de Trujillo

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Trujillo, 15 de enero del 2018

SEÑOR

ALEX JUNIOR LEYVA PARDO

Block H, Dpto. 101 de la Urb. Luis Albrech - Trujillo

Presente.

De mi consideración

Sirva la presente para saludarle de manera cordial y al mismo tiempo manifestarle que visto su solicitud donde requiere el uso del laboratorio de nanomateriales perteneciente al departamento académico de física de la Universidad Nacional de Trujillo, por consiguiente, mi despacho a dispuesto AUTORIZAR el uso del laboratorio en mención, a fin de que pueda desarrollar su proyecto de tesis, dado que los resultados serán de gran importancia y de aporte para la comunidad estudiantil de esta casa de estudios.

Así mismo se establece un horario en la que pueda desarrollar su proyecto de tesis, a partir de las 14:00 horas hasta las 18:00.

Atentamente:



Oswaldo Sánchez Ledesma  
DNI 18013692

**Anexo 05:** Constancia de validación de los equipos utilizados.

**"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"**

YO OSWALDO ROGER SÁNCHEZ ROSALES IDENTIFICADO CON EL DNI 18013692, ENCARGADO DEL LABORATORIO DE NANOMATERIALES PERTENECIENTE AL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO:

**HACE CONSTAR**

Que, la balanza analítica marca METTLER TOLEDO (AL54), que utilizó el estudiante Alex Junior Leyva Pardo, perteneciente a la escuela profesional de odontología de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote y que sirvió para el pesaje de los arcos ortodónticos, se encuentra en perfecto estado de funcionamiento, y se caracteriza por brindar un peso máximo de 51 gramos  $\pm$  0,001 miligramos y un peso mínimo de 0,01 miligramos  $\pm$  0,0001.

Del mismo modo debo señalar que dicho equipo fue adquirido hace un año aproximadamente,

Se expide el presente para los fines pertinentes.

Trujillo, 29 de enero del 2018

  
Oswaldo R. Sánchez Rosales  
DNI 18013692

**Anexo 06:** Evidencia fotográfica.



Son los arcos ortodónticos de níquel-titanio y cromo-níquel.



Rotulado de los vasos de presipitacion.



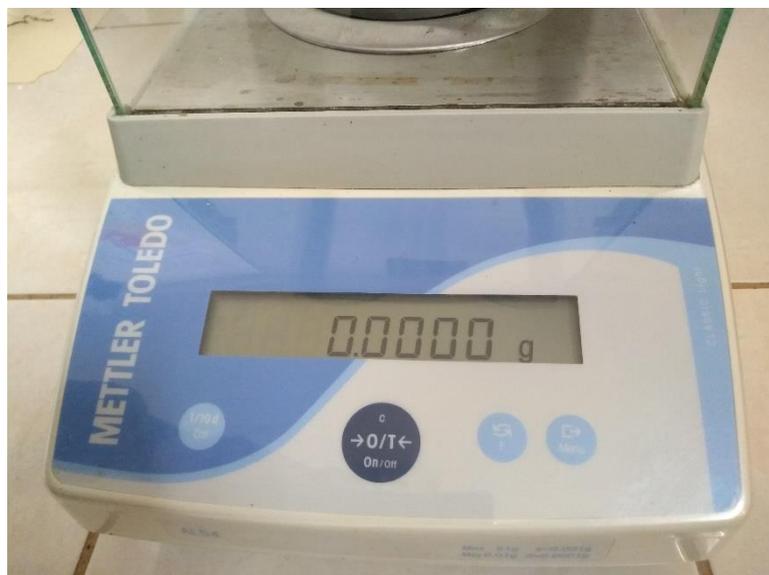
Bebidas utilizadas en la investigación.



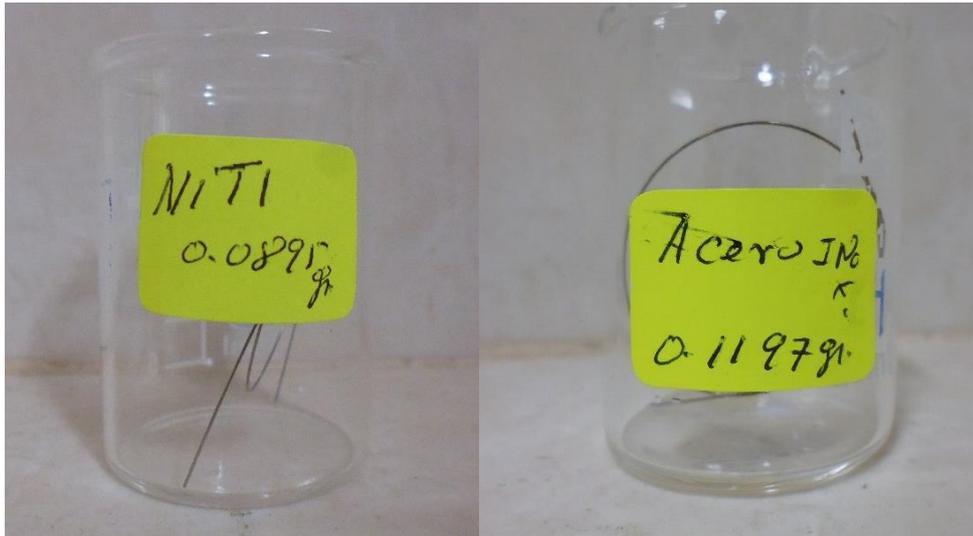
Químicos que se utilizaron para la obtencion de la saliva artificial.



Balanza analítica marca METTLER TOLEDO (AL54), determino el peso del arco de ortodancia.



Marcador en cero de la balanza analítica marca METTLER TOLEDO (AL54)



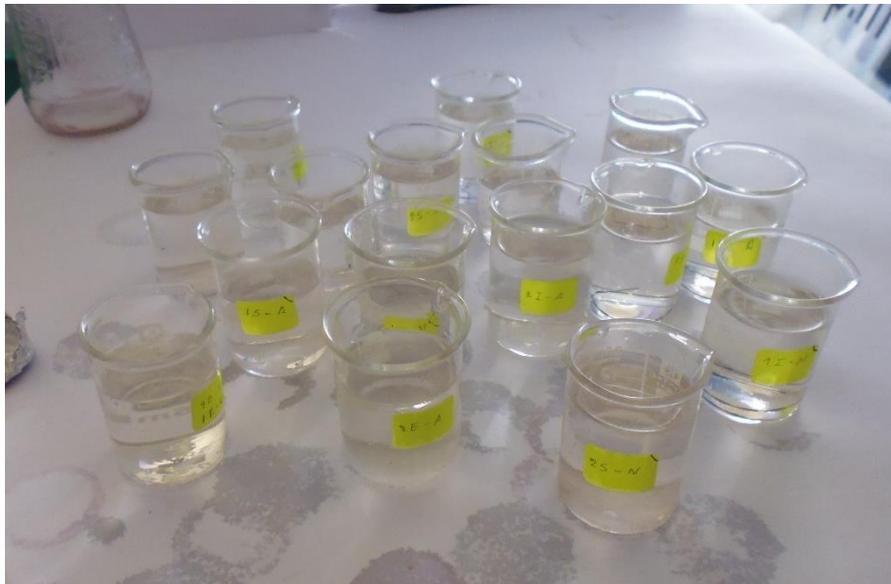
Rotulado de los vaoss de presipitacion.



Vasos de precipitación rotulados con sulucion isotónica y con el arco.



Vasos de precipitación rotulados con solución energizante y con el arco.



Vasos de precipitación rotulados con solución saliva artificial y con el arco.



Tapas de papel aluminio para los vasos de presipitacion.



Secadora Philips 1800 w.



Marcador inicial de un arco antes de el experimento en la balanza analítica marca METTLER TOLEDO (AL54)



Marcador final de un arco despues de el experimento en la balanza analítica marca METTLER TOLEDO (AL54)

## Anexo 07: Pruebas de Normalidad

Peso de 08 arcos metálicos ortodónticos de níquel-titanio antes y después de la inmersión en una bebida isotónica y energética.

Peso (mg)						
Ensayos	Antes			Después		
	Bebida isotónica	Bebida energética	Saliva artificial	Bebida isotónica	Bebida energética	Saliva artificial
1	119.2	119.1	119.3	118.8	118.5	119.0
2	120.0	119.3	119.4	119.8	118.8	118.8
3	119.4	119.3	119.6	119.0	118.2	119.3
4	119.7	119.3	119.2	119.4	118.8	119.0
5	119.2	119.1	119.3	117.5	116.6	119.0
6	120.0	119.3	119.4	117.8	118.0	118.8
7	119.4	119.3	119.6	118.0	117.4	119.3
8	119.7	119.3	119.2	118.4	117.6	119.0
Promedio	119.6	119.3	119.4	118.6	118.0	119.0
Desviación	0.324	0.093	0.158	0.804	0.761	0.191
Prueba de Normalidad*	0.211	< 0.001	0.175	0.001	< 0.001	< 0.001
*Prueba Shapiro-Wilk						

Peso de 08 arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel antes y después de la inmersión en una bebida isotónica y energética.

Peso (mg)						
Ensayos	Antes			Después		
	Bebida isotónica	Bebida energética	Saliva artificial	Bebida isotónica	Bebida energética	Saliva artificial
1	148.0	147.9	148.1	147.2	147.3	147.5
2	148.1	148.1	148.1	147.5	147.0	147.7
3	148.0	148.1	148.1	147.5	147.2	147.7
4	148.1	148.1	148.0	147.7	147.5	147.8
5	148.0	147.9	148.1	146.8	146.5	147.3
6	148.1	148.1	148.1	147.0	146.4	147.7
7	148.0	148.1	148.1	146.8	146.3	147.7
8	148.1	148.1	148.0	147.0	146.4	147.8
Promedio	148.1	148.1	148.1	147.2	146.8	147.7
Desviación	0.053	0.093	0.046	0.344	0.477	0.169
Prueba de Normalidad*	0.001	< 0.001	< 0.001	0.304	0.156	0.022
*Prueba Shapiro-Wilk						

Corrosión de 08 arcos metálicos ortodónticos de cromo-níquel y níquel-titanio de la inmersión en una bebida isotónica y energética.

Corrosión (mg)						
Ensayos	Cromo-Níquel			Níquel-Titanio		
	Bebida isotónica	Bebida energética	Saliva artificial	Bebida isotónica	Bebida energética	Saliva artificial
1	0.80	0.60	0.60	0.40	0.60	0.30
2	0.60	1.10	0.40	0.20	0.50	0.60
3	0.50	0.90	0.40	0.40	1.10	0.30
4	0.40	0.60	0.20	0.30	0.50	0.20
5	1.20	1.40	0.80	1.70	2.50	0.30
6	1.10	1.70	0.40	2.20	1.30	0.60
7	1.20	1.80	0.40	1.40	1.90	0.30
8	1.10	1.70	0.20	1.30	1.70	0.20
Promedio	0.863	1.225	0.425	0.988	1.263	0.350
Desviación..	0.329	0.495	0.198	0.759	0.733	0.160
Prueba de Normalidad*	0.156	0.133	0.204	0.009	0.173	0.408
*Prueba Shapiro-Wilk						