

## CORROSIÓN EN LOS ALAMBRES DE ORTODONCIA POSTERIOR A LA APLICACIÓN TÓPICA DE DISTINTOS TIPOS DE FLUORURO EN UN MEDIO BUCAL

### CORROSION IN ORTHODONTIC WIRES AFTER THE TOPICAL APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF FLUORIDE IN AN ORAL ENVIRONMENT

Valencia R.,<sup>1</sup> Salcedo R.,<sup>2</sup> Espinosa R.<sup>3</sup>

1. Odontólogo Pediatra, Profesor en el Posgrado de Odontología Pediátrica de la Universidad Tecnológica de México UNITEC, editor de la revista RODYB, CDMX, México.

2. Odontólogo Pediatra, egresada del Posgrado de Odontología Pediátrica de la Universidad Tecnológica de México UNITEC

3. Profesor de los Posgrados de Prostodoncia y Odontopediatría, Facultad de Odontología, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara (CUCS). México, editor de la revista RODYB. Práctica privada Guadalajara Jalisco México.

Volumen 11.

Número 3.

Septiembre- Diciembre 2022

Recibido: 08 junio 2022

Aceptado: 30 junio 2022

## RESUMEN

**Introducción.** Es muy importante el uso de fluoruros como tratamiento preventivo por sus propiedades remineralizantes y antibacterianas como parte de la rehabilitación bucal de un paciente que ha recibido una prótesis, o bien que se encuentre bajo tratamiento de Ortodoncia. Sin embargo, existen estudios que reportan corrosión indeseable en los metales y alambres como resultado de la aplicación tópica de fluoruro. **Objetivo.** Determinar si existe corrosión de los metales con contenidos de Níquel-Titanio, Níquel-Titanio-Cobre y Acero Inoxidable, tras la exposición a distintos tipos de fluoruros tópicos por un período de ocho semanas. **Materiales y métodos.** Este es un estudio experimental, transversal, analítico prospectivo donde se colocaron tres segmentos de alambre de ortodoncia en la boca de cuatro participantes durante ocho semanas, a quienes se les solicitó su consentimiento informado. El total de la muestra consistió en 15 segmentos de alambre, de los que se formaron 5 grupos; el Grupo 1 control negativo (3 muestras sin exposición al flúor o al medio bucal) Grupo 2 control positivo (3 muestras expuestas al medio oral, pero sin la presencia de flúor) Grupo 3 Fluoruro de Sodio Neutro (aplicación tópica durante 4 minutos de fluoruro de sodio al 2% (pH 7). Grupo 4 Fluoruro Acidulado (El fluoruro fosfato acidulado (APF) 1.23%, equivale a una concentración de 12.300 ppm o 12.3 mg/ml de iones de flúor en el gel) 5 Grupo Barniz Fluorado (barniz de fluoruro sódico (50 mg de fluoruro sódico con calcio, equivalente a 22,6 mg de flúor con fosfato tricálcico). Al concluir las ocho semanas se retiraron los segmentos de alambre de la boca de los participantes y estos se estudiaron en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) de para observar si existía corrosión. Las imágenes resultantes se analizaron a través de un software que mide la topografía superficial. Donde se obtuvieron los parámetros de rugosidad más utilizados: Ra que evalúa la rugosidad global, y Rz que representa el promedio de la altura de cinco picos y cinco valles en un perfil de rugosidad. Los alambres fueron clasificados en base a su grado de rugosidad. Posteriormente los datos recopilados se analizaron en el programa SPSS mediante el coeficiente de correlación Rho de Spearman. **Resultados.** El medio ambiente bucal genera rugosidad de los alambres y esta aumenta aún más al someterlos a fluoruro tópico. Siendo el fluoruro acidulado el grupo de mayor rugosidad (mayor grado de corrosión) con una diferencia donde ( $p < 0.05$ ). El barniz fluorado y el fluoruro neutro provocan una rugosidad mínima al alambre (menor grado de corrosión donde ( $p < 0.05$ ). **Conclusiones.** La rugosidad de los alambres sometidos a fluoruro es mayor que en la de los alambres nuevos y sin exposición a fluoruro. La aplicación tópica de distintos tipos de fluoruro a los alambres ortodónticos genera diferentes grados de corrosión, siendo la del fluoruro acidulado el que produce más corrosión.

**Palabras clave:** Fluoruro tópico, alambres de Ortodoncia, corrosión.



## TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

# CORROSIÓN EN LOS ALAMBRES DE ORTODONCIA POSTERIOR A LA APLICACIÓN TÓPICA DE DISTINTOS TIPOS DE FLUORURO EN UN MEDIO BUCAL

## CORROSION IN ORTHODONTIC WIRES AFTER THE TOPICAL APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF FLUORIDE IN AN ORAL ENVIRONMENT

Valencia R.,<sup>1</sup> Salcedo R.,<sup>2</sup> Espinosa R.<sup>3</sup>

1. Odontólogo Pediatra, Profesor en el Posgrado de Odontología Pediátrica de la Universidad Tecnológica de México UNITEC, editor de la revista RODYB, CDMX, México.

2. Odontólogo Pediatra, egresada del Posgrado de Odontología Pediátrica de la Universidad Tecnológica de México UNITEC

3. Profesor de los Posgrados de Prostodoncia y Odontopediatría, Facultad de Odontología, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara (CUCS). México, editor de la revista RODYB. Práctica privada Guadalajara Jalisco México.

Volumen 11.

Número 3.

Septiembre- Diciembre 2022

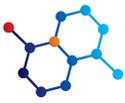
Recibido: 08 junio 2022

Aceptado: 30 junio 2022

### ABSTRACT

**Introduction.** The use of fluorides as a preventive treatment is very important due to its remineralizing and antibacterial properties as part of the oral rehabilitation of a patient who has received a prosthesis, or who is undergoing orthodontic treatment. However, there are studies that report undesirable corrosion on metals and wires as a result of topical application of fluoride. **Objective.** To determine if there is corrosion of metals containing Nickel-Titanium, Nickel-Titanium-Copper and Stainless Steel, after exposure to different types of topical fluorides for a period of eight weeks. **Materials and methods.** This is an experimental, cross-sectional, prospective analytical study where three segments of orthodontic wire were placed in the mouths of four participants for eight weeks, who were asked for their informed consent. The total sample consisted of 15 wire segments, of which 5 groups were formed; Group 1 negative control (3 samples without exposure to fluoride or to the oral environment) Group 2 positive control (3 samples exposed to the oral environment, but without the presence of fluoride) Group 3 Neutral Sodium Fluoride (topical application for 4 minutes of fluoride 2% sodium (pH 7) Group 4 Acidulated Fluoride (Acidulated phosphate fluoride (APF) 1.23%, equivalent to a concentration of 12,300 ppm or 12.3 mg/ml of fluoride ions in the gel) 5 Group Fluoride Varnish ( sodium fluoride varnish (50 mg sodium fluoride with calcium, equivalent to 22.6 mg fluoride with tricalcium phosphate) At the end of eight weeks, the wire segments were removed from the participants' mouths and studied under the Scanning Electronic Microscope (SEM) to observe if there was corrosion. The resulting images were analyzed through a software that measures the surface topography. Where the most used roughness parameters were obtained: Ra that evaluates the global roughness, and Rz that represents the average height of five peaks and five troughs in a roughness profile. The wires were classified based on their degree of roughness. Subsequently, the collected data was analyzed in the SPSS program using Spearman's Rho correlation coefficient. **Results.** The oral environment generates roughness of the wires, and this is further increased by subjecting them to topical fluoride. Being the acidified fluoride the group with the highest roughness (highest degree of corrosion) with a difference where ( $p < 0.05$ ). Fluoride varnish and neutral fluoride cause minimal roughness to the wire (lower degree of corrosion where ( $p < 0.05$ ). **Conclusions.** The roughness of wires subjected to fluoride is greater than that of new wires and without exposure to fluoride. The topical application of different types of fluoride to orthodontic wires generates different degrees of corrosion, with acidified fluoride being the one that produces the most corrosion.

**Key words:** Topical fluoride, orthodontic wires, corrosion.



## INTRODUCCIÓN

Existe una amplia variedad de materiales médicos y dentales disponibles para diferentes usos, sólo un número limitado pueden ser empleados como biomateriales en las áreas médicas, puesto que deben de cumplir con dos requisitos: ser biocompatibles y a la vez funcionales.

Se define biomaterial como aquel elemento, ordinariamente químico de otra naturaleza, que se integra de forma armónica con los tejidos naturales del organismo sin causarles daño alguno y sin que el cuerpo humano lo rechacen, de tal manera que se establece un equilibrio de compatibilidad biológica entre ambos <sup>(1)</sup>. Éstos, deben tener la capacidad de no presentar toxicidad durante su uso. La funcionalidad se refiere a su correcto desempeño de las funciones deseadas durante el tiempo esperado.

A mediados del siglo XVIII, se introdujeron ciertas aleaciones al campo de la medicina y la Odontología que, por sus funciones únicas, tales como memoria de forma, superelasticidad y resistencia a la corrosión, han permitido la evolución tecnológica de los tratamientos odontológicos y médicos.

En la odontología y en especial en la ortodoncia, algunas de esas aleaciones con memoria de forma son las populares aleaciones de Níquel Titanio (NiTi), se consideran las mejores debido a su excelente estabilidad mecánica, resistencia a la corrosión, biofuncionalidad y biocompatibilidad.

Por otro lado, el acero inoxidable es tan versátil que se utiliza en usos donde su aplicación se debe a su gran resistencia a la corrosión y a su facilidad de limpieza.

No obstante, todos los materiales tienen una interacción continua con los fluidos de la boca; como consecuencia, tienden a la corrosión.

Las investigaciones realizadas por Eliades et al (2004) y Huang et al (2005) establecen que los agentes profilácticos, como enjuagues o geles que contienen fluoruro, aceleran el deterioro de los arcos ortodónticos.

Esta destrucción gradual de los alambres puede tener varios efectos adversos, como la liberación de iones del metal, rugosidades en la superficie del alambre y debilitamiento de los aparatos que puede conducir a fallas mecánicas, incluso fractura de los arcos ortodónticos.

Dependiendo de los componentes de la aleación, ésta podrá presentar diferentes propiedades físicas y mecánicas. Un ejemplo de las propiedades físicas es la resistencia a las fracturas o la mayor elasticidad de algunas aleaciones. De las propiedades químicas se puede mencionar la resistencia a un ataque ácido. <sup>5</sup>

En la Odontología se han utilizado algunos metales base como el oro, plata y platino, para realizar Aleaciones<sup>9</sup>, ya que estos presentan ciertas propiedades deseables como su biocompatibilidad y gran maleabilidad.<sup>18</sup> Mas recientemente se ha empezado a utilizar otros metales base como el níquel, el cobre y el titanio, para la fabricación de coronas, prótesis parciales fijas y prótesis parciales removibles, bandas y arcos de Ortodoncia, brackets, coronas para dientes temporales, prótesis de metal-porcelana, implantes y en restauraciones directas de los dientes. <sup>10</sup>

En cuanto a los fluoruros más utilizados en productos de auto aplicación son: fluoruro de sodio (NaF), Fluoruro Fosfato Acidulado (APF) y fluoruro estañoso (SnF<sub>2</sub>). El fluoruro de amina y silano se utiliza en algunos productos de aplicación profesional. Durante el mecanismo de acción, el fluoruro de sodio provee iones libres de F<sup>-</sup> en baja concentración a la saliva, la placa, biopelícula y a los fluidos intercrystalinos; de este modo interactúa con el proceso carioso durante el procesos de desmineralización y remineralización del esmalte.<sup>36</sup>

El fluoruro fosfato acidulado (APF) fue desarrollado bajo la premisa que bajo condiciones de mucha acidez ocurre una mayor absorción de flúor por el esmalte. Estas condiciones se dan al agregar ácido ortofosfórico (a un pH de 3.2) a una solución con alto contenido de flúor (1.23%) (Wellock y Brudevold, 1963).<sup>33</sup>

El barniz fluorado tópico de aplicación profesional contiene fluoruro de sodio (NaF) al 5% en una resina o base sintética. Es aplicado con un pincel en la superficie dental, proporcionando una dosis altamente concentrada de flúor y se mantiene en contacto prolongado con la superficie dental para evitar el avance de la lesión cariosa.<sup>38</sup> Debido a su contacto prolongado con la superficie dental, los barnices de flúor son agentes de liberación lenta.

Los materiales utilizados en la odontología, deben soportar ataques físicos, mecánicos y biológicos en la boca del paciente, además de ser biocompatibles en ese ambiente agresivo (Bourauel et al., 1998).<sup>46</sup> Asimismo, la degradación puede acelerarse cuando se utilizan productos químicos como enjuagues, pastas o geles dentales.

Los productos de degradación de materiales de los arcos se liberan en el ambiente bucal.<sup>51</sup> Este proceso se llama "tribocorrosión". Dicho proceso de degradación es muy complejo, puede tener implicaciones clínicas graves que van desde una pérdida de dimensión, hasta una falla por corrosión por tensión del aparato. Además, es posible la producción no deseada de productos de corrosión tóxicos en los tejidos circundantes (Eliades et al., 2004).<sup>47</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. Además, debe considerarse que, durante el tiempo que permanece el alambre en boca, se recubre su superficie de placa y restos de alimentos. Los subproductos microbianos y los procesos metabólicos de las bacterias de la placa tienden a disminuir el pH. Esta disminución contribuye a la alteración de la capa pasiva de óxido de los arcos.<sup>45, 49</sup>

En el proceso de la corrosión son liberados iones metálicos en la cavidad bucal. Esta liberación de iones se puede distribuir local y sistemáticamente. Es capaz desencadenar una respuesta patológica local y/o sistémica.<sup>51</sup>

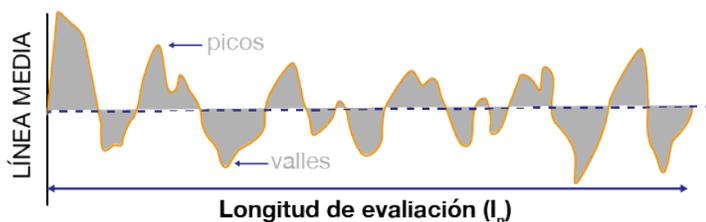
Los iones liberados son sobre todo en, hierro, níquel y cromo. Aunque estos elementos pueden tener efectos adversos, el níquel ha recibido la mayor atención debido a su potencial reportado para producir reacciones alérgicas, según investigación llevada por Oh y Kim,<sup>52</sup> mutagénicos, de (Lee et al., 1998)<sup>53</sup> o citotóxicos (Wataha et al., 1997)<sup>54</sup>.

Para medir la rugosidad (corrosión) del metal, esta se puede obtener a partir de la diferencia entre un perfil real y uno de rugosi-



dad con un instrumento de evaluación con un sistema de filtrado (filtrado de ondas) para excluir otras irregularidades

En un perfil de rugosidad los picos y los valles aparecen de forma aleatoria. Para cuantificar la rugosidad de una superficie, es necesario utilizar parámetros estadísticos. Estos parámetros están estandarizados según la norma ISO 4288:1996, ASME B46.1-2002.<sup>62</sup>



Una tabla la que define los parámetros que se utilizan para medir la rugosidad de una superficie según la norma ISO 4288 es la siguiente:

PARÁMETROS DE RUGOSIDAD Y SU DEFINICIÓN		
Parámetros y su definición		Significado
<b>Rt</b>	Altura total del perfil	Altura entre el valle más profundo y el pico más alto en la longitud de evaluación
<b>Rp</b>	Altura máxima del perfil	Altura del pico más alto desde la línea media en la longitud de muestreo
<b>Rv</b>	Profundidad máxima del valle de perfil	Es el promedio de la altura de cinco picos y cinco valles de la longitud del perfil
<b>Rz</b>	Altura máxima de perfil	Se usa como una evaluación global de la rugosidad en un perfil
<b>Ra</b>	Desviación media aritmética del perfil evaluado	Se usa como una evaluación global de la rugosidad en un perfil

Cada uno de los parámetros de rugosidad se calcula usando una fórmula para describir la superficie. Existen múltiples parámetros que evalúan tanto la amplitud como la altura de los picos y valles. Sin embargo, Ra es de los más comunes, aunque esto es por razones históricas y no por una relevancia en particular, ya que los primeros medidores de rugosidad sólo podían medir Ra. Otros parámetros comunes incluyen Rz, Rt, Rv, Rk. Algunos parámetros se usan solo en ciertas industrias o dentro de ciertos países.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO 25178) establece el primer estándar internacional que toma en cuenta la medición de superficies en 3D.

La versión 7.0 de MountainsMap es un software de imágenes y metrología de superficie publicado por la empresa Digital Surf. Su principal aplicación es la micro-topografía, la ciencia de estudiar la textura de la superficie y la forma en 3D a escala microscópica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta es una investigación Preexperimental, Transversal, Analítica, Prospectiva, in situ, donde se toma una muestra de 15 segmentos de alambre de 2 centímetros de longitud cada uno. Todos de forma cuadrada, de calibre .016 x .016 pulgadas. Siendo estos arcos de tres tipos diferentes de aleación: acero inoxidable, NiTi y CopperNiTi. Se establecen 5 grupos con 3 muestras cada uno; el Grupo 1 control negativo (sin exposición al flúor o al medio bucal) Grupo 2 control positivo (expuestas al medio oral, pero sin la presencia de flúor) Grupo 3 Fluoruro de Sodio Neutro (aplicación tópica durante 4 minutos de fluoruro de sodio al 2% (pH 7). Grupo 4 Fluoruro Acidulado (El fluoruro fosfato acidulado (APF) 1.23%, equivale a una concentración de 12.300 ppm o 12.3 mg/ml de iones de flúor en el gel) 5 Grupo Barniz Fluorado (barniz de fluoruro sódico (50 mg de fluoruro sódico con calcio, equivalente a 22,6 mg de flúor con fosfato tricálcico).

Se solicitó la participación informada de ocho voluntarios, alumnos a los que se les entregó una carta de consentimiento informado, en la que se explicó el objetivo del estudio, duración y detalles de la investigación. A los alumnos que aceptaron, se les colocó en boca tres segmentos de alambre de Ortodoncia de calibre .016 x .016 pulgadas, de 2 centímetros de largo cada uno. El estudio tuvo una duración de ocho semanas, durante este tiempo se les indicó a los voluntarios la utilización de pasta dental con flúor de marca Oral B de 1,450 ppm de flúor tres veces al día. Se explicó la importancia del uso exclusivo de esta pasta durante todo el período, además de pedirles el no consumir alimentos pegajosos (chicles, chiclosos, gomitas).

Una vez alcanzados suficientes participantes, se pidió que se reunieran todos en la clínica, se les colocó los alambres.

Para cada grupo se realizaron ocho aplicaciones tópicas de fluoruro, una cada semana. En el grupo de fluoruro sódico neutro la aplicación fue a través de gel en la cucharilla, la cual fue colocada en boca, asegurándose que la muestra de alambre estuviera completamente sumergida en el gel. Estas aplicaciones fueron realizadas por cuatro minutos, se le pidió al paciente que expulsara los restos de fluoruro y saliva, recomendándole que no ingiriera alimentos, ni bebidas por los primeros 30 minutos, posteriores a la aplicación.

Al grupo que se le administró el barniz, se le realizó una profilaxis previa, se secó con algodón o con aire y se aplicó el barniz de fluoruro de sodio, asegurándose que el barniz cubra completamente el segmento de alambre. De igual manera, se le indicó al paciente no ingerir alimentos ni bebidas durante las primeras cuatro horas de la aplicación de barniz ni realizar cepillado dental durante la noche de la colocación. (indicaciones del fabricante)

En cuanto al voluntario que portaba los segmentos del control, fue el único al que no se le hizo aplicaciones de fluoruro tópico; por el contrario, se le restringió todo contacto con flúor tópico cambiándole la pasta dental por una sin flúor. Se le otorgó la pasta "Fluoride Free" de marca Toms (figura 7) y se le indicó utilizar únicamente esa pasta por las ocho semanas. Se le recomendó no utilizar ningún otro enjuague o pasta.

Al término de las ocho semanas se retiraron todos los segmentos de alambre. Fueron colocados dentro de contenedores de cristal

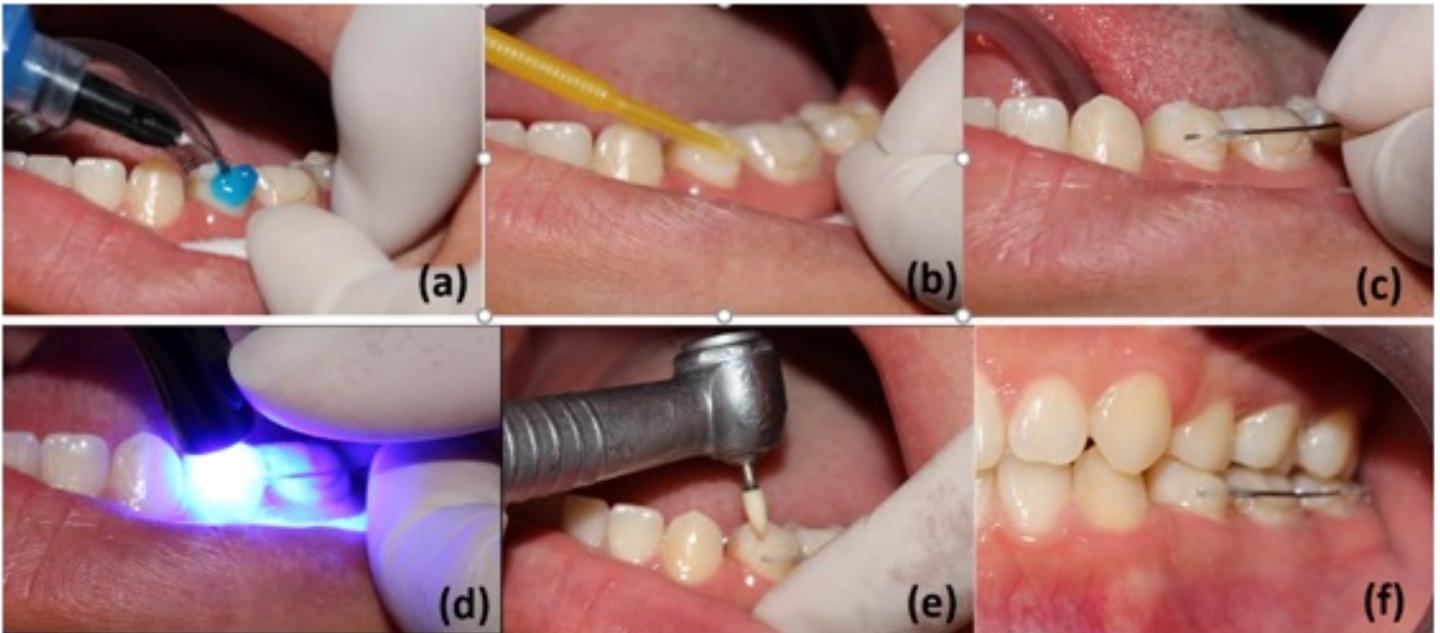


Figura Representación gráfica del método de adhesión de los alambres a los voluntarios Muestra. (a) con aislado relativo se desproteíniza la superficie vestibular de premolar a molar procediendo a grabar con ácido grabador, (b) secado de la superficie del esmalte y colocación del adhesivo, (c) se adhiere con resina el segmento de alambre previamente cortado. Cada extremo del alambre se cubrió con en resina compuesta, (d) Polimerización (e) Eliminación de excesos (f) Alambre colocado en su posición.



Figura 7. Muestra la pasta dental que se utilizó para este estudio sin flúor.



Figura 7. Muestra la pasta dental que se utilizó para este estudio sin flúor.

para evitar la contaminación de la muestra, y etiquetados con el nombre del alambre y el tipo de fluoruro que se empleó Después de recolectar todas las muestras, se sometieron a un proceso de limpieza para eliminar los restos de material orgánico restante en el alambre. Los frascos de cristal con las muestras se llenaron con solución salina y se colocaron en el aparato de ultrasonido por 10 minutos. No se utilizó ningún químico para la desinfección, para no alterar la superficie de las muestras. Se secaron cuidadosamente con algodón y se colocaron de nuevo en el frasco seco (Figura 9).

Las muestras fueron preparadas para ser observadas al Microscopio Electrónico de Barrido de emisión de campo (MEB-EC) del Centro de microscopía electrónica del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería (CUCEI), de la Universidad de Guadalajara. Se colocaron en la platina y observaron a una magnificación de 415x. Cada alambre analizado en ocho diferentes puntos de cada segmento abarcando un área de 500 micras cada imagen, obteniendo las imágenes fotográficas de cada segmento. (Figuras MEB 10, 11,12).

Del total de las 104 imágenes del MEB-EC, se descartaron 32, las 72 restantes fueron estudiadas por medio del software Mountains Map 7 Digital Surf. A partir de éste, se obtuvieron los valores de los parámetros de rugosidad  $R_a$  (Media Aritmética de Rugosidad) y  $R_z$  (Rugosidad Parcial Zi) para ser agrupadas de acuerdo con la "Clasificación de rugosidad" según el método de terminado ISO 1302:199264 (Tabla) Mientras más pequeño es el valor, más lisa es su superficie; y mientras mayor es el valor, más rugosa es su superficie.

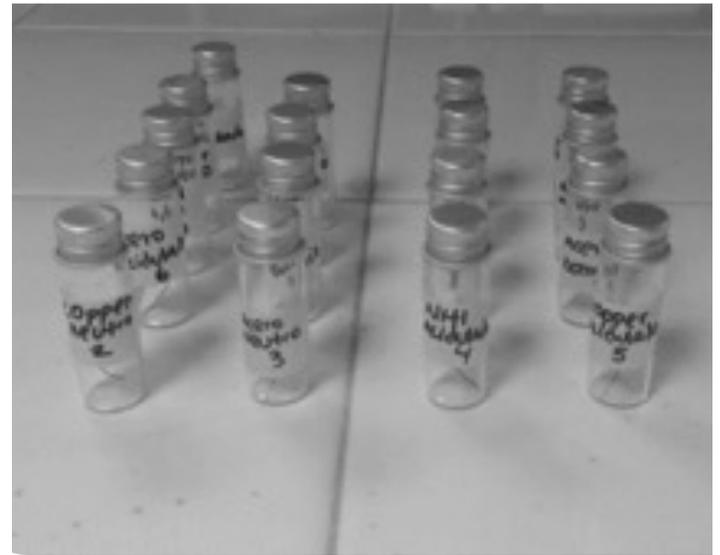
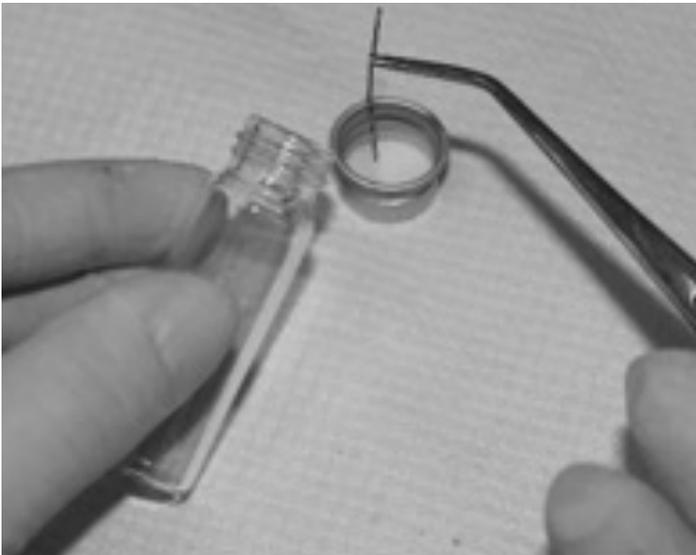


Figura . Al término de las ocho semanas, se retiraron los segmentos de alambre de la boca y se colocaron en frascos de cristal para observarlos en el MEB.

**Imágenes de acero inoxidable en MEB**

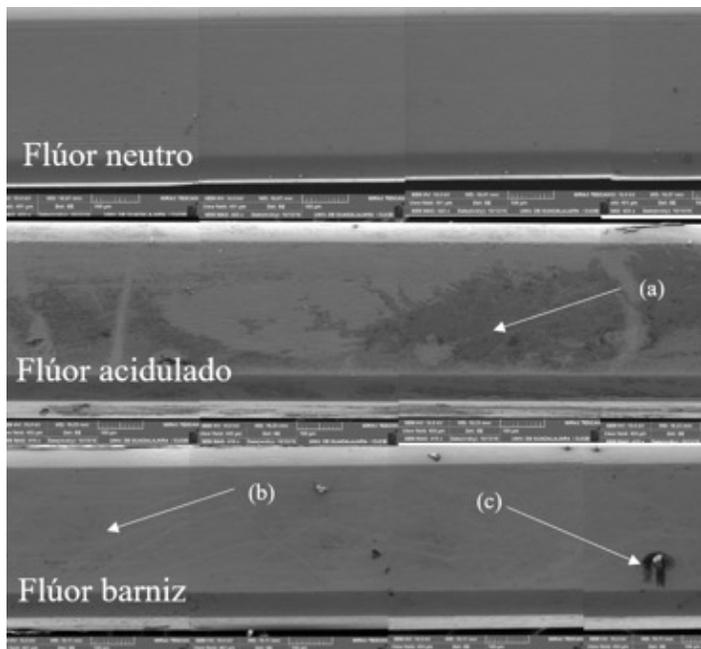


Figura 10. Imágenes del MEB de los alambres de acero inoxidable expuestos a diferentes tipos de fluoruro. Se aprecia la topografía del alambre, así como (a) grietas y rugosidades, (b) erosión de la superficie y (c) hendiduras y material orgánico.

**Imágenes de NiTi en MEB**

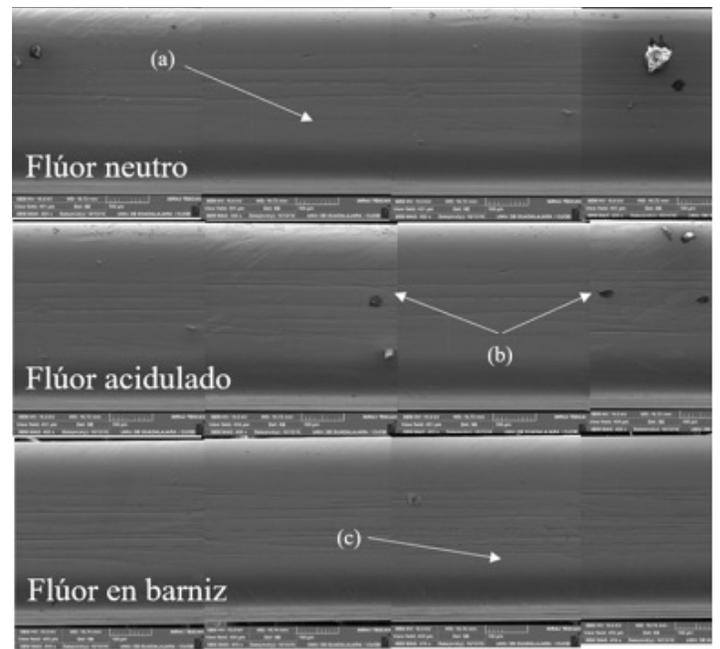


Figura 11. Imágenes del MEB de los alambres de NiTi expuestos a diferentes tipos de fluoruro. Se aprecia la topografía del alambre. Se observa menos daño que la figura anterior. Solo se observan (a) raspaduras y erosión, (b) pequeñas picaduras por corrosión, (c) rayones en el mismo sentido que el eje longitudinal del alambre y en el sentido contrario.



**Imágenes de Copper NiTi en MEB**

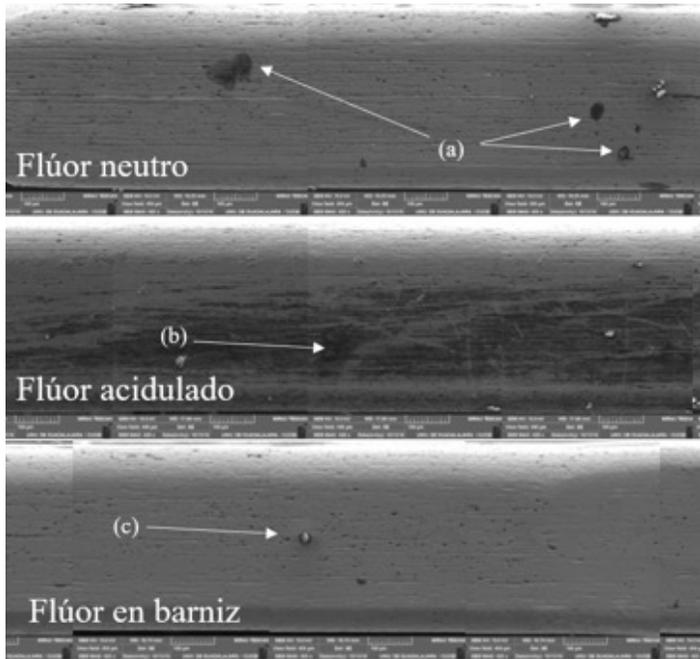


Figura 12. Imágenes del MEB de los alambres de CopperNiTi expuestos a diferentes tipos de fluoruro. Se aprecia una topografía mucho más irregular que las imágenes anteriores. (a) Se observan grandes ranuras por corrosión, así como (b) irregularidades y surcos, (c) erosión y picaduras.

CLASIFICACIÓN DE RUGOSIDAD SEGÚN EL MÉTODO DETERMINADO ISO 1302:199264 MODIFICADA PARA ESTE ESTUDIO		
TIPO DE TERMINADO	RUGOSIDAD	
	Ra	Rz
1 Esmerilado preciso	0 – 1.68	0 - 20
2 Super Finish	1.69 – 3.36	21 – 40
3 Finish	3.37 – 5.04	41 – 60
4 Pulido	5.05 – 6.72	61 – 80
5 Esmerilado	6.73 – 8.40	81 – 100
6 Escareado	8.41 – 10.08	101 – 120
7 Brochado	10.1 – 11.76	121 – 140
8 Mandrinado	11.8 – 13.44	141 – 160
9 Laminado y trefilado	13.4 – 15.1	161 – 180
10 Arenado	15.2 – 16.8	181 – 200
11 Taladrado	16.8 – 18.4	201 – 220
12 Torneado	18.4 – 20.1	221 – 240
13 Cepillado	20.1 – 21.8	241 – 260
14 Fresado	21.8 – 23.5	261 – 280
15 Bruñido	23.5 – 25.2	281 – 300
16 Erosionado	25.2 – 26.8	301 - 320

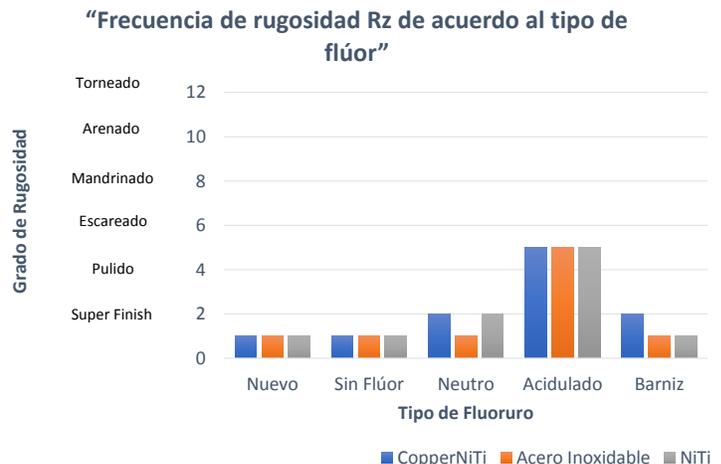
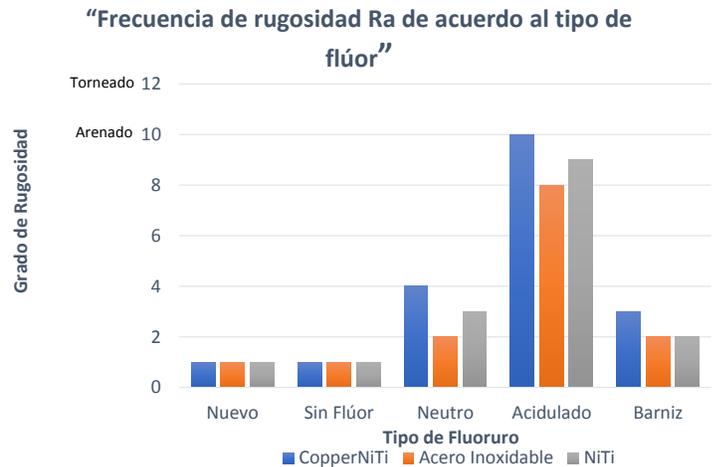
La modificación que se le hizo a la clasificación de rugosidad según el método de terminado ISO 1302:199264 es que se le dio un adjetivo cualitativo al grado de rugosidad para que fuera más perceptible el estudio. Estas fueron analizadas mediante el Coeficiente de correlación de Spearman (Prueba no paramétrica que permite analizar si hay asociaciones entre variables ordinales con muestras pequeñas) en el programa SPSS. Esto con el fin de determinar si existe una correlación entre los fluoruros y la corrosión de los alambres de Ortodoncia. Los datos obtenidos se analizaron y graficaron para poder interpretar los resultados.

De los quince perfiles de rugosidad obtenidos al azar; es decir para cada alambre se midió la rugosidad Ra y Rz quince veces. De ahí las quince mediciones en las figuras 13 a 18. Esto es debido a que cada imagen microscópica del segmento de alambre puede proporcionar numerosos valores de perfiles de rugosidad.

**RESULTADOS**

Podremos observar que la distribución de los quince segmentos de alambre estudiados de acuerdo con el tipo de flúor utilizado y al alambre en cuanto a la frecuencia de rugosidad (Ra) así como de la frecuencia de rugosidad (Rz).

De acuerdo con el tipo de flúor y alambre. Podemos observar que en ambos controles no se ve afectada la superficie, en segundo lugar, el barniz llega a un grado de rugosidad 2 mientras que el neutro llega hasta un grado 4. Por último, el tipo de fluoruro que más afecto a los tres tipos de alambre fue el Fluoruro Acidulado alcanzando grados que van de 8 a 10 (Arenado)



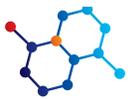


Tabla 7. Frecuencia de rugosidad de acuerdo al tipo de alambre y tipo de fluoruro para los parámetros de Ra y Rz

Tipo de Flúor	Tipo de alambre	Rugosidad Ra	Rugosidad Rz
Nuevo/Sin flúor/ Sin exposición al medio ambiente bucal	CopperNiTi	Esmerilado preciso	Esmerilado preciso
	Acero Inoxidable	Esmerilado preciso	Esmerilado preciso
	NiTi	Esmerilado preciso	Esmerilado preciso
Sin flúor	CopperNiTi	Esmerilado preciso	Esmerilado preciso
	Hacer Inoxidable	Esmerilado preciso	Esmerilado preciso
	NiTi	Esmerilado preciso	Esmerilado preciso
Flúor Neutro	CopperNiTi	Pulido	Super Finish
	Acero Inoxidable	Super Finish	Esmerilado preciso
	NiTi	Finish	Super Finish
Flúor Acidulado	CopperNiTi	Arenado	Escareado
	Acero Inoxidable	Mandrinado	Escareado
	NiTi	Arenado/laminado y trefilado	Escareado
Flúor en barniz	CopperNiTi	Finish	Super Finish
	Acero Inoxidable	Super Finish	Esmerilado Preciso
	NiTi	Super Finish	Esmerilado Preciso

Observamos nuevamente que para Rz, el grupo de fluoruro acidulado presenta mayor rugosidad que los otros tipos. Cabe mencionar que el fluoruro neutro y el barniz presentan una rugosidad similar a los alambres control.

En esta tabla se muestran los grados de rugosidad más frecuente que obtuvieron los alambres al aplicarles distintos tipos de fluoruro.

Al aplicar el Coeficiente de Correlación Rho de Spearman que es una prueba no paramétrica para encontrar las asociaciones existentes entre los alambres y los tipos de fluoruro. A partir de la estadística inferencial, podemos afirmar los siguientes datos.

1) Los Grupos estudio guardan una relación en la rugosidad entre los controles y aquellos que se sometieron a un ambiente bucal y flúor sin importar el tipo de alambre. Encontrando diferencias tanto en Ra como en Rz. Donde para Ra existe una diferencia estadísticamente significativa en todos los casos ( $p < 0.05$ ) mientras que para Rz en algunos casos también lo es. (Ver tabla 8, recuadro rojo)

2) Al asociar Tipo de flúor con Rugosidad, observamos que en la mayoría de los casos presentan una relación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), inversamente proporcional, moderada para Ra y leve para Rz. Esto quiere decir que, el tipo de flúor es importante pero el de sus componentes como es el caso del barniz fluorado se presenta, pero en un grado bajo de rugosidad. (Ver tabla 8, recuadro azul.)

3) Aunque existen pequeñas diferencias entre los tipos de alambre y la rugosidad, estas no son estadísticamente significativa. En la mayoría de los casos el coeficiente de correlación  $r$  está cercano a 0, lo que indica una relación muy baja o nula y el valor de  $p > 0.05$ . Esto indica que el tipo de

alambre no influye necesariamente en la rugosidad. (Ver tabla 8, recuadro amarillo)

4) Al correlacionar la variable Flúor y alambre con Rugosidad también observamos que hay una relación inversamente proporcional, estadísticamente significativa, moderada para Rz ( $Rho_{Sp} = -0.657^*$ ) y leve para Ra ( $Rho_{Sp} = -0.589^*$ ). Esto es debido a que la variable Flúor y alambre está clasificada de manera ordinal tomando el flúor como parámetro. Esto confirma la afirmación número 2. (Ver tabla 9, recuadro rojo)

5) La última correlación que observamos es que hay una relación significativa entre los dos parámetros de rugosidad (Ra y Rz). Ya que en la gran mayoría de los casos el coeficiente de correlación ( $Rho_{Sp}$ ) está muy cercano al 1 y el  $p$  valor es de 0.000. Lo que indica que la relación es fuerte, lineal y directa. Es decir, los dos parámetros de rugosidad están fuertemente relacionados, si uno aumenta, el otro también aumentará y si uno disminuye, el otro también disminuirá de manera lineal. (Ver tabla 9, recuadro azul)

Interpretación: Si se someten al medio ambiente bucal y a flúor, la rugosidad aumenta. Los casos "control" que no estuvieron expuestos a flúor ni al medio ambiente bucal presentan menor rugosidad.



Tabla 8. Matriz de correlaciones Rho de Spearman

	Tipo flúor	Tipo de alambre	Flúor y alambre	Grupos	Rugosidad perfil 1 Ra	Rugosidad perfil 1 Rz
Tipo de Flúor	1					
Tipo de alambre	.000	1				
Flúor y alambre	.982	.189	1			
Grupos	-.866	.000	-.850**	1		
Rugosidad perfil 1 Ra	-.583*	-.088	-.589*	.613*	1	
Rugosidad perfil 1 Rz	-.525	-.053	-.657*	-.611*	.755**	1

Interpretación: Ambos parámetros de rugosidad están asociados, si Ra aumenta, también lo hará Rz.

Tabla 9. Matriz de correlaciones Rho de Spearman

	Tipo flúor	Tipo de alambre	Flúor y alambre	Grupos	Rugosidad perfil 1 Ra	Rugosidad perfil 1 Rz
Tipo de Flúor	1					
Tipo de alambre	.000	1				
Flúor y alambre	.982	.189	1			
Grupos	-.866	.000	-.850**	1		
Rugosidad perfil 1 Ra	-.583*	-.088	-.589*	.613*	1	
Rugosidad perfil 1 Rz	-.525	-.053	-.657*	-.611*	.988**	1

Las microfotografías electrónicas de barrido de los arcos de Ortodoncia mostraron (a) erosiones y estrías paralelas al eje longitudinal del arco, (b) rozaduras no paralelas al eje longitudinal, (c) hendiduras o picaduras y grietas (d) se pueden apreciar en la Figura 15.

#### Topografía característica de los alambres

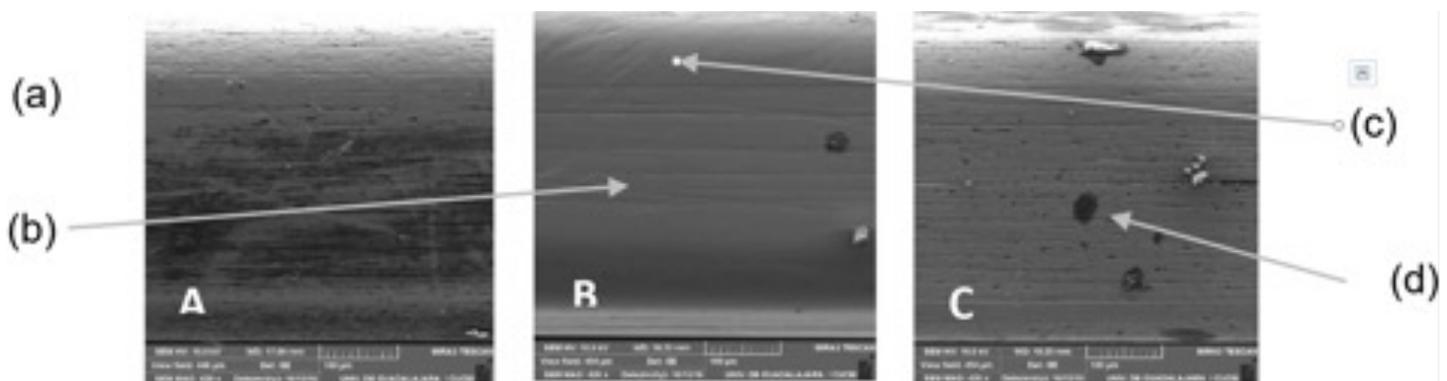
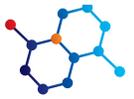


Figura 15. Cada alambre presentaba su propia topografía característica, pero en general todos mostraban rugosidad en su superficie. (A) Imagen de CopperNiTi, (B) Imagen De NiTi, (C) Imagen de CopperNiTi



## DISCUSIÓN

El diseño del estudio evalúa la corrosión de los alambres de Ortodoncia tras exponerlos por 8 semanas al medio ambiente bucal y distintos tipos de fluoruro.

Sin embargo, de haberlos expuesto por un mayor tiempo y con más aplicaciones de fluoruro, se pudieran observar más cambios entre los alambres y la diferencia de rugosidad podría ser más relevante.

Este es un estudio de gran relevancia ya que es de los pocos que evalúan el comportamiento in vivo de los diferentes metales en un medio ambiente bucal y ante ataques químicos de iones de fluoruro.

Para esta investigación se midió la rugosidad con un software especializado y se obtuvieron resultados contundentes.

Frecuentemente es recomendado por el odontólogo la utilización de agentes con contenido de flúor por razones preventivas, y con mayor razón en pacientes después de una rehabilitación o la colocación de aparatos y brackets. Esto se hace obligatorio por ser pacientes de alto riesgo de caries por la dificultad de realizar una higiene adecuada y el acúmulo de una biopelícula.

Las investigaciones realizadas por Eliades et al (2004)<sup>50</sup> y Huang et al (2005)<sup>57,59</sup> establecen que los agentes profilácticos, como enjuagues o geles que contienen fluoruro, aceleran el deterioro de los arcos ortodónticos.

Esta destrucción gradual de los alambres (corrosión) puede tener varios efectos adversos, como la liberación de iones del metal al medio ambiente bucal, rugosidades en la superficie del alambre y debilitamiento de los metales que predispone a la fractura de los mismos. Por esto es altamente importante conocer la resistencia a la corrosión de los metales utilizados en la Odontología.

Para fines prácticos se estudiaron segmentos de alambres de Ortodoncia, sin embargo, existen otras aplicaciones de metales que también permanecen en boca por meses incluso años, por ejemplo: Los brackets de Ortodoncia, bandas metálicas, tubos, coronas de metal porcelana, mini implantes ortodónticos, implantes dentales, coronas de acero-cromo, aparatos ortodónticos, aparatos de ortopedia, prótesis fijas, prótesis removibles, etcétera.

Agarwal y Tyagi en 2014 en su revisión de la literatura encontraron que los iones metálicos liberados por el implante disminuyen la síntesis del ADN mitocondrial de los osteoblastos. Ocurre osteólisis, falla en la mineralización y falla en la síntesis de la fosfatasa alcalina del hueso circundante de un implante con corrosión comprometiendo la oseointegración del implante.<sup>66</sup>

Chatruvedi en 2009 afirma que la corrosión en implantes y sus componentes tienen consecuencias graves tanto para el metal como para el tejido circundante. La corrosión puede limitar la vida útil de carga del implante, lo que conduce a la falla mecánica y fractura de éste.<sup>65</sup>

En cuanto a la respuesta celular, los productos de la corrosión del implante pueden causar reacciones de hipersensibilidad

tipo IV en la mucosa adyacente, presentando irritación tisular localizada, dolor e inflamación regional en ausencia infección. Puede haber también una infección secundaria.

Ya se ha estudiado el efecto que tiene el descenso del pH en el metal, se reporta liberación de iones de metal al medio ambiente bucal. A pesar de que la liberación de iones no llegue a una concentración tóxica, sí pudiera tener un efecto biológico adverso como mutagenicidad y reacciones alérgicas. Oh and Kim encontraron toxicidad leve en fibroblastos al estar en contacto con arcos de Ortodoncia de Acero Inoxidable. Kao encontró que tanto el Acero Inoxidable, como el NiTiInol pueden causar citotoxicidad. Galeotti y colaboradores observaron la disminución de la actividad metabólica de las células debido a liberación de iones de un mini implante de Ortodoncia.<sup>67</sup>

Como se puede ver, la corrosión de los materiales dentales es un tema de crucial importancia en cuanto a la biocompatibilidad y en cuanto al correcto desempeño del aditamento metálico. Mientras más se conozca sobre los metales que colocamos en boca, mejores resultados podremos obtener en los tratamientos de nuestros pacientes. Este es un tema del que se ha escrito desde hace muchos años, pero aún falta mucho por investigar.

En la presente investigación se observó que el medio ambiente bucal influye en la rugosidad del alambre. Es el fluoruro acidulado es el más corrosivo, esto puede deberse no solo al fluoruro sino a su composición con ácido fosfórico, pudiendo alterar sus propiedades físicas y químicas además de comprometer las funciones de estos metales. En cambio, tanto el fluoruro neutro como el barniz no afectan tanto la superficie del alambre, por lo que, a partir de esta información, es recomendable evitar el fluoruro acidulado en cualquier paciente portador de metal en boca.

Es necesario abrir nuevas líneas de investigación donde se pueda estudiar el comportamiento de diferentes metales utilizados en odontología en cuanto a la corrosión así como en períodos mayores de exposición.

## CONCLUSIONES

1. La rugosidad de la superficie de los arcos de Ortodoncia aumenta al entrar en contacto con el medio ambiente bucal y aumenta aún más al ser sometido a fluoruros tópicos, mientras que los grupos control no se observaron cambios.
2. El fluoruro acidulado provoca una mayor rugosidad en la superficie de los metales. Se observa que el daño es mayor de acuerdo con la Clasificación de Rugosidad ISO 1302:1992.
3. El fluoruro en barniz es el que causa menos daño a los metales y por lo tanto el más seguro a utilizar en pacientes que poseen algún metal en boca.
4. Al comparar los tres tipos de alambre expuestos a fluoruro y al medio ambiente bucal, observamos que entre ellos no existe diferencia; todos los alambres presentan la misma resistencia a la corrosión.
5. A partir de la información obtenida, se puede afirmar que sí existe corrosión en los alambres de Ortodoncia (NiTi, CopperNiTi y Acero Inoxidable), tras su exposición a un medio ambiente bucal con distintos tipos de fluoruro.



## REFERENCIAS

1. Anusavice K. Phillips, Ciencia de los materiales dentales, 11 edición, Madrid: Elsevier; 2004. p. 171-202.
2. Seese W. Daub W. Química. Séptima edición. México: Editorial Pearson Educación; 1996.
3. López L., Gutierrez M, Arellano LM, Química Inorgánica, Segunda edición, México: Editorial Pearson Educación; 2010.
4. Salán MN., Tecnología de proceso y transformación de materiales, Primera edición, Barcelona: Ediciones UPC; 2005.
5. Gulíáev A.P., Metalografía. Primera edición. Moscú: Editorial Mir; 1978.
6. Rayner-Canham G., Química Inorgánica Descriptiva, Segunda edición. México: Editorial Pearson Educación; 2000.
7. Pazos N., Tecnología de los metales y procesos de manufactura, Primera edición. Caracas: Editorial Andrés Bello; 2006.
8. Kruger, J., The nature of the passive film on iron and ferrous alloys, Corrosion Science(Baltimore) 1989;29(2-3);149-162
9. Avner, S. Introducción a la metalurgia Física, Segunda edición, México: McGraw-Hill; 1998.
10. Giraldo O.L., Metales y Aleaciones en Odontología, Revista de la Facultad de Odontología Universidad de Antioquía (Antioquía) 2004;15(2)52-53
11. Ferreira MA, Luersen MA, Borges PC. Nickel-titanium alloys: A systematic review. Dental Press J Orthod. 2012;17(3):71-82.
12. Abraham CM. A brief historical Perspective on dental implants, their surface coatings and treatments. The Open Dentistry Journal. 2014; 8:50-55.
13. Chakravarthi S, Padmanabhan S, Chitharanjan AB. Allergy and Orthodontics. Journal of Orthodontic Science. 2012;1(4):83-87.
14. Ustrell JM, Manual de Ortodoncia, Primera edición, Barcelona: Publicación iEdición; 2011.
15. Gravina MA, Canavarró C, Elias CN, et al. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi wires used in orthodontic treatment. Part 2: Microscopic surface appraisal and metallurgical characteristics. Dental Press J Orthod. 2014 Jan-Feb;19 (1):69-76
16. Ferreira MA, Luersen MA, Borges PC. Nickel-titanium alloys: A systematic review. Dental Press J Orthod. 2012;17 (3):71-82.
17. Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. International Endodontic Journal, 2000; (33): 297-310,
18. Brian MP, Zinelis S, Bradley G, Berzins, Eliades T, and Eliades G. Structure, Composition, and Mechanical Properties of Australian Orthodontic Wires. The Angle Orthodontist: January 2009;1(79): 97-101.
19. Filho AI, Vilarim da Silva R, Valdo R., A new stainless steel wire for orthodontic purposes. Dental Press J Orthod. 2011;16 (4):55-59.
20. Beloti MM, Rollo JMDA, Itman A, Rosa AL. In vitro biocompatibility of duplex stainless steel with and without 0,2% niobium. J Appl Biomater Biomech. 2004;2 (3):162-8
21. Castro SM, Ponces MJ, Lopez JD, et al. Orthodontic wires and its corrosion. The specific case of stainless steel and beta-titanium. Journal of Dental Sciences. 2015; (10):1-7.
22. Sandoval P, Lara A, Minte C, Gutierrez P. Caracterización de los alambres termoactivados para uso ortodóntico. Reporte de caso. Int. J. Odontostomato. 2012; 6(1):65-70
23. Huang H, Chiu Y, Lee T, Wu S, et al. Ion release from NiTi Orthodontic wires in artificial saliva with various acidities. Biomaterials.2003; Vol (24), Issue 20: 3585-3592.
24. Daems JP, Celis JP, Willems G. Morphological characterization of as received-and in vivo orthodontic stainless steel archwires. European Journal of Orthodontics. 2009;(31): 260-265.
25. Carey F, Giuliano R. Química Orgánica. Novena Edición. México: McGraw Hill Education, 2014.
26. Dean T. Fluoridation: Mass Control for dental Caries. American Journal of Nursing. 1952;52 (2) 210-212.
27. Espinosa R, Valencia R. Fluorosis dental, etiología, diagnóstico y tratamiento. Primera edición. México: Editorial Ripano; 2012.
28. Silva JRL, Ortiz K, Aguirre R, Toro G. Comparación del efecto remineralizante del barniz Clinpro White y Enamel Pro Varnish, sobre lesiones de caries incipientes del esmalte en premolares extraídos por indicación ortodóntica. RODYB. 2016;(3): 20-26
29. Zamora P. et al. El Flúor en la prevención de la caries en la dentición temporal. Barnices Fluorados. Odontol. Sanmarquina.2006; 9 (1):31-35.
30. G. Rozier, S. Adair, F. Graham. Recomendaciones clínicas basadas en la evidencia sobre la prescripción de suplementos dietéticos de flúor para la prevención de caries: un reporte del consejo sobre asuntos científicos de la asociación dental americana J Am Dent Assoc. 2010 [ Enero 2017].;141;1480-1489.
31. Weyant R, et al. Topical fluoride for caries prevention. Full report of the updated clinical recommendations and supporting systematic review. A Report of the Council on Scientific Affairs November 2013. ADA Center for Evidence-Based Dentistry.
32. Professionally applied topical fluoride Evidence-based clinical recommendations. Association Report. August 2006; JADA, Vol. 137 <http://jada.ada.org>
33. Tinanoff N. Use of Fluorides. Early Childhood Oral Health. Wiley-Blackwell, Ames, LA; 2009:92-109.
34. Guideline on Fluoride Therapy. Council on Clinical Affairs, Clinical Practice Guidelines Reference Manual 2014:38 (6) 16,17.
35. Knutson J.W. Armstrong, W., and Feldman, K.M. The effect of topical applied sodium fluoride on dental caries experience. Report of findings with two, four, six applications. Public Health Rep. 62:425. 1947.
36. Cuenca E, Baca P. Odontología Preventiva y comunitaria. Principios métodos y aplicaciones. Tercera Edición. Barcelona: Masson; 2005.
37. Lussi A., Hellwing E., Klimek J. Fluorides-Mode of action and recommendations of use. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2012;(122), 1030-1036.
38. Flúor y fluoruros. Sociedad Española de Odonotopediatria. 2008. Disponible en: [http://www.odontologiapediatrica.com/protocolo\\_de\\_la\\_academia\\_europea\\_consenso\\_europeo](http://www.odontologiapediatrica.com/protocolo_de_la_academia_europea_consenso_europeo) [Fechas de consulta 23 de mayo de 2017].
39. Azarpazhooh A, Main P. Fluoride Varnish in the Prevention of Dental Caries in Children and Adolescents: A Systematic Review. JCDA. 2008;74 (1)73-79.
40. Peterson LG, Tweetman S, Dahlgren H, et al. Profesional fluoride varnish treatment for caries control:a systematic review of clinical trials. Acta Odontol Scand. 2004; 62 (3):170-176.
41. Wientraub JA, Ramos-Gomez F, Shain BJ, Hoover CI. Fluoride Varnish Efficacy in preventing Early Childhood caries. J Dent Res. 2006; 85(2):172-176.
42. Pazos N. Tecnología de los metales y procesos de manufactura. Universidad Católica Andrés Bello. Primera Edición 2006. Caracas. Pg 285-286
43. Walker M, Ries D, Kula K et al. Mechanical Properties and surface characterization of Beta Titanium and Stainless Steel Orthodontic Wire following Topical fluoride treatment. The Angle Orthodontist: March 2007;2 (77):342-348.
44. Rosales A. Estudio de la corrosión galvánica en materiales de Ortodoncia. Tesis de licenciatura. Sevilla, España. Escuela Técnica Superior de Sevilla, Universidad de Sevilla; 2011.



45. West J.M. Corrosión y Oxidación. Fundamentos. Editorial Limusa, México, 1986.
46. Eliades T, Athanasiou AE. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release and biocompatibility. *Angle Orthodontist*, 2002;(72): 222-237.
47. Bourauel C, Fries T, Drescher D, Plietsch R. Surface roughness of orthodontic wires via atomic force microscopy, laser specular reflectance, and profilometry. *European Journal of Orthodontics*. 1998;(20):79-92.
48. Eliades T, Pratsinis H, Kletsas D, Eliades G, Makou M. Characterization and cytotoxicity of ions released from stainless steel and nickel-titanium orthodontic alloys. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2004;(125): 24-29.
49. Huang HH. Corrosion resistance of stressed NiTi and stainless steel orthodontic wires in acid artificial saliva. *Journal of Biomedical Materials Research. Part A*. 2003;(66): 829-839.
50. Eliades T, Pratsinis H, Kletsas D, Eliades G, Makou M. Characterization and cytotoxicity of ions released from stainless steel and nickel-titanium orthodontic alloys, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2004;(125): 24-29
51. Eliades T, Zinelis S, Papadopoulos MA, Eliades G, Athanasiou AE. Nickel content of as-received and retrieved NiTi and stainless steel archwires: assessing the nickel release hypothesis, *Angle Orthodontist*. 2004;(74):151-154
52. Geurtsen W. Biocompatibility of dental casting alloys. *Critical Reviews. Oral Biology and Medicine*. 2002;(13): 71 – 84
53. Oh K T, Kim K N. Ion release and cytotoxicity of stainless steel wires. *European Journal of Orthodontics*. 2005; (27): 533 – 540
54. Lee Y W, Broday L, Costa M. Effects of nickel on DNA methyltransferase activity and genomic DNA methylation levels. *Mutation Research*. 1998; (415): 213– 218.
55. Wataha J C, Sun Z L, Hanks C T, Fang D N. Effect of Ni ions on expression of intercellular adhesion. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1997; (36): 145–151.
56. Loreille J P. Corrosion and calculus. How can the wire/bracket slide mechanics be improved. *L'Orthodontie Française*. 2002; (73): 71 – 81
57. Al-Khatib S, Berradja A, Celis J P, Willems G. In vitro friction of stainless steel arch wire-bracket combinations in air and different aqueous solutions. *Orthodontics and Craniofacial Research*. 2005; (8): 96 – 105
58. Huang H H, Wang C-C, Chiu S-M. Corrosion behavior of titanium-containing orthodontic archwires in artificial saliva: effects of fluoride ions and plasma immersion ion implantation treatment. *Chin Dent J*. 2005;(24):134-140
59. Fragou S, Eliades T. Effect of Topical Fluoride Application on Titanium Alloys: A Review of Effects and Clinical Implications. *Pediatric Dentistry*. 2010;32 (1):99- 105.
60. Huang H, Lee T. Electrochemical impedance spectroscopy study of Ti-6Al-4V alloy in artificial saliva with fluoride and/or bovine albumin. *Dent Mater* 2005;(21): 749-755.
61. Mitutoyo México [en línea]México: Instituto de Metrología Mitutoyo 2005; [fecha de acceso 14 de enero 2018] URL disponible en: <http://www.mitutoyo.com.mx/Capacitacion/index.html>
62. Biolin Scientific [en línea] Suecia: Biolin Scientific at a glance 2006; [fecha de acceso 14 de enero 2018] URL disponible en: <https://www.biolinscientific.com/measurements/surface-roughness>
63. Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela técnica superior de Ingeniería. Bilbao, España. Metrología del acabado superficial 2010. URL disponible en: [http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/745\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/745_ca.pdf)
64. Facultad de ingeniería UNMdp, Rugosidad superficial [en línea] Buenos Aires: Universidad nacional de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería 2018; [fecha de acceso 14 de enero 2018] URL disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/10.pdf>
65. Rules and procedures for the measurement of Surface roughness using stylus instruments. [en línea]International Organization for standardization [fecha de acceso 31 de enero 2018] URL disponible en: <https://www.iso.org/standard/10134.html>
66. Chatrurvedi TP, An overview of the corrosion aspect of dental implants (titanium and its alloys). *Indian Journal of Dental Research*. Uttar Pradesh, India;2009;1(20):91-98
67. Agarwal A., Tyagi A. Corrosion aspect of dental implants—An overview and literature review. *Open Journal of Stomatology, Greater Noida, India*.2014;(4): 56-60
68. Galeotti A, Uomo R. Effect of pH on in vitro biocompatibility of orthodontic miniscrew implants. *Prog Ortho. Rome, Italy*.2013;(14)