



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**COMPARACIÓN DE LA CORROSIÓN DE BRACKETS Y ALAMBRES  
DE USO ORTODÓNCICO CON Y SIN TRATAMIENTO DE  
ELECTROPULIDO**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANA DENTISTA**

PRESENTA

P.C.D María Fernanda Lara Fonseca

DIRECTOR DE TESIS

Dr. en C.S. Ulises Velázquez Enríquez

REVISORES

Dra. en C.S Edith Lara Carrillo

M. en A.P Ana Miriam Santillán Reyes

Toluca, Estado de México, octubre de 2023

# ÍNDICE

<b>I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
I.I ORTODONCIA .....	3
I.II APARATOLOGÍA FIJA EN ORTODONCIA .....	3
<i>Bracket</i> .....	3
<i>Alambres ortodóncicos</i> .....	4
<i>Bandas</i> .....	5
I.III TABLA 1. METALES USADOS EN ORTODONCIA .....	5
I.IV CORROSIÓN EN METALES .....	6
<i>Tipos de corrosión</i> .....	6
<i>Corrosión en Ortodoncia</i> .....	7
I.V MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO .....	7
I.VI ELECTROPULIDO .....	9
<b>II. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
<b>IV. HIPÓTESIS.....</b>	<b>13</b>
<b>V. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>VI. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>VII. RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
<b>VIII. DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>IX. CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>X. REFERENCIAS .....</b>	<b>33</b>

## I. ANTECEDENTES

### I.I Ortodoncia

La ortodoncia deriva de la Odontología y se encarga de prevenir, interceptar y corregir las maloclusiones o alguna discrepancias en los huesos, es decir, que se corrigen las posiciones funcionales y estéticas que se encuentran de manera incorrecta y los contactos de los dientes entre sí o con la arcada opuesta que pueden ser el resultado de un desarrollo inadecuado, pérdida de dientes o crecimiento anormal de los maxilares, <sup>(1)</sup> para restablecer el equilibrio morfológico y funcional de la boca y rostro, ayudando a la estética facial.

### I.II Aparatología Fija en Ortodoncia

#### *Bracket*

Es un dispositivo de metal o cerámico que controla los movimientos ortodóncicos causados por la aplicación de una fuerza. Los elementos activos tendrán como soporte a los brackets que van adheridos al diente. <sup>(2)</sup>

#### Clasificación

Los Brackets son clasificados en grupos:

- Por su forma de adhesión
  - a) Soldables a bandas.
  - b) Adhesión directa.
- Por su tamaño
  - a) Standard: 1.En los dientes superiores su ancho mesiodistal es de 4.2 mm. 2.El ancho mesiodistal en los caninos es de 4.0. 3.En los premolares el ancho mesiodistal es de 3.8 mm. <sup>(2)</sup>
  - b) Medianos: 1.En dientes superiores el ancho mesiodistal es de 3.8 mm. 2. Los caninos tienen un ancho mesiodistal de 3.6 mm. 3. En premolares el ancho mesiodistal es de 3.4 mm. <sup>(2)</sup>
  - c) Mini: 1.En dientes superiores el ancho mesiodistal es de 3.2 mm de ancho mesiodistal en dientes anteriores superiores. 2. Los caninos tienen un ancho mesiodistal de 3.0 mm. 3.En premolares el ancho mesiodistal es de 2.6 mm. <sup>(2)</sup>

- Por los materiales de elaboración:
  - a) Brackets metálicos
    - Acero inoxidable: pueden ser desarrollados de dos maneras, fundidos que se generan a partir de la inyección de acero inoxidable y la segunda de forma maquinada elaborada por el fresado de un bloque de acero inoxidable <sup>(2)</sup>
  - b) Titanio: los brackets de titanio fueron desarrollados por su buena biocompatibilidad, poseen gran resistencia a la corrosión y no se consideran elementos alergénicos. Pueden ser fabricados en una sola pieza o en dos partes unida por una soldadura láser
  - c) Cerámicos: se desarrollaron para adquirir mayor estética. Los brackets son fabricados con el material alúmina que se presenta en dos tipos monocristalina o policristalina.
    - Brackets poliméricos: son elaborados con policarbonato que se puede o no reforzar con fibra de vidrio, tienden a la absorción de líquidos por lo que tiene grandes cambios.
    - Brackets Zirconia: su indicación es limitada por poseer un mayor coeficiente de fricción, la estética es menor y existe una reducción de la fuerza de adhesión comparado con los elaborados de alúmina. <sup>(3)</sup>

### *Alambres ortodóncicos*

Son metales que han sido sometidos a fuerzas traccionales. Dándole forma de hilos se utilizan en los tratamientos diarios de ortodoncia.

### Aleaciones de los alambres

- Oro: hasta principios de la década de 1930, las aleaciones de oro (tipo IV) eran las que predominaban en accesorios de ortodoncia. Debido al incremento del costo como consecuencia provocó la reducción de su uso. El oro es blando, pero al mezclarlo con platino, paladio y cobre se obtenía mayor dureza que se reflejaba en la práctica <sup>(4)</sup>
- Cobre y Zinc: llamado cobre amarillo o de latón, son dúctiles y maleables. Se solían utilizar para la separación de los dientes a nivel de los molares con el fin de colocar posteriormente bandas <sup>(4)</sup>
- Acero Inoxidable: su estructura básica reúne hierro, cromo, níquel y en una mínima cantidad carbono. Posee grandes propiedades mecánicas y es idóneo para ejercer fuerzas controlables en los dientes <sup>(5)</sup>
- Cromo/cobalto: los módulos elásticos varían con o sin tratamiento térmico y poseen una capacidad de conformación, son moldeables y baja resistencia a la fricción. <sup>(6)</sup>

- Níquel/Titanio: es una aleación de diferentes elementos, pero que se encuentra en igual proporción de Níquel y Titanio. Poseen características importantes como brindar fuerzas constantes y ligeras, gran flexibilidad, son versátiles y pueden ser utilizadas en cualquier etapa del tratamiento de ortodóntico. <sup>(5)</sup>
- Titanio/molibdeno y beta titanio (TMA): Es una aleación formada por titanio, circonio y estaño. Es idónea para cuando sean los detalles finales del tratamiento y dobles menores de compensación.<sup>(6)</sup>

### *Bandas*

La ortodoncia inicio con la colocación de bandas metálicas circunferenciales alrededor de cada pieza dental. El primer material utilizado fue el oro que posteriormente se sustituyó por el acero inoxidable. <sup>(4)</sup>

Son aparatos metálicos elaborados por acero inoxidable laminado en forma de aro, existen diferentes tamaños y formas. Tienen como propósito fijar el resto de los elementos que se usan en el tratamiento (brackets, tubos y auxiliares) para obtener una correcta relación con los dientes.

Las bandas pueden ser clasificadas de acuerdo con su fabricación:

1. Confeccionadas a partir de la boca del paciente o por método directo.
2. Preformadas, prefabricadas, comerciales o por método indirecto.<sup>(7)</sup>

### Metales usados en ortodoncia

En la siguiente tabla 1 se muestran algunos de los materiales más utilizados para la fabricación de la aparatología ortodóntica:

I.III Tabla 1. Metales usados en ortodoncia

METAL	CARACTERÍSTICAS	ALEACIONES
Oro (Au)	Dentro de los metales es el más dúctil y maleable. Se agrega el oro a la aleación ya que aumentar la resistencia a la decoloración y la corrosión y tiene facilidad de bruñido	Au-Cu-Ag-Pd Au- Ag-Pd-In
Cobalto (Co)	Color blanco plateado, usado para aleaciones con poca solidez	Cr-Co
Níquel (Ni)	Es un elemento de color blanco plateado, magnético es un metal duro, maleable, dúctil, alta resistencia a la corrosión, alergénico	Ni Ti
Cromo (Cr)	De color gris, se agrega a las aleaciones para incrementar la dureza y resistencia a la corrosión	Ni-Cr-Be Co-C

Plata (Ag)	Metal blanco, dúctil, maleable, conductor del calor y electricidad, modifica el color de la aleación	Au-Ag-Cu
Cobre (Cu)	Metal rojo, dúctil, maleable, conductor de calor y electricidad	Au-Cu-Ag-Pd
Titanio	Color gris plata, resistente a la corrosión y fractura, biocompatible, <sup>(8-10)</sup>	NiTi Ti-Mo-Zr-Sn

#### I.IV Corrosión en metales

La corrosión es el deterioro de un material, principalmente metálico, por acción física, química o electroquímica del medio ambiente que puede estar aliada o no a algún esfuerzo mecánico. En los biomateriales metálicos al momento de sufrir corrosión existe una pérdida de la sustancia del material provocando un debilitamiento en su estructura y la reducción de su vida útil, comprometiendo así la integridad mecánica de su estructura

La corrosión también se puede referir a la degradación del material en los átomos como resultado a la reacción química entre los materiales y su entorno. En la cavidad bucal los iones metálicos liberados causan la corrosión. <sup>(11)</sup>

Esta liberación de iones se puede distribuir local y sistémicamente, puede generar una respuesta patológica local y/o sistémica. Los iones liberados son sobre todo en hierro, níquel y cromo. Debido a su potencial alergénico el níquel ha recibido la mayor atención.

Debido al ambiente, el arco metálico genera rugosidades en la superficie, modificando la capa pasiva provocando que este posea menor resistencia a la corrosión. Es importante tener en cuenta el tiempo que permanece el alambre en boca, la placa y restos de alimentos van a formar una cepa en ellos. Los procesos metabólicos de las bacterias de la placa y los subproductos microbianos y tienden a generar una disminución en el pH. La capa pasiva de óxido de los arcos se altera debido a esta disminución. <sup>(12)</sup>

#### *Tipos de corrosión*

- Corrosión por bacterias: se define como el deterioro de un material metálico en presencia de hongos o bacterias, generalmente este fenómeno se presenta en condiciones anaeróbicas (bacterias sulfato reductoras). En condiciones aerobias la corrosión ocurre debido a la presencia de un metabolito ácido como en la cavidad bucal donde la mayoría de las bacterias son productoras de ácido; también pueden desencadenar corrosión por la aparición de celdas de concentración y formación de depósitos (biopelícula) placa bacteriana.

- Corrosión galvánica: es el ataque uniforme sobre grandes áreas de una superficie es una forma común de corrosión y puede ser húmeda o seca. Se presenta cuando dos metales diferentes entran en contacto a través de una solución conductora.
- Corrosión por desgaste: abrasión y erosión es cuando el movimiento del medio corrosivo sobre la superficie genera un incremento en la velocidad de acción debido al desgaste mecánico, el mecanismo de erosión se a la eliminación de las películas superficiales protectoras.
- Corrosión por cavitación: es causada por la formación y colapso de burbujas de vapor en la superficie del metal.
- Corrosión por desgaste: ocurre cuando las piezas del metal (brackets, arcos de ortodoncia) se deslizan una sobre otra, dañando a una o varias piezas.<sup>(13)</sup>

### *Corrosión en Ortodoncia*

Los aparatos de ortodoncia fija proporcionan áreas de bajo flujo salival permitiendo la adhesión bacteriana y la formación de biopelículas.<sup>(14)</sup>

La corrosión de la aparatología en ortodoncia y las respuestas biológicas son la mayor preocupación. Los aparatos metálicos utilizados en el tratamiento de ortodoncia (brackets, tubos, bandas y alambre) en promedio se mantienen en boca durante 2 años en un ambiente que se considera potencialmente corrosivo. La destrucción de los materiales dentales en la cavidad oral generalmente es imperceptible macroscópicamente<sup>(8)</sup>

Las investigaciones han demostrado que existe un incremento salival de *Streptococcus mutans* en saliva en los pacientes con ortodoncia fija, con mayor incidencia cariogénica que los que no usan aparatos de ortodoncia.<sup>(14)</sup>

### I.V Microscopia electrónica de barrido

La microscopia permite la visualización de información que macroscópicamente no se logra observar, es un área de trabajo multidisciplinar y se puede aplicar a tipos de muestras y procesos.

La microscopia electrónica de barrido (MEB o SEM por sus siglas en inglés) permite producir imágenes de alta resolución sobre muestras conductoras mediante un haz de electrones, los electrones generados son acelerados por una rejilla polarizada positivamente.

El haz es enviado hacia un punto mediante bobinas electromagnéticas, de manera que éstas permiten realizar un barrido de la superficie a estudiar posteriormente utilizando un detector de electrones que analiza los electrones secundarios que luego, una computadora se encarga de presentar la lectura de los electrones para

mostrar una imagen clara de la superficie de una muestra, alcanzando niveles de detalle muy altos (hasta 3 nm a 30kV), es decir 1,000,000 X de aumento.

El número de electrones producidos en el proceso de interacción depende tanto del material (cuanto mayor es el número atómico mayor es la emisión: contraste por diferente elemento químico) como de su forma (la emisión sobre una zona rugosa, borde o arista es mayor debido entre otras cosas a la mayor concentración de carga en esos puntos: contraste topográfico). Si ahora desplazamos el haz a través de la muestra, mediante las lentes deflectoras, podemos generar una línea y, superponiendo líneas, formar una imagen (Figura 1).<sup>(15)</sup>

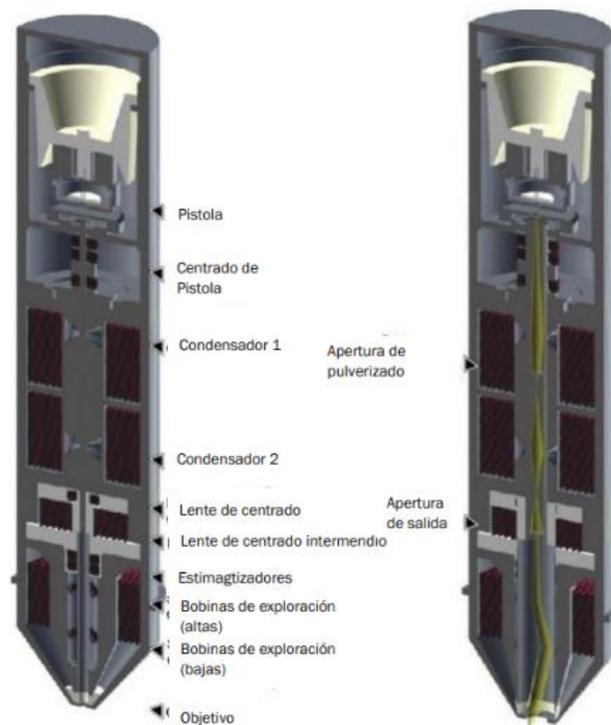


Figura 1. Funcionamiento al interior del SEM<sup>(15)</sup>

Cuando la interacción del electrón incidente es con los electrones más periféricos de los átomos de la muestra, muchos de estos electrones de valencia son eyectados fuera de la muestra como electrones secundarios de baja energía.

En la interacción de los electrones incidentes cerca del núcleo de los átomos de la muestra, se produce una gran deflexión en la dirección del electrón. De esta manera, estos electrones son dispersados elásticamente hacia atrás y son eyectados fuera del espécimen (electrones retrodispersados o denominado "backscattered"), y la fracción de éstos aumenta con el número atómico de la muestra.

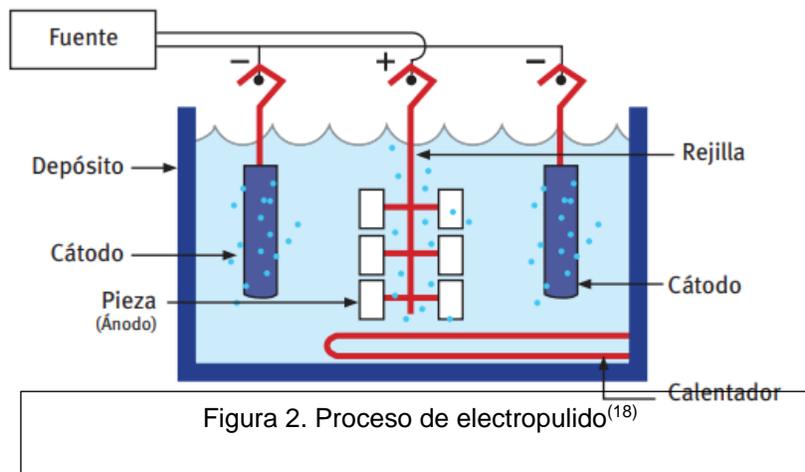
Una amplia variedad de señales es producida debido a interacciones complejas del haz de electrones con los átomos del espécimen. Estas señales (electrones secundarios y electrones retrodispersados o backscattered) son colectadas por distintos detectores colocados en la cámara portamuestras del microscopio.<sup>(16)</sup>

## I.VI Electropulido

Consiste en una técnica de acabado químico que se puede aplicar en diferentes superficies mediante la cual el metal se disuelve electrolíticamente, ión por ión, de la superficie de un objeto metálico, con el propósito de reducir las microrugosidades, disminuyendo el riesgo de adhesión de residuos, facilitando la limpieza de las superficies y a su vez eliminar rebabas, abrillantar y pasivar

Debido a que el electropulido no implica un impacto mecánico, térmico o químico, se pueden aplicar elementos casi de cualquier forma y tamaño y incluso los que son mecánicamente frágiles.

El proceso de electropulido es una electrólisis controlada que se realiza dentro de una tina, el cual contiene una solución electrolítica, un cátodo, un ánodo y una fuente de corriente (Figura 2) el objeto se comporta como ánodo y cede electrones, dicho de diferente manera, el material de la superficie del objeto se disuelve con el paso de la corriente eléctrica. En las partes en donde la pieza presenta rugosidades o una superficie con irregularidades la corriente eléctrica tiene mayor densidad, y ocurre una mayor disolución del material “alisando” o puliendo dicha superficie.<sup>(17)</sup>



La cantidad de metal eliminado en la pieza es proporcional a la corriente aplicada, a la eficiencia del electrolito y al tiempo de exposición.

En el acero inoxidable, la eliminación de los componentes de la aleación varía según los mismos y eso crea un efecto importante. Los átomos de hierro y níquel tienen mayor tendencia a extraerse de la celda del cristal comparado con los átomos de cromo. El

electropulido se enfoca al Hierro y al Níquel, dejando una superficie rica en Cromo. Este fenómeno acelera y mejora la pasivación de las superficies electropulidas.

#### Pasos del proceso

Para obtener acabados electropulidos de alta calidad, en la mayoría de las aleaciones de acero inoxidable, el trabajo se debe realizar en las tres operaciones siguientes:

1. Preparación del metal: eliminación de aceites, grasas, óxidos y otros contaminantes de la superficie que interfieren con la uniformidad del electropulido.
2. Electropulido: para suavizar, abrillantar y/o eliminar las rebabas del metal.
3. Tratamiento posterior: eliminación del electrolito residual y de los productos secundarios de la reacción de electropulido, con posterior secado para prevenir la aparición de manchas.

Cada una de estas operaciones puede implicar la utilización de varios depósitos para lograr el acabado deseado. <sup>(18)</sup>

## II. JUSTIFICACIÓN

Es escasa la literatura que muestra los cambios microscópicos a nivel estructural en la aparatología fija utilizada en ortodoncia, recordando que la corrosión provoca daños estructurales a los aparatos presentando rugosidades en la superficie y con está provocando la liberación de iones metálicos, uno de los principales problemas causados por los aparatos y es por eso que es indispensable la revisión de estrategias para reducir este daño.

La aparatología fija es indispensable para los tratamientos de ortodoncia, estos están diseñados con distintas aleaciones que contienen diferentes metales. La combinación de estos materiales en el ambiente oral y su uso por períodos prolongados que fluctúan entre 2 y 3 años ha demostrado riesgos provocados a la salud por la liberación de iones metálicos y los productos de la corrosión del aparato ortodóncico utilizado.

Los efectos adversos de liberación de iones metálicos pueden ir desde una mancha blanca hasta reacciones alérgicas y recientemente una revisión sistemática evidenció que el uso de la aparatología fija en ortodoncia induce daño al ácido desoxirribonucleico el daño en este es uno de los principales factores que puede iniciar lesiones malignas en cavidad bucal.<sup>(19)</sup> De acuerdo con las investigaciones la liberación de iones es uno de los efectos adversos que tienen más relevancia en tratamiento ortodóncico es por eso por lo que se intenta implementar el electropulido con una estrategia para reducir la liberación de iones provocados por la corrosión y los movimientos ortodóncicos.

Aunque las investigaciones del electropulido en el área odontológica son escasas, en estas se ha demostrado que electropulido se puede considerar como una estrategia para disminuir la liberación de iones y por eso que es fundamental el estudio a nivel microscópico de los cambios estructurales que tiene la aparatología fija con y sin el método de electropulido.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo de la historia de la ortodoncia, se han usado aparatos fijos y removibles para corregir los problemas de oclusión y de estética facial

La aparatología fija crea áreas de estancamiento y dificultan la limpieza bucal. Las superficies irregulares de los brackets, bandas y alambres dificultan los mecanismos de autolimpieza de los músculos orales y salivales. Esto genera la acumulación de placa y el aumento de bacterias ácidas;<sup>(20)</sup> como consecuencia del ambiente, el arco metálico comienza a presentar rugosidades en la superficie, alterando la capa pasiva haciéndolos menos resistentes a la corrosión y con esta la liberación de iones metálicos. <sup>(12)</sup>

La liberación de los iones metálicos provocados por la corrosión puede ocasionar efectos adversos que pueden presentarse de manera general son la glositis, sabor metálico, gingivitis, hiperplasia gingival, dermatitis por contacto, hipersensibilidad, citotoxicidad y genotoxicidad en las células de la mucosa que pueden dar origen a patologías de tipo periodontal, como el agrandamiento gingival y reacciones alérgicas que aún no están bien determinadas.

Una revisión sistemática reciente evidenció que el uso de la aparatología fija en ortodoncia induce daño al ácido desoxirribonucleico (ADN) en las células de la mucosa oral, lo cual es relevante, porque el daño en el ADN es uno de los principales factores que puede iniciar lesiones malignas en cavidad bucal.<sup>(19)</sup>

Es importante definir los cambios microscópicos que llega a tener la aparatología fija provocados por la corrosión causada por el ambiente de la cavidad bucal y diversos factores que pueden alterar el pH de la saliva provocando que los aparatos sean más susceptibles a la corrosión

No existe evidencia suficiente que compruebe o refute que la aplicación del electropulido puede reducir la liberación de iones metálicos en el medio bucal.

Por lo que se formula la siguiente pregunta de investigación,

**¿Cuáles serán los cambios a nivel microscópico de la aparatología fija ortodóncica que han sido sometidos a tratamiento de electropulido?**

## **IV. HIPÓTESIS**

### Hipótesis de trabajo

El tratamiento de electropulido aplicado a los brackets y alambres de uso ortodóncico disminuye la corrosión de los metales que los componen.

### Hipótesis Nula

El tratamiento de electropulido aplicado a los brackets y alambres de uso ortodóncico no disminuye la corrosión de los metales que los componen.

## **V. OBJETIVOS**

### Objetivo general

Comparar la corrosión de brackets y alambres de uso ortodóntico con y sin tratamiento de electropulido mediante microscopía electrónica de barrido.

### Objetivos específicos

1. Comparar los niveles de corrosión y liberación de iones en brackets metálicos de diferentes marcas comerciales y técnicas ortodónticas (Roth y autoligado) con y sin tratamiento de electropulido.

2. Comparar los niveles de corrosión y liberación de iones en alambres de diferente composición (acero inoxidable y níquel titanio (NiTi)) y forma (redondos y rectangulares) con y sin tratamiento de electropulido.

## VI. METODOLOGÍA

Tipo de estudio: comparativo, descriptivo

Diseño del estudio: experimental

Muestra de estudio: muestreo no probabilístico, por conveniencia, conformado por grupos con la siguiente distribución:

- 20 Brackets 3M™ Unitek™ Victory SL autoligado .022" (Monrovia, California, EUA).
- 20 Brackets Nu-Edge LN KIT, .018" Roth, TP Orthodontics, Inc, (La Porte, Indiana EUA).
- 7 arcos de alambre NiTi Iline .016" (Borgatta Dental).
- 7 arcos de alambre NiTi Bio Memalloy square .020" x .020" (Borgatta Dental).
- 7 arcos de alambre de acero inoxidable .016" x .022". American Orthodontics, (Washington Avenue, Sheboygan, WI USA 53081).
- 7 arcos de alambre de acero inoxidable .017 x .025". American Orthodontics, (Washington Avenue, Sheboygan, WI USA 53081).

Criterios de inclusión

- Brackets de autoligado metálicos slot .022".
- Brackets metálicos prescripción Roth slot .018".
- Brackets sin defecto físico aparente.
- Brackets metálicos nuevos.
- Arcos de alambre NiTi y acero inoxidable.
- Arcos de alambre redondo y rectangular.
- Arcos de alambre nuevos.
- Arcos de alambre sin defectos físicos aparentes.

Criterios de exclusión

- Brackets estéticos.
- Brackets reciclados.
- Alambres de calibres .012", .014" o cualquier otro calibre
- Alambres reciclados.

Criterios de eliminación

- Brackets que sufran deformaciones durante su manipulación.

- Arcos de alambre que presenten deformaciones indeseadas durante su manipulación.

Operacionalización de las variables.

Variable	Descripción conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Unidad de medición
<b>Variable dependiente</b>				
<b>Liberación de iones</b>	Liberación de iones de metal en el medio que lo rodea dada por una acción química.	Cantidad de iones metálicos liberados, expresado en porcentaje a través de la determinación cualitativa o semicuantitativa de composiciones químicas usando EDS a través del SEM.	Cuantitativa	Porcentaje
<b>Variables independientes</b>				
<b>Electropulido</b>	Proceso químico que remueve la capa superficial de un metal.	Método electroquímico que removerá la capa más superficial del bracket y arcos de alambre de estudio.	Cualitativa	Con electropulido Sin electropulido
<b>Bracket ortodóntico</b>	Dispositivo metálico o cerámico que guía los movimientos dentales en conjunto con los arcos de alambre cuando se ejerce una fuerza.	Aditamento ortodóntico que se someterá a electropulido, utilizando dos casas comerciales diferentes.	Cualitativa	3M Unitek Victory SL autoligado. Nu-Edge LN KIT, Roth, TP Orthodontics

<b>Arcos de alambre ortodónticos</b>	Aleaciones de metal, utilizados para guiar los movimientos dentales al ser insertados en el slot del bracket.	Aditamento ortodóntico de diferentes calibres, formas y composiciones que se someterá a electropulido.	Cualitativa	NiTi Iline .016" NiTi Bio Memalloy square .020"x.020" Acero inoxidable .016" x022" Acero inoxidable .017x0.025".
<b>Níquel</b>	Puro es un metal duro, blanco-plateado, es, maleable, dúctil, alta resistencia a la corrosión, alergénico	Porcentaje de níquel que presenta el bracket y/o alambre al momento del análisis por SEM	Cuantitativa	Porcentaje
<b>Hierro</b>	El hierro es un elemento que se caracteriza por ser magnético, al calentarse pierde su magnetismo; es blando, maleable, con brillo metálico y de color gris acerado a negro	Porcentaje de hierro que presenta el bracket y/o alambre al momento del análisis por SEM	Cuantitativa	Porcentaje
<b>Cromo</b>	es un metal de color blanco plateado, brillante, duro y quebradizo, resistente a la corrosión	Porcentaje de cromo que presenta el bracket y/o alambre al momento del análisis por SEM	Cuantitativa	Porcentaje
<b>Titanio</b>	Ligero, duro, resistente a la tracción,	Porcentaje de titanio que presenta el bracket y/o alambre	Cuantitativa	Porcentaje

	<p>incluso a elevadas temperaturas, el titanio es preferido para casos en los que el factor peso es determinante o en los que el ambiente es demasiado corrosivo</p>	<p>al momento del análisis por SEM</p>		
--	--	--	--	--

### Procedimiento

1. Se utilizaron un total de 40 brackets divididos en 2 grupos: experimental de 20 brackets metálicos (10 de autoligado y 10 prescripción Roth) y un grupo control de 20 brackets metálicos, (10 de autoligado y 10 prescripción Roth).

Se utilizaron 28 arcos de alambre cortados por la mitad, con un total de 56 mitades de arcos de alambre, divididos en 2 grupos, uno control con 28 mitades de arcos de alambre de NiTi y acero inoxidable, y uno experimental, con 28 mitades de arcos de alambre de NiTi y acero inoxidable, conformados por los calibres antes mencionados.

Los grupos experimentales fueron aquellos que recibieron el electropulido y el control, los que se obtuvieron directamente del fabricante.

1.Brackets grupo control:

- Grupo A: 3M™ Unitek™ Victory SL autoligado slot .022", Monrovia California EUA. 14 brackets hemiarcada superior derecha y hemiarcada inferior derecha.
- Grupo B: TP Orthodontics, Nu-Edge Roth slot .018", Inc, La Porte, Indiana EUA. 14 brackets hemiarcada superior derecha y hemiarcada inferior derecha.

Brackets grupo experimental:

- Grupo C: 3M™ Unitek™ Victory SL autoligado slot .022", Monrovia California EUA. 14 brackets hemiarcada superior izquierda y hemiarcada inferior izquierda.

- Grupo D: TP Orthodontics, Nu-Edge Roth slot .018", Inc, La Porte, Indiana EUA. 14 brackets hemiarcada superior izquierda y hemiarcada inferior izquierda.

## 2. Arcos de alambre grupo control:

- Grupo E: 7 mitades de alambre NiTi calibre .018"
- Grupo F: 7 mitades de alambre NiTi calibre .016 x .022"
- Grupo G: 7 mitades de alambre de acero inoxidable calibre .016"
- Grupo H: 7 mitades de alambre de acero inoxidable calibre .017 x .025"

## Arcos de alambre grupo experimental:

- Grupo I: 7 mitades de alambre NiTi calibre .018"
- Grupo J: 7 mitades de alambre NiTi calibre .016 x .022"
- Grupo K: 7 mitades de alambre de acero inoxidable calibre .016"
- Grupo L: 7 mitades de alambre de acero inoxidable calibre .017 x .025"

2. Preparación del grupo experimental (electropulido): se colocó un litro de electrolito en la tina de electropulido (Molident, Ciudad de México, México) y se sumergieron los brackets y mitades de arcos de alambre del grupo experimental, por 10 segundos a 12 voltios, a una temperatura de 40°C con una densidad de corriente de 5 A/dm<sup>2</sup>, posteriormente se limpiaron con alcohol y secaron con aire comprimido por un minuto.

3. pH cíclico: simula el medio ambiente bucal a través de cambios de soluciones desmineralizantes y remineralizantes, ambos grupos se sometieron a una solución desmineralizante compuesta por: 2.2 mM CaCl<sub>2</sub>, 2.2 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.05 M de ácido acético con un pH ajustado a 4.6. La solución remineralizante se conformó de: 1.5mm CaCl<sub>2</sub>, 0.9 mM Na<sub>2</sub> Po<sub>4</sub>, y 0.15 mM de KCl a un pH de 7.0; las muestras se mantuvieron a 37°C a temperatura constante en una incubadora. Las soluciones se aplicaron diariamente por 15 días con un pH cíclico de 3 hrs. de desmineralización y 21 hrs. de remineralización.

4. Caracterización y análisis EDS a través de microscopía electrónica de barrido: al término del estudio se evaluaron los cambios sufridos en los grupos experimentales y controles (con

y sin electropulido), así como la comparación con brackets y arcos de alambre nuevos sin ser sometidos al pH cíclico.



Figura 3. Microscopio Electronico de Barrido

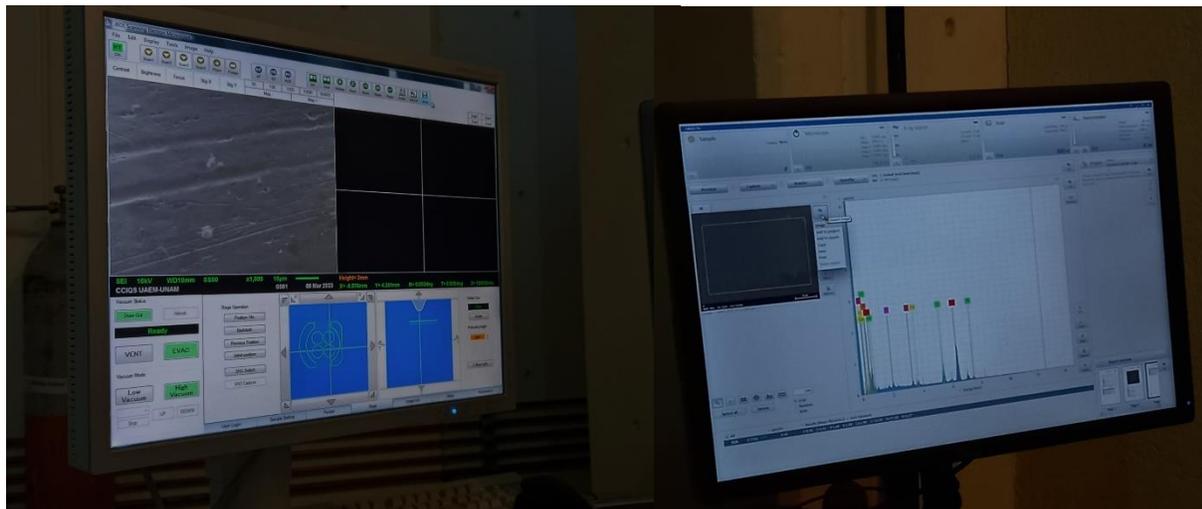


Figura 4. Imágenes del SEM al momento de realizar el analisis elemental

### Consideraciones bioéticas

Este estudio no infringe ningún principio bioético ya que es un estudio in vitro sobre aditamentos ortodónticos. Se tomaron en cuenta los aspectos éticos de la investigación, concordando con los principios de la declaración de Helsinki y el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación. Al tratarse de una investigación con un mínimo riesgo.

### Análisis estadístico

Los resultados fueron arrojados en porcentaje por lo que se hizo la comparación entre grupos a través de sus porcentajes.

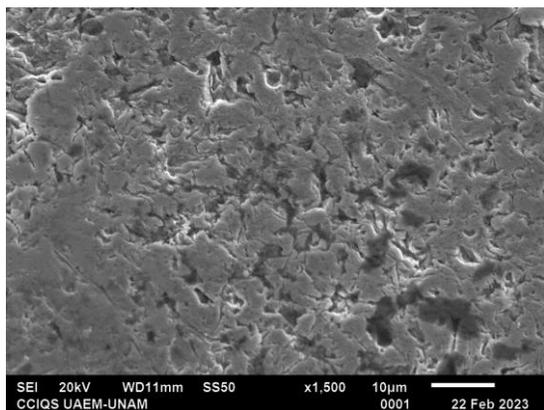
## VII. RESULTADOS

### **Brackets**

Los resultados de los grupos A,B,C y D se refieren a los grupos de Brackets, siendo los grupos A y B grupos controles, C y D grupos experimentales.

En los grupos A se observa una superficie irregular con múltiples poros que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos o provenir desde su clasificación (Figura 5).

En el EDS se encontraron diversos elementos químicos, de los cuales se describe el promedio del porcentaje atómico de los elementos más relevantes y que se encontraron en mayor proporción, entre ellos el Cromo con un promedio de 26.89%, Hierro con un promedio de 73.56% y Níquel con promedio de 8.17%.



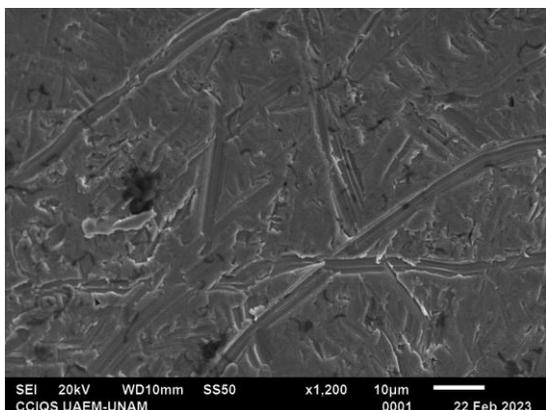
BRACKET A 7728

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [% (1 sigma)]	rel. error [% (1 sigma)]
Carbon	6	218	2.89	2.89	11.41	0.17	5.97
Oxygen	8	410	1.78	1.78	5.29	0.10	5.51
Chlorine	17	276	0.58	0.58	0.78	0.04	6.98
Chromium	24	3634	16.27	16.27	14.85	0.43	2.65
Iron	26	9506	74.14	74.14	63.02	1.88	2.54
Nickel	28	245	3.09	3.09	2.50	0.10	3.32
Aluminium	13	218	0.58	0.58	1.02	0.05	8.10
Silicon	14	302	0.67	0.67	1.13	0.05	7.12
		Sum	100.00	100.00	100.00		

Figura 5. Ejemplo de Bracket del Grupo A con un aumento de x1,500 y los resultados de su EDS.

En el grupo C después del electropulido se observa una superficie con líneas lisas y continuas con menores irregularidades en comparación del grupo A, estas irregularidades pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos o provenir desde su clasificación (Figura 6).

En el análisis elemental se describe el promedio del porcentaje atómico de los elementos más relevantes y que se encontraron en mayor proporción, como el Cromo con un promedio de 29.30%, Hierro con promedio de 61.18% y Níquel con un promedio de 17.1%.



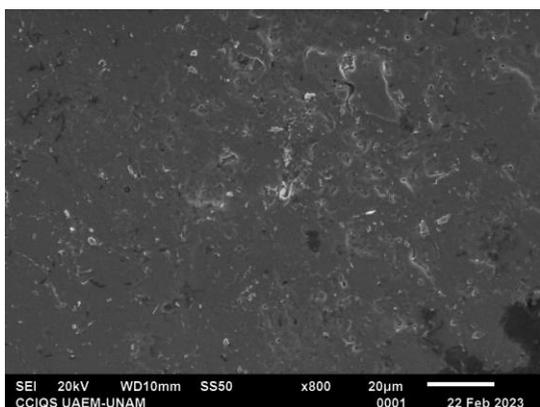
BRAKET A 7728

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	237	1.22	1.22	6.77	0.09	7.10
Oxygen	8	401	0.88	0.88	3.67	0.06	7.15
Chromium	24	7144	14.58	14.58	18.64	0.39	2.68
Iron	26	14232	47.16	47.16	56.13	1.21	2.56
Dysprosium	66	6810	36.15	36.15	14.78	0.93	2.57
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 6. Ejemplo de Bracket del Grupo C con un aumento de x1,200 y los resultados de su EDS.

En el grupo B se observa una superficie irregular que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos o provenir desde su clasificación (Figura 7).

En el análisis elemental se encontraron diversos elementos químicos, el promedio del porcentaje atómico de los más importantes fueron: Cromo con promedio de 24.21%, Hierro con promedio de 4.15 % y Cobalto con promedio de 67.49%, siendo los más relevantes ya que se encontraron en mayor proporción.



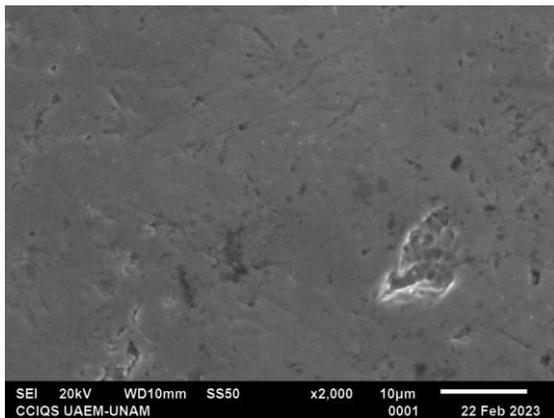
BRAKET A 7728

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	164	1.41	1.41	6.27	0.10	6.88
Sulfur	16	822	1.10	1.10	1.84	0.06	5.13
Chromium	24	7650	24.14	24.14	24.79	0.63	2.60
Iron	26	745	3.84	3.84	3.67	0.12	3.16
Cobalt	27	10827	69.04	69.04	62.55	1.75	2.54
Silicon	14	311	0.46	0.46	0.88	0.04	8.84
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 7. Ejemplo de Bracket del Grupo B con un aumento de x800 y los resultados de su EDS.

En el grupo D después del electropulido se observa una superficie más lisa y menores irregularidades en comparación del grupo B, estas irregularidades pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos o provenir desde su clasificación (Figura 8).

En el análisis elemental se encontraron diversos elementos químicos, se analizó el porcentaje atómico y se sacó el promedio de cada uno de los análisis reflejando los siguientes resultados: Cromo con promedio de 22.45%, Hierro con promedio de 4.10% y Cobalto con promedio de 67.88%, siendo los más relevantes, que se encontraron en mayor proporción.



BRACKET A 7728

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	296	1.88	1.88	8.23	0.12	6.44
Sulfur	16	1260	1.25	1.25	2.05	0.06	4.87
Chromium	24	10079	23.42	23.42	23.75	0.61	2.61
Iron	26	1250	4.75	4.75	4.49	0.14	3.03
Cobalt	27	14599	68.70	68.70	61.47	1.74	2.54
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 8. Ejemplo de Bracket del Grupo D con un aumento de x2,00 y su resultado de EDS.

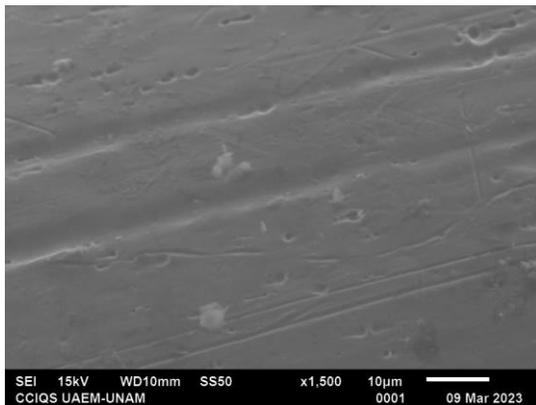
### **Alambres**

Los resultados de los grupos E,F,G,H,I,J,K y L se refieren a los grupos de alambres, siendo los grupos E,F,G y H grupos controles, I,J,K y L grupos experimentales.

En el grupo E se observa una superficie con algunas irregularidades con líneas lisas que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos o provenir desde su clasificación (Figura 9).

En el análisis elemental se encontraron diversos elementos químicos, se analizó el porcentaje atómico y se sacó el promedio de cada uno de los análisis reflejando los

siguientes resultados: Níquel con promedio de 18.97% y Titanio con promedio de 32.54%, siendo los más relevantes ya que se encontraron en mayor proporción.



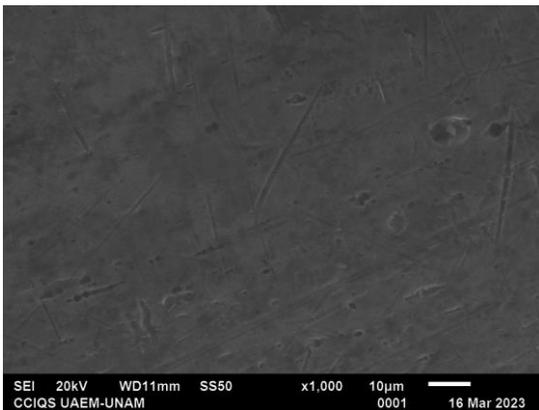
E 7749

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	374	4.73	4.73	13.65	0.26	5.52
Oxygen	8	911	13.79	13.79	29.88	0.72	5.24
Sodium	11	322	1.67	1.67	2.51	0.10	6.03
Nickel	28	2199	31.76	31.76	18.75	0.82	2.58
Titanium	22	11194	46.48	46.48	33.64	1.19	2.56
Potassium	19	312	0.82	0.82	0.73	0.05	5.57
Phosphorus	15	313	0.75	0.75	0.84	0.05	6.27
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 9. Ejemplo de Alambre del Grupo E con un aumento de x1,500 y su resultado de EDS.

En el grupo I después de haberse sometido a electropulido se observa una superficie en su mayoría lisa con algunas líneas continuas que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos o provenir desde su clasificación (Figura 10).

En el EDS, se analizó el porcentaje atómico y se sacó el promedio de cada uno de los análisis, arrojando los siguientes resultados: níquel con promedio de 0.0 %, titanio con promedio de 52.58%, siendo los más relevantes ya que se encontraron en mayor proporción.



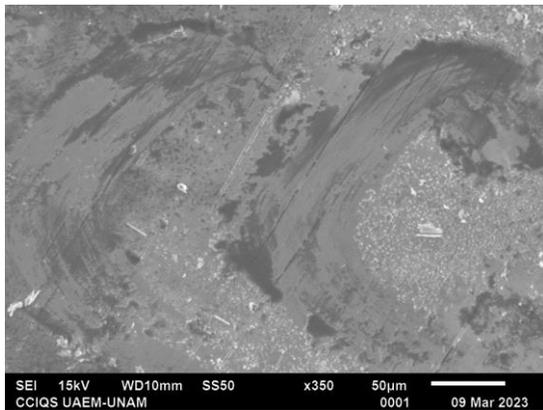
ALAMBRE I 7760

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	84	1.68	1.68	6.38	0.11	6.60
Nickel	28	0	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54
Titanium	22	25058	98.32	98.32	93.62	2.49	2.53
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 10. Ejemplo de Alambre del Grupo I con un aumento de x1,000 y su resultado de EDS.

En el grupo F se observa una superficie lisa con algunas irregularidades que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos, manipulación o provenir desde su clasificación (Figura 11).

En el análisis elemental se encontraron diversos elementos químicos, se analizó el porcentaje atómico y se sacó el promedio de cada uno con los siguientes resultados: Níquel con promedio de 37.1% y Titanio con promedio de 33.96%, siendo los que se encontraron con mayor proporción.



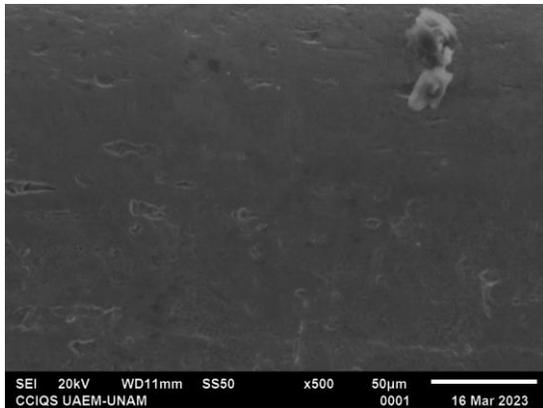
F 8957

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Nickel	28	92566	51.28	51.28	35.72	1.31	2.56
Titanium	22	172630	38.14	38.14	32.57	0.99	2.59
Carbon	6	3191	5.50	5.50	18.72	0.32	5.73
Oxygen	8	3234	5.08	5.08	12.99	0.29	5.73
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 11. Ejemplo de Alambre del Grupo F con un aumento de x350 y su resultado de EDS.

En el grupo J después de haberse sometido a electropulido, se observa una superficie lisa con algunas irregularidades que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos, manipulación o provenir desde su clasificación (Figura 12).

Se analizó el porcentaje atómico y se sacó el promedio de cada uno de los análisis reflejando los siguientes resultados: Níquel con un promedio de 41.42% y Titanio con 47.64%, siendo los más relevantes y que se encontraron en mayor proporción.



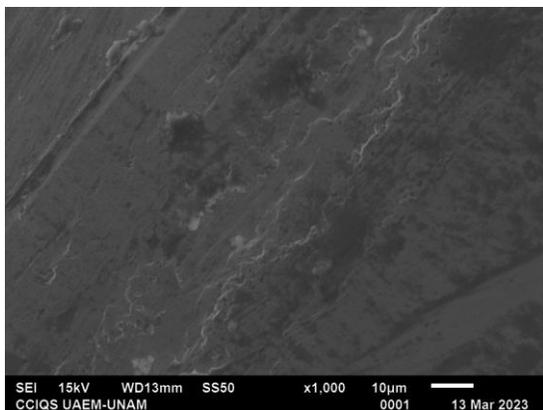
ALAMBRE J 7761

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Titanium	22	23718	47.34	47.90	52.99	1.38	2.92
Nickel	28	12742	51.48	52.10	47.01	1.49	2.89
		<b>Sum</b>	<b>98.82</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 12. Ejemplo de Alambre del Grupo J con un aumento de x500 y su resultado de EDS.

En el grupo G se observa una superficie lisa con algunas irregularidades con líneas continuas que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos, manipulación o provenir desde su clasificación (Figura 13).

En el análisis elemental se encontraron diversos elementos químicos, siendo los más relevantes y que se encontraron en mayor proporción: Níquel con promedio de 3.38%, Hierro con promedio de 45.93%, Cromo con promedio de 13.03 % y Carbón con promedio de 28.94%.



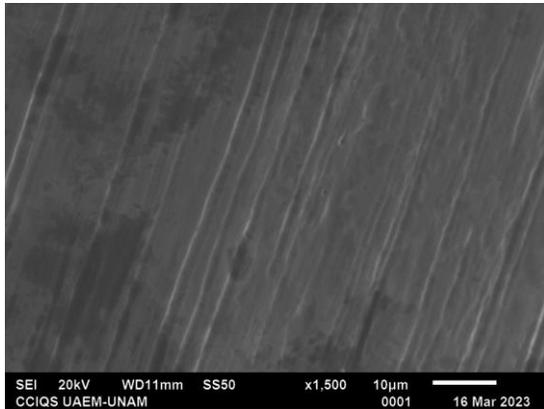
MA-G 7754

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	322	4.05	4.05	15.54	0.23	5.69
Oxygen	8	468	2.03	2.03	5.85	0.11	5.35
Nickel	28	436	5.58	5.58	4.38	0.17	2.96
Potassium	19	252	0.59	0.59	0.70	0.04	6.76
Iron	26	8684	69.07	69.07	56.98	1.75	2.54
Chromium	24	4002	18.67	18.67	16.55	0.49	2.63
Calcium	20	0	0.00	0.00	0.00	0.00	2.53
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 13. Ejemplo de Alambre del Grupo G con un aumento de x1,000 y su resultado de EDS.

En el grupo K después de haberse sometido a electropulido, se observa una superficie lisa con líneas lisas, continuas y simétricas (Figura 14).

En el análisis elemental se encontraron diversos elementos químicos, el promedio del porcentaje atómico de éstos fueron los siguientes: Níquel con promedio de 5.29%, Hierro con promedio de 56.34%, Cromo con promedio de 15.61% y Carbón con promedio de 34.12%, siendo éstos los más relevantes ya que se encontraron en mayor proporción.



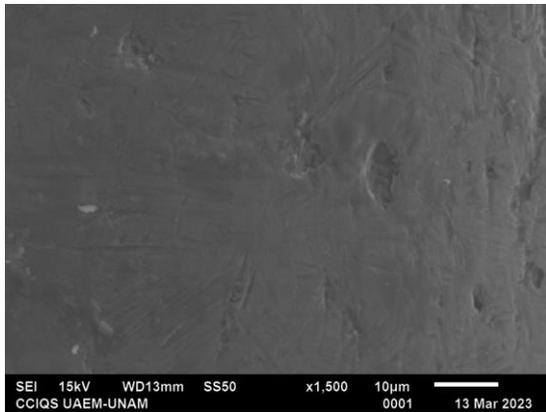
ALAMBRE J 7761

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Iron	26	20828	57.22	62.83	40.41	1.60	2.80
Chromium	24	8188	14.75	16.20	11.19	0.46	3.13
Carbon	6	1219	13.62	14.96	44.73	2.95	21.64
Nickel	28	1453	5.48	6.01	3.68	0.24	4.41
		<b>Sum</b>	<b>91.07</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 14. Ejemplo de Alambre del Grupo K con un aumento de x1,500 y su resultado de EDS.

En el grupo H se observa en su mayoría una superficie lisa con algunos poros e irregularidades que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos, manipulación o provenir desde su clasificación (Figura 15).

En el análisis elemental se encontraron diversos elementos químicos, se analizó el porcentaje atómico y se sacó el promedio de cada uno, reflejando los siguientes resultados: Níquel con promedio de 5.93%, Hierro con promedio de 53.81%, Cromo con promedio de 15.05% y Carbón con promedio de 22.25% siendo éstos los más relevantes ya que se encontraron en mayor proporción.



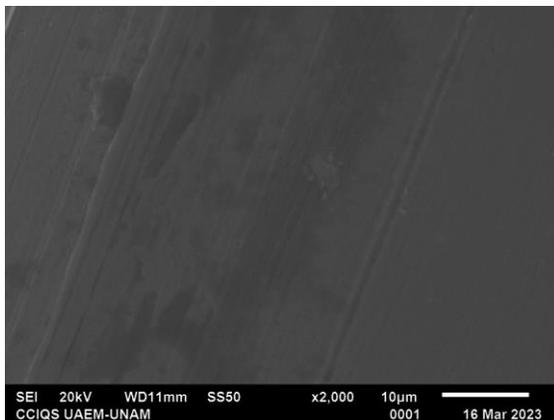
F 8955

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Iron	26	113389	64.20	64.20	49.44	1.64	2.55
Cobalt	27	2420	1.62	1.62	1.18	0.07	4.05
Nickel	28	9120	7.44	7.44	5.45	0.22	2.89
Silicon	14	2197	0.66	0.66	1.01	0.05	7.65
Chromium	24	46973	16.75	16.75	13.86	0.44	2.66
Potassium	19	1546	0.36	0.36	0.39	0.03	9.66
Sodium	11	1124	1.00	1.00	1.88	0.08	7.52
Oxygen	8	2397	1.91	1.91	5.12	0.11	5.96
Carbon	6	2508	6.05	6.05	21.67	0.34	5.70
		<b>Sum</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 15. Ejemplo de Alambre del Grupo H con un aumento de x1,500 y su resultado de EDS.

En el grupo L después de haberse sometido a electropulido se observa en su mayoría una superficie lisa con líneas continuas y lisas que pueden deberse al pH cíclico al que fueron sometidos, manipulación o provenir desde su clasificación (Figura 16).

En el análisis elemental, en el promedio del porcentaje atómico se encontraron los siguientes resultados: Níquel en una proporción de 7.28 %, Hierro en una proporción de 66.48%, Cromo en una proporción de 19.24% y Carbón con promedio de 19.22%, siendo éstos los más relevantes ya que se encontraron en mayor proporción.



ALAMBRE J 7761

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Nickel	28	1833	8.14	8.29	7.81	0.33	4.03
Iron	26	22741	70.85	72.20	71.45	1.97	2.79
Chromium	24	9672	19.15	19.51	20.74	0.58	3.05
		<b>Sum</b>	<b>98.14</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

Figura 16. Ejemplo de Alambre del Grupo H con un aumento de x2,000 y su resultado de EDS.

## VIII. DISCUSIÓN

El tratamiento de electropulido sobre superficies metálicas a nivel industrial ha demostrado ser de gran utilidad para mejorar sus características. El uso del electropulido en el área médica también ha crecido en el acabado de instrumentos. Aunque los estudios dentro del área odontológica son escasos, se demostró que mejora las características de los metales para su uso. <sup>(21)</sup>

Rokosz et al. <sup>(22)</sup> realizaron un estudio en el que compararon diferentes piezas de metal con pulido mecánico y electropulido, este último mostró mejores propiedades anticorrosivas. Demostraron que las capas superficiales de metales austeníticos tratados con electropulido resultaron ser más resistentes a la corrosión por picaduras que aquellos que fueron pulidos mecánicamente.

En cuanto a la aplicación en el área dental, se ha reportado que el uso de electropulido en instrumentos de endodoncia fabricados con NiTi puede tener beneficios en la prolongación de la vida a fatiga, así como en la reducción de irregularidades superficiales en las que se producen puntos de concentración de tensiones y grietas. iniciación. Del mismo modo, se han realizado otros estudios de resistencia a la torsión, fatiga y eficiencia de corte en instrumentos de endodoncia, mejorando estas características en aquellos que fueron sometidos a tratamiento de electropulido. <sup>(23)</sup>

Las imágenes obtenidas de SEM demostraron que los brackets y alambres sometidos a electropulido presentaron una superficie más lisa y continua que sus grupos control, coincidiendo con estudios previos en los que se ha demostrado en imagen de SEM los cambios en la superficie en los que se eliminaron o redujeron las alteraciones de los aparatos después de ser sometidos al electropulido. <sup>(24)</sup>

Es interesante observar que en la superficie de los brackets de autoligado del grupo control se muestran mayores irregularidades comparada con su grupo experimental, al analizar en EDS se reflejó un cambio en la composición superficial del bracket ya que existe una disminución en la cantidad de Hierro de hasta casi 10 puntos porcentuales; de acuerdo con estudios anteriores el electropulido reduce el porcentaje de hierro para dejar una superficie rica en cromo y este fenómeno ayuda a la pasivación de la superficie de electropulido<sup>(18)</sup>

Los valores de la composición superficial de los brackets en el grupo de técnica Roth se mantuvieron estables sin alguna modificación significativa, en cuanto a su superficie vista en SEM existe una superficie más lisa en el grupo que fue sometido a electropulido.

Se ha descrito que el análisis por EDS alcanza una profundidad de campo es de 30  $\mu\text{m}$ <sup>(25)</sup> al penetrar un objeto, por lo que es interesante identificar que respecto al análisis elemental de los grupos de alambre de Níquel-titanio redondos, se detectó que existía una disminución del porcentaje del níquel en el grupo experimental del 100% al someterse a electropulido; lo que nos refleja que es posible que el electropulido pueda liberar de níquel los alambres en su superficie, esto podría ser benéfico ya que se ha demostrado que el níquel puede causar reacciones alérgicas después del contacto repetido en piel y mucosas; sabemos que la hipersensibilidad al níquel es un problema común, especialmente en el sexo femenino, con una prevalencia del 5 al 10%, que puede llegar hasta el 30% de los casos. <sup>(26)</sup>

De acuerdo a la literatura, y lo que observamos en el presente estudio, se puede determinar que el tratamiento de electropulido en aditamentos metálicos de ortodoncia no afecta la estructura superficial de los mismos, por lo que es una buena herramienta para mejorar las propiedades de brillo, adherencia antibacteriana y deslizamiento en el área de ortodoncia.

(27,28)

## **IX. CONCLUSIONES**

Los análisis en SEM demostraron que el electropulido es una herramienta confiable para reducir la corrosión en la aparatología fija de ortodoncia, las imágenes microscópicas obtenidas por SEM reflejaron una superficie más lisa en los brackets y alambres que fueron sometidos a electropulido comparados con los grupos control.

La composición elemental de los aparatos en la mayoría de las muestras fue constante y sin alteraciones estructurales ya que el electropulido actúa de manera superficial.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de ampliar esta investigación, se recomienda determinar la liberación de iones en pacientes con tratamientos activos, luego de la evaluación de citotoxicidad del uso de electropulido en cavidad oral; así como la determinación de las propiedades físicas de la aparatología ortodóntica electropulida.

## X. REFERENCIAS

1. Holguín J. Estudio bibliográfico de los alambres usados en la primera etapa de ortodoncia [Internet]. [Guayaquil]: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD PILOTO DE ODONTOLOGÍA; 2015 [citado el 13 de diciembre de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17133/1/HOLGUINjhon.pdf>
2. Pinto M. Alteraciones en la superficie de Brackets cerámicos y Brackets de acero inoxidable sometidos a enjuagues bucales fluorados Proyecto de Investigación presentado como requisito parcial para aprobar el trabajo de titulación [Internet]. [Quito]: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR; 2020 [citado el 17 de diciembre de 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/24108/1/UCE-FOD-PINTO%20MICHELLE.pdf>
3. Villacetín I. “EVALUACIÓN IN VITRO DE LA PIGMENTACIÓN EN BRACKETS ESTÉTICOS EXPUESTOS A BEBIDAS Y CONDIMENTOS” [Internet]. [Toluca]: Universidad Autónoma del Estado de México; 2021 [citado el 5 de diciembre de 2022]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111775/EVALUACI%C3%93N%20IN%20VITRO%20DE%20LA%20PIGMENTACI%C3%93N%20EN%20BRACKETS%20EST%C3%89TICOS.pdf?sequence=1>
4. ZAA J. ALEACIONES PARA AALMBRES EN ORTODONCIA TRABAJO ACADEMICO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL [Internet]. [LIMA]: UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA; 2019 [citado el 21 de noviembre de 2022]. Disponible en: [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5337/TRACADEMICO\\_ZAA%20CA%c3%91ARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5337/TRACADEMICO_ZAA%20CA%c3%91ARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
5. Pacheco A. Análisis diagrama esfuerzo-deformación en arcos de níquel-titanio (NiTi) superelásticos [Internet]. [Quito]: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR; 2019 [citado el 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19742/1/T-UCE-0015-ODO-256.pdf#page=42&zoom=100,148,474>
6. González A. Gummental: Composición, propiedades físicas y biológicas y manejo clínico [Internet]. Universidad de Oviedo; 2021 [citado el 24 de septiembre de 2023]. Disponible en: [https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/61957/TD\\_AialaGonzalezRuiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/61957/TD_AialaGonzalezRuiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
7. Perdomo. Ivana. Estudio comparativo in vitro sobre la exactitud en el reposicionamiento de bandas ortodóncicas arrastradas con alginato. [Internet]. 2006 [citado el 21 de noviembre de 2022]. Disponible en: [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5337/TRACADEMICO\\_ZAA%20CA%c3%91ARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5337/TRACADEMICO_ZAA%20CA%c3%91ARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

8. Mejía C. Corrosión de los metales en ortodoncia. Revista Tamé [Internet]. 2020 [citado el 6 de enero de 2023];9:1037–9. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/tame/tam-2020/tam2025i.pdf>
9. Arango S RC. Titanio: aspectos del material para uso en ortodoncia. Rev Nac Odonto [Internet]. el 14 de marzo de 2016 [citado el 6 de enero de 2023];11:63–71. Disponible en: [file:///C:/Users/andme/Downloads/manfred,+titanio%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/andme/Downloads/manfred,+titanio%20(1).pdf)
10. Giraldo O. METALES Y ALEACIONES EN ODONTOLOGÍA. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia [Internet]. el 19 de octubre de 2004 [citado el 8 de enero de 2023];15:53–63. Disponible en: [file:///C:/Users/andme/Downloads/asaldarriagarestrepo,+3244-Texto+del+art%C3%ADculo-10666-1-10-20091213\\_compressed.pdf](file:///C:/Users/andme/Downloads/asaldarriagarestrepo,+3244-Texto+del+art%C3%ADculo-10666-1-10-20091213_compressed.pdf)
11. Laquihuanaco G. Corrosión en los mini-implantes de ortodoncia: una revisión de la literatura. Rev Estomatol Herediana [Internet]. julio de 2022 [citado el 20 de diciembre de 2022];3:279–86. Disponible en: <file:///C:/Users/andme/Downloads/4286-Texto%20del%20art%C3%ADculo-11919-2-10-20220927.pdf>
12. Valencia R. CORROSIÓN EN LOS ALAMBRES DE ORTODONCIA POSTERIOR A LA APLICACIÓN TÓPICA DE DISTINTOS TIPOS DE FLUORURO EN UN MEDIO BUCAL. Revista de Operatoria Dental y Biomateriales [Internet]. el 30 de junio de 2022 [citado el 2 de enero de 2022];30–41. Disponible en: <https://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2022/09/4-corrosion.pdf>
13. Vragas K. IDENTIFICACIÓN DE LA CORROSIÓN EN LOS ALAMBRES DE NIQUEL TITANIO Y ACERO INOXIDABLE Y LA PRESENCIA DE BACTERIAS ASOCIADAS EN UNA MUESTRA DE ARCOS UTILIZADOS EN PACIENTES DE LA CLÍNICA DE ORTODONCIA” [Internet]. [Michoacan]: UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO; 2007 [citado el 10 de enero de 2023]. Disponible en: [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/4460/F O-E-2007-0004.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/4460/F O-E-2007-0004.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
14. Padilla T. Efecto de una pasta dental con xilitol sobre Streptococcus mutans en pacientes con ortodoncia fija. Revista de Investigación en Salud [Internet]. abril de 2022 [citado el 8 de enero de 2023];5:245–56. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/vrs/v5n13/a19-245-256.pdf>
15. Hernandez A. Aplicaciones de la Microscopia Electrónica de Barrido y Análisis Elemental de componentes electrónicos y apoyo a la investigación científica en El Salvador. NANOTECNIA [Internet]. abril de 2019 [citado el 25 de enero de 2023];1–10. Disponible en: [https://nanotecnialab.ufg.edu.sv/frm/newsletters/Nanoboletin\\_Abril-2019.pdf](https://nanotecnialab.ufg.edu.sv/frm/newsletters/Nanoboletin_Abril-2019.pdf)
16. Kyung W. SERVICIO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO Y MICROANÁLISIS . SEDICI [Internet]. 2013 [citado el 22 de enero de 2023];660–5. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/296368737.pdf>

17. Sicachá G. ESTADO DEL ARTE DEL ELECTROPULIDO EN ACEROS INOXIDABLES [Internet]. [Bogotá]; 2018 [citado el 11 de enero de 2023]. Disponible en: [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2977/1/TGT\\_1594.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2977/1/TGT_1594.pdf)
18. Alenka KA. Electropulido de Aceros Inoxidables. Series de Materiales y Aplicaciones [Internet]. 2010 [citado el 12 de enero de 2023];11. Disponible en: [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro\\_Inox/Electropolishing\\_SP.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Electropolishing_SP.pdf)
19. Estrada L de los SAS V. Evaluación de efectos citotóxicos y genotóxicos con ensayo de micronúcleos en la mucosa bucal de pacientes con aparatología ortodóncica. Revisión de la literatura. Odontol Sanmarquina [Internet]. 2021 [citado el 28 de febrero de 2023];24(2):165–72. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/19903>
20. Jiménez Y. EFECTOS COLATERALES EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA . Salud & Vida Sipanense [Internet]. el 28 de junio de 2020 [citado el 1 de marzo de 2023];7(1):56–68. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/SVS/article/view/1286/1740>
21. Han, W., Fang, F. Investigation of electrochemical properties of electropolishing Co-Cr dental alloy. J Appl Electrochem 2020;50:367-81.
22. Rokosz K, Solecki G, Mori G, Fluch R, Kapp M, Lahtinen J. Effect of polishing on electrochemical behavior and passive layer composition of different stainless steels. Materials (Basel) 2020;13:1-12.
23. Mohammadi Z, Soltani Mk, Shalavi S, Asgary S. A Review of the various surface treatments of Niti instruments. Iran Endod J 2014;9:235-40.
24. Supriadi S. Adhesiveness of TiO<sub>2</sub> PVD coating on electropolished stainless steel 17-4 PH orthodontic bracket. Mater Res Express. el 3 de julio de 2019;6(9).
25. González G. Principios de Microscopia Electrónica Característicos de Barrido y Microanálisis por Rayos X. 1a ed. México: Facultad de Química, UNAM; 2006. 19-26 p.
26. Garcete C. Reacciones Adversas durante el tratamiento de Ortodoncia: Incidencia e Impacto en España. Cient Den. el 29 de julio de 2022;19(2):135-41.
27. González DP, Toral RV, Velázquez EU, Scougall VR. Efectos del electropulido de brackets ortodóncicos en el deslizamiento. Tesis Maestría en ciencias Odontológicas. Universidad Autónoma del Estado de México; 2019. [Internet]. [citado el 22 de julio de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/99777>
28. Thiruvengadam V. Chitharanjan AB, Kumar K, Singaram V. Comparison of Streptococcus mutans Adhesion on New and Recycled Metal Brackets: An In Vitro Study. Cureus2022;14:e23574.