



Universidad de Oviedo



ASTURIAS  
CAMPUS DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOFACIAL**

**CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN SALIVAL EN EL  
TRATAMIENTO DE ORTODONCIA**

**Idoia Udabe Pagola**

**Trabajo Fin de Máster  
Mayo 2015**





Universidad de Oviedo



ASTURIAS  
CAMPUS DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOFACIAL**

# **CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN SALIVAL EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA**

**Trabajo Fin de Máster**

**Idoia Udabe Pagola**

Dra. Covadonga Álvarez  
TUTOR





Universidad de Oviedo



ASTURIAS  
CAMPUS DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**COVADONGA ÁLVAREZ ABAD**, Doctora por la Universidad de Oviedo

**CERTIFICO:**

Que el trabajo titulado “CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA” presentado por **Dña. IDOIA UDABE PAGOLA**, ha sido realizado bajo mi dirección y cumple los requisitos para ser presentado como Trabajo de Fin de Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dento-Facial.

En Oviedo a 7 de Mayo de 2015





## RESUMEN

En las últimas décadas ha aumentado el interés por la biocompatibilidad de los materiales dentales y la repercusión que pueda crear en el organismo. Algunos metales utilizados en el tratamiento ortodóncico como el Ni, Cr y el Co son alérgenos, citotóxicos y mutágenos. El material usado está expuesto a diferentes factores como la temperatura, el pH, stress mecánico (corrosión) y microflora (biocorrosión). Estos factores pueden inducir a la liberación de iones metálicos al organismo.

Nuestro estudio del Instituto Asturiano de Odontología tiene como objetivo determinar los cambios en la composición de los metales en muestras de saliva de nuestros pacientes tomadas antes de la colocación de la aparatología fija, a los 3 meses y 6 meses de tratamiento.; Ver si los cambios llegan a ser significativos y pueden llegar a producir daño celular; y determinar si los cambios obtenidos en la composición de la saliva se deben a la liberación de los iones metálicos de la aparatología o influyen otros factores.

La aparatología ortodóncica fija libera iones metálicos a la cavidad oral modificando la composición de la saliva, pero se necesitan más estudios para valorar si esos cambios producen daños citotóxicos.

Para valorar el nivel de los iones metálicos en la saliva sería necesario ampliar el estudio durante todo el tratamiento ortodóncico, incluso mantenerlo una vez retirada la aparatología. Para los futuros estudios se recomienda ampliar el tamaño de la muestra y elaborar protocolos para lograr resultados fiables y comparables; incluso incluir en los estudios otras variables que pueden alterar la composición de la saliva, como por ejemplo, el pH, dieta, hábitos de higiene... etc.

Palabras clave: liberación iones metálicos; corrosion; citotoxicidad.



## **ABSTRACT**

Recently there has been a great interest in the biocompatibility aspects of biomaterials. Some metals like Ni, Cr and Co which are basic components of orthodontic alloys are well known to be allergenic, cytotoxic, and mutagenic. Appliances used during orthodontic treatment are exposed to different factors, such as temperature, pH, mechanical stress (corrosion), and microflora (biocorrosion). All these factors may lead to release of toxic metal ions from alloys.

This study at the Asturian Institute of Dentistry aims to determine changes in the composition of metals in saliva samples of our patients, taken prior to placement of the fixed appliances, 3 months and 6 months of treatment; Evaluate if those changes can be significant and could cause some cellular damage; and determine whether changes in the composition obtained from saliva are due to the release of metal ions from the appliances or there are some other influencing factors.

Fixed orthodontic appliances release metal ions into the oral cavity by changing the composition of saliva, but more studies are needed to assess whether these changes produce cytotoxic damage.

To assess the level of metal ions in saliva would be necessary to extend the study throughout the orthodontic treatment, even prolong the study after the removal of the appliance. For future studies it is recommended to expand the sample size and develop protocols to ensure reliable and comparable results; even further studies including other variables that may alter the composition of saliva, such as pH, diet, hygiene.

**Keywords:** metal ion release; corrosion; cytotoxicity.



Universidad de Oviedo

## ACRÓNIMOS

<b>Cols:</b>	colaboradores
<b>Fig:</b>	figura
<b>ICP-AES:</b>	inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy
<b>ICP-MS:</b>	espectometría de masas con plasma acoplado inductivamente
<b>GF-AAS:</b>	graphite furnace atomic absorption
<b>SS:</b>	acero inoxidable
<b>FAAS:</b>	espectómetro de absorción atómica de llama
<b>AAS:</b>	espectómetro de absorción atómica





<b>1-INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>2-OBJETIVO.....</b>	<b>33</b>
<b>3-MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
<b>4-RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
4.1-ANÁLISIS DESCRIPTIVO: .....	45
4.2-COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES A LO LARGO DEL TIEMPO:.....	50
<b>5-DISCUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>6-CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>7-BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>89</b>



# INTRODUCCIÓN





En las últimas décadas ha aumentado el interés por la biocompatibilidad de los materiales utilizados en la odontología y la repercusión que pueda crear en el organismo<sup>(1,2)</sup>.

Aparte de soportar agresiones físicas, mecánicas y biológicas, la aparatología ortodóncica debería ser compatible con el medio oral<sup>(3)</sup>.

La aparatología ortodóncica contiene metales como el níquel, cromo y cobalto. En la literatura existen varios estudios que demuestran que los aparatos de ortodoncia liberan iones metálicos a través de la emisión de corrientes electrogalvánicas<sup>(4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)</sup>; incluso algunos autores consideran que los productos liberados por los brackets y/o arcos pueden tener un efecto tóxico en los tejidos orales<sup>(13, 14, 15, 16)</sup>.

Deberíamos evitar materiales inseguros y peligrosos en nuestros tratamientos, especialmente aquéllos que se utilizan durante un largo período de tiempo y están en contacto directo con la mucosa oral, en un ambiente húmedo.

Ya en el año 1958 el médico y odontólogo alemán Dr. Ernest Adler introdujo el concepto de Odontología Neurofocal, en la ciudad de Karlsruhe (Alemania)<sup>(17)</sup>.

La Odontología Neurofocal desempeña en la actualidad un papel importante dentro de la medicina biológica, pues en la cavidad oral puede encontrarse el punto de partida o el factor desencadenante de una enfermedad sistémica, o puede ser el sitio a través del cual el organismo refleja una patología a distancia. Es necesario tener en cuenta que el ser humano es una unidad integral, que todo está interrelacionado y dentro de una unidad, la boca con todo su contenido es de vital importancia. Debemos tener en cuenta que al trabajar sobre una pieza dental trabajamos sobre toda esa unidad vital y que si no lo hacemos con criterio biológico y de la mejor manera posible, podemos causar un desequilibrio de la fuerza vital, y por tanto una enfermedad.



Enfermedades como trastornos del metabolismo, artritis, lupus, psoriasis, disautonomía, fibromialgias, fatiga crónica y muchas otras se pueden originar o impedir su curación por la presencia de materiales tóxicos u otras interferencias en boca <sup>(17)</sup>.

R.Voll y F Kramer en la figura 1 analizaron las relaciones entre la dentición y el resto del organismo

**Hallazgos patológicos en terreno dentario y sus relaciones energéticas con el resto del organismo por R.Voll y F. Kramer**

	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	
Derecha superior																Izquierda superior
Órganos de los sentidos	Oído interno	Seno maxilar	Células estromedulares	Ojo	Seno frontal	Seno frontal	Ojo	Células estromedulares	Seno maxilar	Oído interno	Órganos de los sentidos					
Articulaciones	Hombro-codo Mano-cubital dedos de los pies y articulaciones sacro-ilíaca	Muñeca-metacarpo rodilla por dentro	Hombro-codo Mano radial, pie dedo gordo del pie	Rodilla por dentro cadera, pie	Rodilla por dentro sacroca, pie	Rodilla por dentro sacroca, pie	Rodilla por dentro cadera, pie	Hombro-codo Mano radial, pie dedo gordo del pie	Muñeca-metacarpo rodilla por dentro	Hombro-codo Mano cubital dedos de los pies y articulaciones sacro-ilíaca	Articulaciones					
Segmentos de médula espinal	T11 C5 T7 T5 T3 S3 S2 S1	T12 T11 L1	C7 C6 C5 D4 D3 L3 L4	T8 T9 T10	L3 L2 C1 S3 S4	L3 L3 S3 S4 S5 C1	T8 T9 T10	C5 C6 C7 D3 D4 L4 L5	T11 T12 L1	C8 T1 T5 T9 T7 S1 S2 S3	Segmentos de médula espinal					
Vertebras	D1 C7 D6 D5 S2 S1	D12 D11 D10 D11	C7 C6 C5 D4 D3 L3 L4	D9 D10	L3 L2 C1 S3 S4 S3	L3 L3 S3 S4 S5 C1	D9 D10	C5 C6 C7 D3 D4 L4 L5	D11 D12 L1	D7 C1 D7 D6 S1 S2	Vertebras					
Órganos	Corazón derecho Ducado	Páncreas, estómago derecho	Pulmón derecho int. grueso/derecho	Hígado derecho vesícula	Riñón derecho vejiga derecha región urteral	Riñón izquierdo vejiga izquierda región urteral	Hígado izquierdo vias biliares	Pulmón izquierdo int. grueso izquierdo	Bazo estómago izquierdo	Corazón izquierdo pericardio pericardio	Órganos					
Glándulas endocrinas	Lóbulo anterior de la hipófisis	Pancreas endocrino	Timo lóbulo posterior de la hipófisis	Lóbulo posterior de la hipófisis	Epifisis	Epifisis	Lóbulo posterior de la hipófisis	Timo lóbulo posterior de la hipófisis	Tiroidea paratiroides	Lóbulo anterior de la hipófisis	Glándulas endocrinas					
Varios	Sistema nervioso central y periférico	Glándula mamaria derecha							Glándula mamaria izquierda	Sistema nervioso central y periférico	Varios					
Derecha inferior																Izquierda inferior
Varios	Presaqueo energético	Glándula mamaria derecha							Glándula mamaria izquierda	Presaqueo energético	Varios					
Glándulas endocrinas sist. tisular	Nervios periféricos	Arterias venas	Vasos linfáticos gónadales	Gónadas	Suprarenales	Suprarenales	Gónadas	Vasos linfáticos gónadales	Arterias venas	Sistema nervioso periférico	Glándulas endocrinas sist. tisular					
Órganos	Seno derecho terreno carotídeo derecho	Hígado grueso derecho bazo pulmón derecho	Estómago derecho páncreas	Vesícula, hígado derecho	vejiga derecha región urteral riñón derecho	vejiga izquierda región urteral riñón izquierdo	Vias biliares es hígado izquierdo	Estómago izquierdo bazo	int. grueso izquierdo pulmón izquierdo	Pericardio pericardio	Órganos					
Vertebras	D1 C7 D6 D5 S2 S1	C7 C6 C5 D4 D3 L3 L4	D12 D11 L1	D9 D10	L3 L2 C1 S3 S4 S3	L3 L3 S3 S4 S5 C1	D9 D10	D11 D12 L1	C5 C6 C7 D3 D4 L4 L5	C7 D1 D6 D5 S1 S2	Vertebras					
Segmentos de médula espinal	T11 T8 T7 T5 T3 S3 S2 S1	C7 C6 C5 T2 T3 T2 L3 L4	T12 T11 L1	T8 T9 T10	L3 L2 C1 S3 S4	L3 L3 S3 S4 S5 C1	T8 T9 T10	T11 T12 L1	C5 C6 C7 T2 T3 T2 L4 L5	C8 T1 T5 T9 T7 S1 S2 S3	Segmentos de médula espinal					
Articulaciones	Hombro-codo Mano cubital pie dedos del pie y articulaciones sacro-ilíaca	Hombro-codo Mano cubital pie dedo gordo del pie	Rodilla por dentro metacarpo	Rodilla por dentro cadera, pie	Rodilla por dentro sacro cao, pie	Rodilla por dentro sacro cao, pie	Rodilla por dentro cadera, pie	Rodilla por dentro metacarpo	Hombro-codo Mano radial, pie dedo gordo del pie	Hombro-codo Mano cubital pie dedos del pie y articulaciones sacro-ilíaca	Articulaciones					
Organos de los sentidos	Oído	Células estromedulares	Seno maxilar	Ojo	Seno frontal	Organos de los sentidos	Oído	Células estromedulares	Seno maxilar	Ojo	Seno frontal					

Fig.1- Esquema de las patologías dentales y la relación con el resto del organismo (tomada de R.Voll y F Kramer)



Profesionales que practican la “Odontología Neurofocal” refieren cómo gran parte de sus pacientes mejoran o se curan de patologías sistémicas que presentaban al realizar tratamientos Odontológicos con visión holística.

En ocasiones encuentran dificultades en el éxito de sus tratamientos. A dichos obstáculos se les llama en terapia neural “campo interferente” (cualquier elemento que altere el flujo normal de la información).

Entre los campos interferentes más frecuentes tenemos el “electro galvanismo” que ocurre por la diferencia de potencial eléctrico entre los metales existentes en: restauraciones de amalgamas, prótesis metálicas, postes de diferente aleación a la de la cofia, etc.

En relación con la ortodoncia, lo más importante no es tanto el uso o no de brackets metálicos, aunque se forme un circuito eléctrico. Lo más importante es tratar de eliminar la mayor cantidad de otros metales que tenga el paciente, para evitar mayor diferencia de potenciales eléctricos que aumenten en un momento dado la sobrecarga en dicho paciente. Por ejemplo en el lugar donde se coloca una banda, no debería de haber otro metal para evitar el almacenamiento de carga en dicho lugar<sup>(17)</sup>.

En los tratamientos de ortodoncia frecuentemente se observan manifestaciones orales como glositis, sabor metálico, labios escamosos, eritema multiforme e hipertrofia gingival y se asocian con productos de la corrosión e iones liberados de la aparatología ortodóncica utilizada. Esta aparatología crea un ambiente potencialmente corrosivo en la cavidad oral durante 2 años<sup>(18)</sup>.

El medio oral posee características que inducen a la corrosión de los metales como temperatura, humedad, cambio de PH, alimentos variados, etc. La corrosión electrolítica se explica por la diferencia de potencial entre los diferentes metales, en la que hay una verdadera degradación de la estructura metálica<sup>(17,2)</sup>.

Los metales altamente electropositivos son más resistentes a la corrosión. En la tabla 1 encontraremos los metales por orden de resistencia a la corrosión. El elemento



de referencia tomado es el Hidrógeno ya que con él se establece el potencial de voltaje eléctrico<sup>(19)</sup>.

Oro	Au +	+ 1.50
Platino	Pt++	0.86
Paladio	Pd++	0.82
Mercurio	Hg++	0.80
Plata	Ag+	0.80
Cobre	Cu+	0.47
Bismuto	Bi+++	0.23
Antimonio	Sb+++	0.10

*Tabla 1- Resistencia de los metales a la corrosión ( tomada de Dra. Edith Isabel Núñez-Lucio, Universidad Central del Ecuador).*

Se define como corrosión el efecto de reacciones químicas indeseables sobre estructuras y propiedades de metales y aleaciones. Si un metal o aleación se encuentra en condiciones secas la reacción más frecuente es la de oxidación. Es importante conocer la velocidad con la que se ésta se produce y su importancia reside en que cuanto más rápido se produzca, la capa de óxido generada tendrá mayor capacidad de protección del metal. La idea es que esa capa de óxido actúa como una barrera protectora que mantiene alejado al oxígeno del metal, disminuyendo la capacidad de reacción entre ambos elementos. En el aluminio se produce este tipo de reacción, con la capacidad de formar una capa mucho más efectiva que en otros metales; y se describen al titanio y al cromo como capaces de producir el mismo fenómeno.

Lo descrito hasta aquí se produce en ambientes secos: en esas condiciones, el proceso de ataque de un metal está condicionado por la tasa de difusión del oxígeno o por la conducción de electrones en la capa oxidada en su superficie.



Sin embargo, la situación de interés en los materiales ortodóncicos, es en condiciones de humedad. Ya se detallaron las variables que entran en juego en la cavidad bucal. En estas condiciones de humedad, la pérdida de masa de un metal se vuelve apreciable con más rapidez. Si no se toman en cuenta algunas consideraciones, la vida útil de estos metales está limitada por la corrosión húmeda. Básicamente, la velocidad de oxidación de un metal en aire húmedo es millones de veces más rápida principalmente porque la conducción de electrones dentro de su masa es mucho más fácil<sup>(20,21)</sup>. En la figura 2 aparecen representados los tipos de corrosión mediante un esquema:

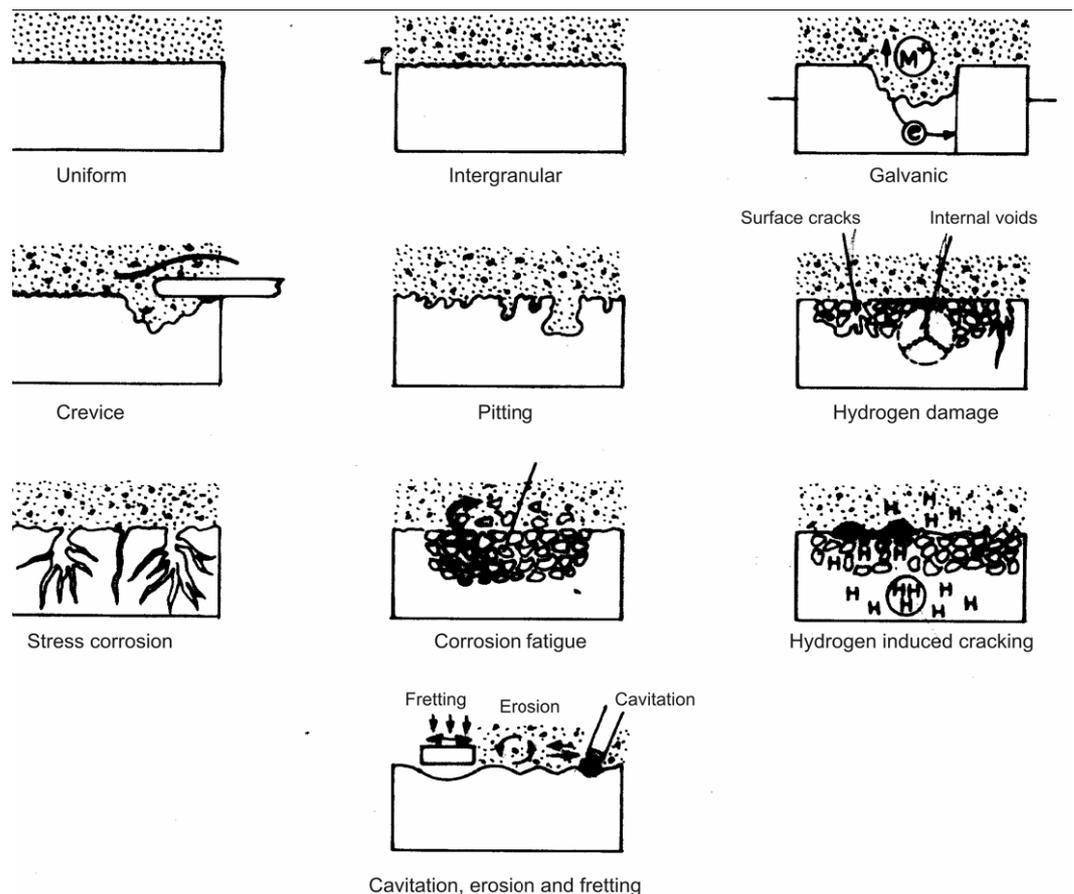


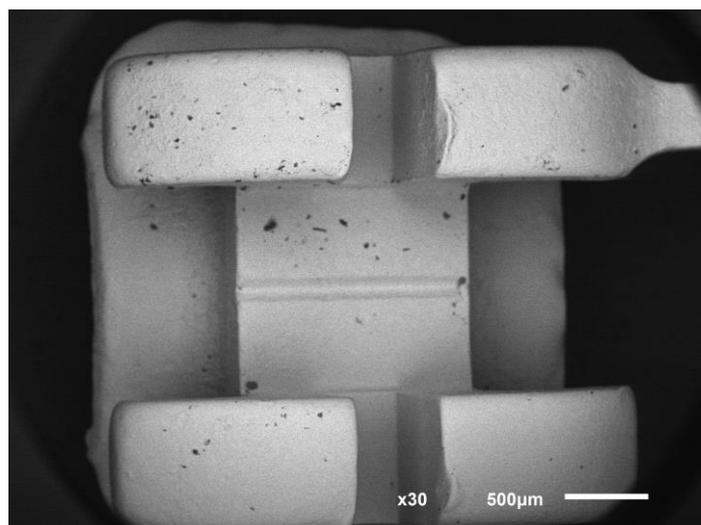
Fig. 2 –Esquema de distintos tipos de corrosión (tomada por la Universidad Banarás Hindú (India))



El ataque de la superficie de un metal se puede producir de varias formas: por picado (pitting), en rendijas, intergranular, galvánica y fisurante. A continuación se describen las corrosiones más frecuentes en el uso en ortodoncia<sup>(20)</sup>

### **CORROSIÓN POR PICADO**

Consiste en un ataque irregular en puntos aleatorios del metal. Es una de las formas más peligrosas de corrosión ya que se propaga hacia el interior desde cada uno de esos puntos y es bastante frecuente en los brackets. Una de las formas de evaluarlo es por inmersión de un metal en una solución ácida y, luego de lavado y secado, evaluar la pérdida de masa que se produce. Este procedimiento mide claramente la pérdida de masa, aunque no determina exactamente la forma en que se produce. La literatura presenta información referente a distintas marcas de brackets, mostrando diferencias claras en función de la composición y tratamiento del metal. Una de las observaciones que se han podido realizar es que las partes del bracket obtenidas por deformación en frío (labrado), resultan ser las más resistentes al ataque ácido.



*Fig. 3- bracket victory del diente 15# antes de empezar nuestro tratamiento por la microscopia electrónica de barrido.*

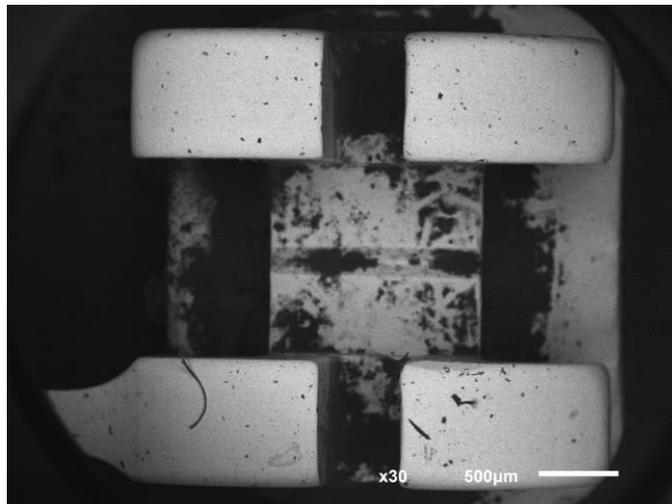


Fig. 4- bracket victory del diente 15# después de 4 meses de tratamiento por la microscopia electrónica de barrido.

A continuación describiremos los cambios obtenidos en la composición de un bracket Victory de slot 0,018 ” antes del tratamiento (figura 5) o después de 4 meses en boca del paciente. En el brackets usado mediremos la composición en la aleta (figura 6) de la misma. Observamos que la corrosión y cambios sufridos no son homogéneos. Por tanto analizaremos dos zonas de la aleta: zona 1 (figura 7): zona de menor cambio y zona 2 (figura 8): zona de mayor cambio.

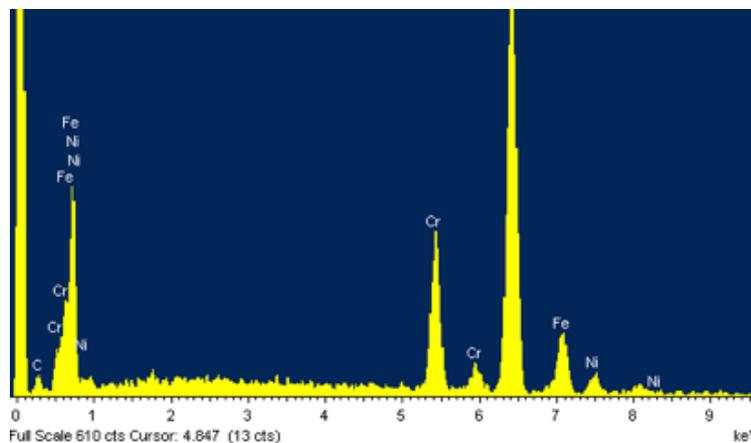


Fig.5: Composición del bracket Victory nuevo por el microscopio electrónico de barrido.

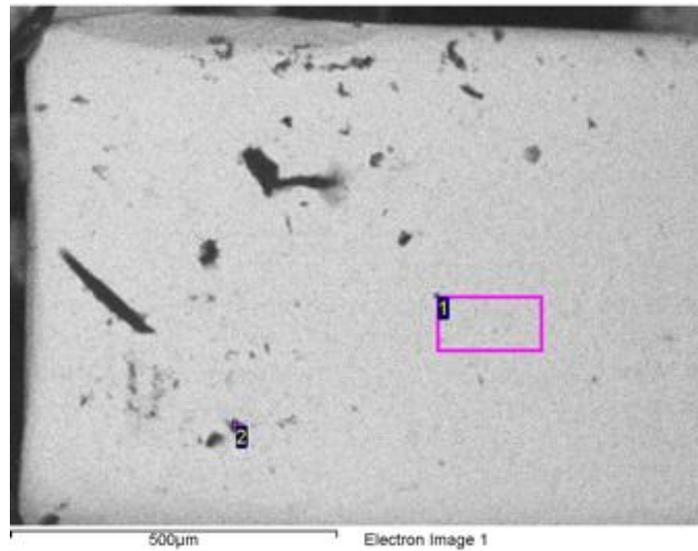


Fig. 6: Imagen de la aleta del bracket Victory después de 4 meses de tratamiento con las 2 zonas estudiadas.

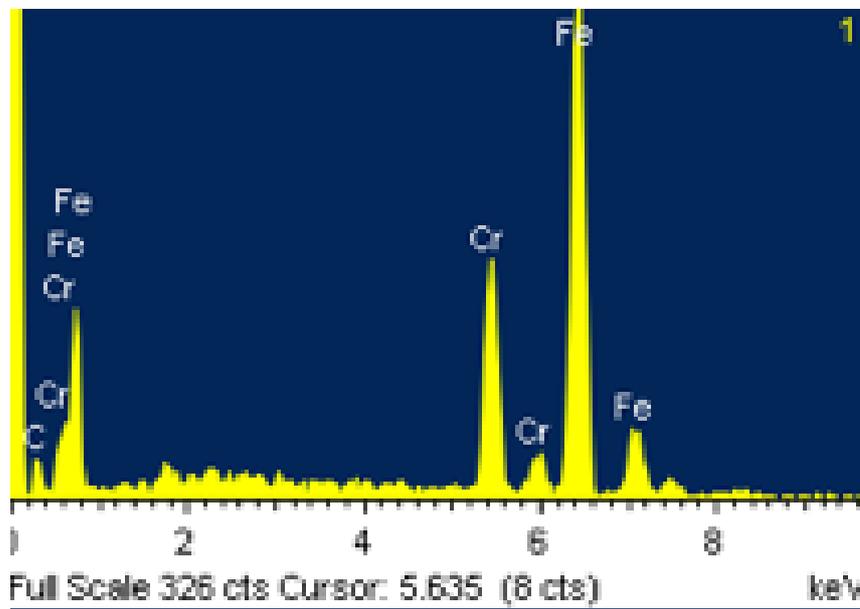


Fig. 7: Imagen de la composición de la zona 1 de la aleta del bracket Victory usado 4 meses en boca.

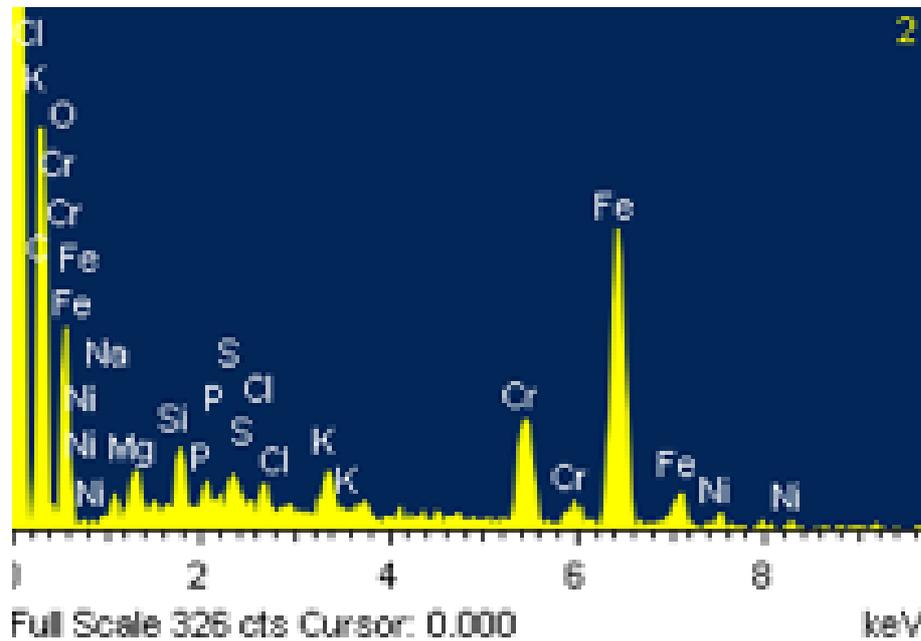


Fig. 8: Imagen de la composición de la zona 2 de la aleta del bracket Victory usado 4 meses en boca

Después de haber analizado la composición de cada zona, resumiremos en la tabla 2 los cambios más significativos de los 2 brackets en cuanto a su composición se refiere:

	<b>BRACKET NUEVO</b>	<b>BRACKET ZONA 1</b>	<b>USADO BRACKET ZONA 2</b>	<b>USADO</b>
<b>C</b>	6,16%	10,53%	50,36%	
<b>Cr</b>	15,98%	17,14%	4,95%	
<b>Fe</b>	72,90%	72,33%	20,59%	
<b>Ni</b>	4,96%	-----	0,97%	
<b>O</b>	-----	-----	18,28%	

Tabla 2: Cambios en la composición de los metales del bracket según su tiempo en boca y zona del bracket.



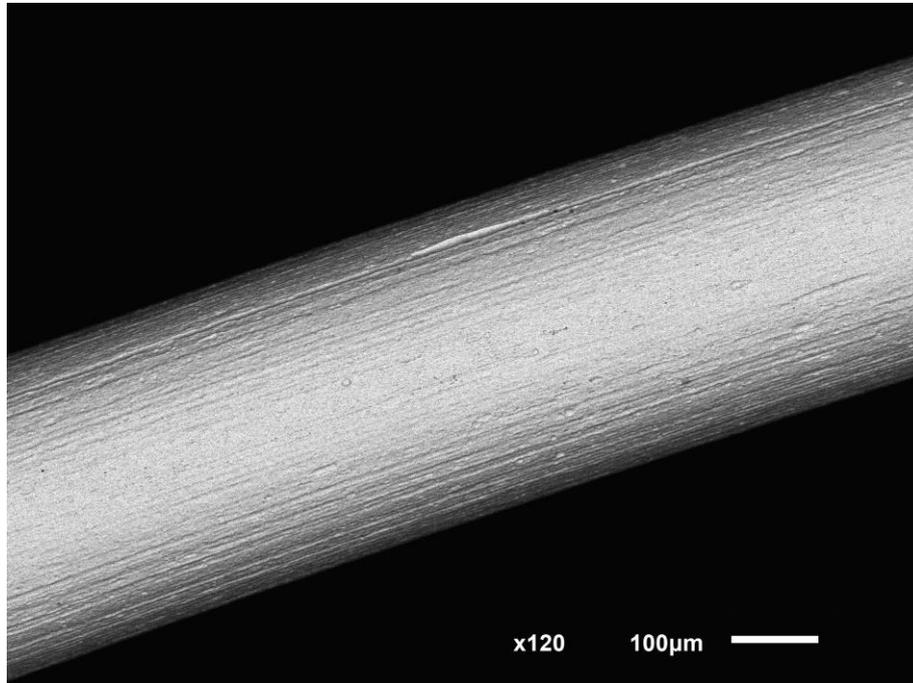
## **CORROSIÓN GALVÁNICA**

Este tipo de proceso se produce cuando en un medio se encuentran presentes dos o más metales con diferente potencial eléctrico en contacto con un medio salino. En esta situación el metal menos noble sufre un proceso de oxidación, convirtiéndose en anódico y liberando así cationes solubles en el medio. El metal más noble se transforma en la porción catódica y no sufre oxidación.

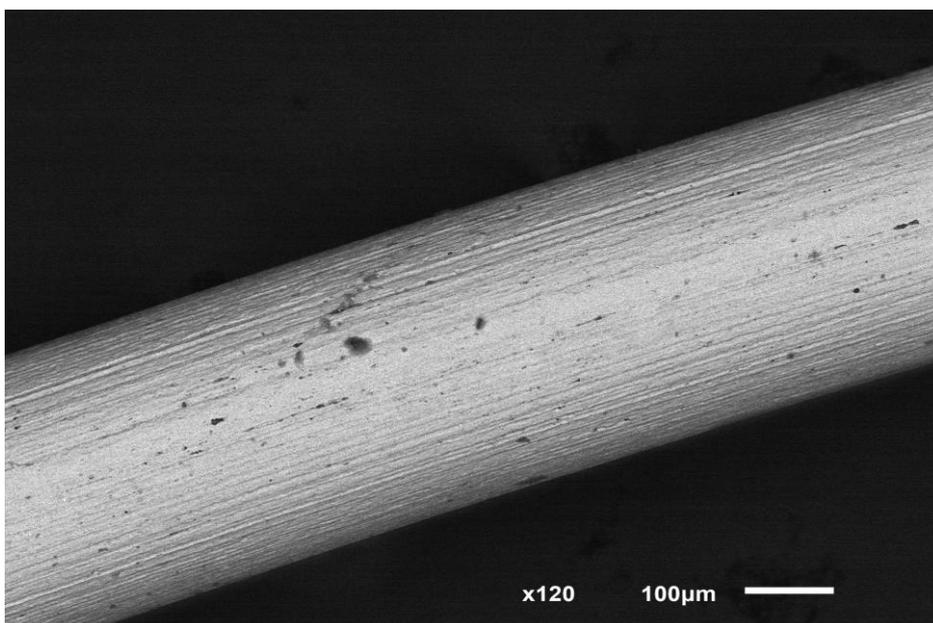
En ortodoncia, se da esta situación cuando los brackets son de una aleación y los arcos de otra, o cuando se combinan diferentes tipos de arcos. El medio salino se refiere a la saliva presente. También debe recordarse que los brackets están conformados por distintas partes que, a veces, tienen distinta composición; y especialmente se debe tener en cuenta la aleación empleada para soldar esas partes. De esta manera se podría justificar el proceso de deterioro que sufren estos elementos al permanecer en la boca por un tiempo bastante prolongado. Es un punto importante a tener en cuenta en el reciclado de brackets o arcos.

## **CORROSIÓN FISURANTE**

Se produce cuando el metal está sometido a la acción de un medio corrosivo y tensión al mismo tiempo, especialmente cuando son de tracción. Este proceso genera fisuras que se propagan al interior del metal hasta que se relajan o se fractura. Probablemente sea el proceso que más se puede identificar con el uso de alambres ortodóncicos. A continuación mostraremos 2 imágenes de arcos de NiTi de nuestro estudio: antes del tratamiento en la figura 9 y después de 4 meses de tratamiento en la figura 10.



*Fig.9- Arco NiTi antes de nuestro tratamiento de ortodoncia por la microscopia electrónica de barrido.*



*Fig.10- Arco Niti después de 4 meses del tratamiento de ortodoncia por la microscopia electrónica de barrido.*



Describiremos los cambios obtenidos en la composición del arco de NiTi de 0,014” antes del tratamiento en la figura 11 o después de 4 meses en boca del paciente en la figura 12 y 13. En el arco usado observamos que la corrosión y cambios sufridos no son homogéneos. Por tanto analizaremos dos zonas de la aleta: zona 1: zona de menor cambio y zona 2: zona de mayor cambio.

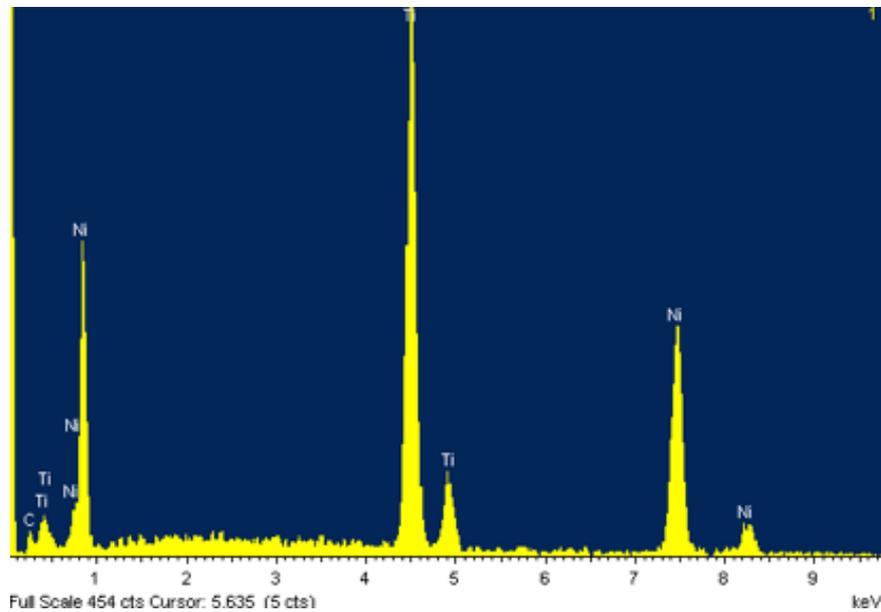


Fig.11: Composición del arco de 0,014” nuevo por el microscopio electrónico de barrido.

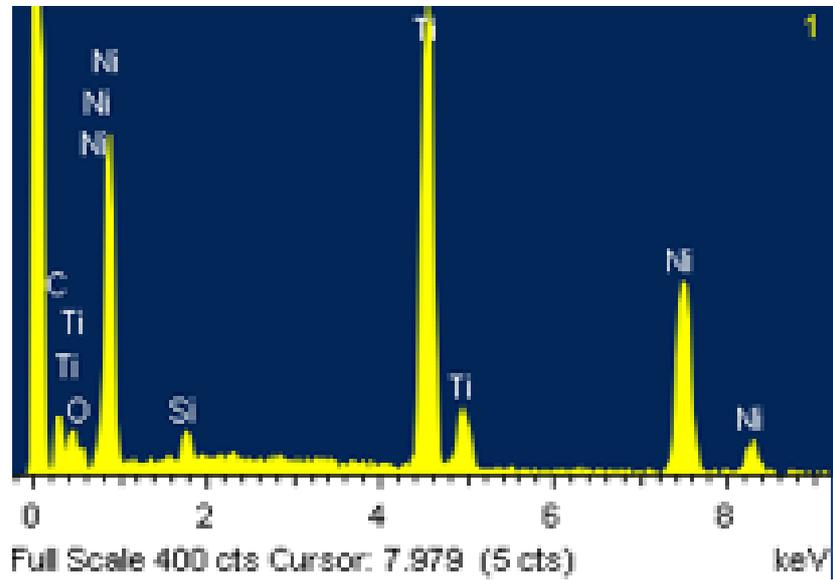


Fig.12: Imagen de la composición de la zona 1 del arco 0,014" NiTi usado 4 meses en boca.

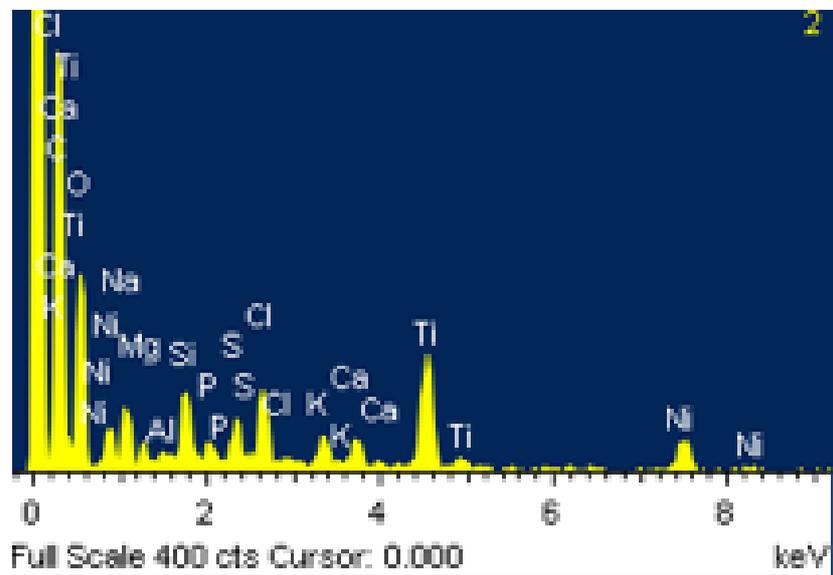


Fig.13: Imagen de la composición de la zona 2 del arco 0,014" NiTi usado 4 meses en boca



Después de haber analizado la composición de cada zona, resumiremos en una tabla los cambios más significativos de los 2 arcos en cuanto a su composición se refiere (tabla 3).

	<b>ARCO NUEVO</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ARCO</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ARCO</b>
		<b>USADO</b>		<b>USADO</b>	
<b>C</b>	7,62%	18,02%		50,58%	
<b>O</b>		2,48%		31,41%	
<b>Ti</b>	43,92%	36,62%		5,31%	
<b>Ni</b>	48,46%	41,57%		4,18%	

Tabla 3: Cambios en la composición de los metales del arco según su tiempo en boca y zona del bracket.

En ortodoncia se usan distintas aleaciones de metales en la confección de la aparatología. La tabla 4 nos muestra las principales aleaciones <sup>(21)</sup>.

<b>Sl. No.</b>	<b>Type of Wires</b>	<b>Composition</b>
1.	Gold alloys	15-65% Au, 11-18% Cu, 10-25% Ag, 5-10% Pd
2.	Stainless steel	71%Fe, 18%Cr, 08%Ni, C less than 0.2 %
3.	Chrome-Cobalt	40% Co, 20%Cr, 15%Ni, 15.4%Fe, 07%Mo, 02%Mn, 0.4Br, 0.05%Others.
4.	Nickel-Titanium	54-55%Ni, 43-44%Ti, 1.6-3%Co.
5.	Copper- Nickel-Titanium	43Ti, 50%Ni, 0.50%Cr, 6.5%Cu.
6.	Beta-Titanium	79%Ti, 11%Mo, 06%Zr, 04%Sn.

Tabla 4- Diferentes tipos de arcos usados en el tratamiento de ortodoncia y su composición. Tomada de la Universidad de Banarás Hindú.



La aleación más frecuente usada en la fabricación de acero son los austeníticos (AISI 302, 304, 316L). El acero ofrece gran resistencia a la corrosión por su alta concentración de cromo (+ de 12%). La alta resistencia de este metal también se debe al bajo contenido en cobre y pequeñas cantidades de molibdeno, que estabiliza al cromo. El níquel le aporta firmeza, ductilidad y resistencia a la corrosión cervical<sup>(18)</sup>.

Varios estudios refieren liberación de Cr, Ni, Zn, Co y Ti de las aleaciones de acero. Por esta razón se utilizan otras aleaciones de mayor compatibilidad, de mayor estabilidad en el medio oral y menor susceptibilidad a la corrosión. Por ejemplo los brackets sin níquel demuestran mayor resistencia a la corrosión que el acero AISI 304, porque la mayor concentración de níquel y manganeso se libera al final<sup>(18)</sup>.

En nuestro estudio utilizamos distintos metales en la aparatología. A todos los pacientes se les colocó aparatología fija multibrackets que detallaremos a continuación:

\*Brackets Victoria 3M Unitek slot 0,018”.



	% by wt.
Carbon	<0.07
Manganese	<1
Silica	<1
Chromium	17
Nickel	4
Iron	≈70
Phosphorus	<0.04
Sulfur	<0.03
Copper	4
Niobium	0.3
Others	--

Figura 14- Bracket Victory 3M, slot 0,018”

Tabla 5- Composición del bracket metálico Victory de 3M.

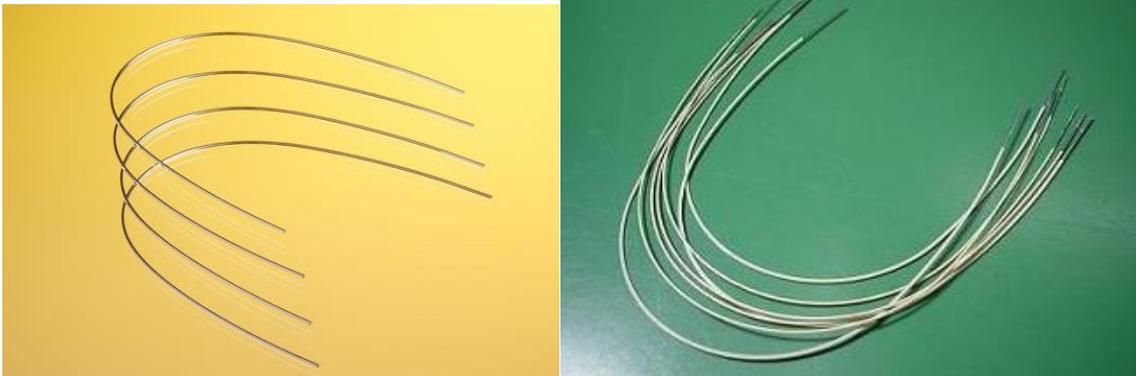


\*Bandas: AISI 304L, 305L



*Fig. 15- Bandas primeros molares superiores e inferiores*

\*Arcos: triflex, 0,14 NiTi, 16x16 NiTi



*Fig. 16: Arcos de la aparatología ortodóncica.*



\*Arcos de acero inoxidable:

<b>ingredients</b>	<b>%</b>	<b>PEL/TLV 8Hour TWA Unless Otherwise Noted</b>
<b>Iron</b> <b>13097-37-1</b>	69,5	PEL: 10.0 MG/M3 TLV:0,5 MG/M3
<b>Chromium</b> <b>7440-47-3</b>	18,5	PEL: 1.0 MG/M3 TLV:1.0 MG/M3
<b>Nickel</b> <b>7440-02-0</b>	9.0	PEL: 1.0 MG/M3 TLV:1.0 MG/M3
<b>Manganese</b> <b>7439-96-5</b>	1.0	PEL: 5.0 MG/M3 TLV:50 MG/M3
<b>Cobalt</b> <b>7440-48-4</b>	.75	PEL: 0,1 MG/M3 TLV:0,1 MG/M3
<b>Silicon</b> <b>Carbon</b> <b>Phosphorus</b> <b>Sulfur</b>	Balance	Trace elements in varyling concentrations less tan 1% each

Tabla 6- Composición de los arcos de acero inoxidable (Tomada de *Orthodontic Design and Production*,



Inc).

\*Arcos NiTi

Material	% (Range)	ACGIH-TLV	CAS#
Nickel (Ni)	55.0	1,5 mg/m <sup>3</sup>	7440020
Titanium (Ti)	45.0	10.0 mg/m <sup>3</sup>	7440326

Tabla 7- Composición de los arcos Ni Ti (Tomada de Orthodontic Design and Production, Inc).

Steel type	Elements									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	others	Fe
AISI 301	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0-18.0	-	6.00-8.00	-	rest
AISI 302	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.0-19.0	-	8.00-10.00	-	rest
AISI 303	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.200	≥0.150	17.0-19.0	-	8.00-10.00	Zr o Mo ≤0.60	rest
AISI 304	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0-20.0	-	8.00-10.50	-	rest
AISI 304L	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0-20.0	-	8.00-12.00	-	rest
AISI 305L	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.0-19.0	-	10.50-13.00	-	rest
AISI 316L	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0-18.0	2.00-3.00	10.00-14.00	-	rest
AISI 316L+S	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	0.01-0.03	17.0-19.0	2.00-3.00	-	-	rest
AISI 316L (ISO 5832-1)	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.025	≤0.010	17.0-19.0	2.25-3.00	13.00-15.00	N ≤0.10; Cu ≤0.50	rest
AISI 410	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	11.5-13.5	-	-	-	rest
AISI 420	≥0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	12.0-14.0	-	-	-	rest
AISI 420F	≥0.15	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	12.0-14.0	≤0.6	-	-	rest
AISI 420F PLUS	0.20-0.26	≤1.00	≤2.00	≤0.040	0.15-0.27	12.5-14.0	1.00-1.50	0.75-1.50	-	rest
AISI 440A	0.60-0.75	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	16.0-18.0	≤0.75	-	-	rest
AISI 630	≤0.07	≤0.70	≤1.50	≤0.040	≤0.015	15.0-17.0	≤0.6	3.0-5.0	5xCS; Nb≤0.45; Cu 3-5	rest
Leowire®	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0-18.0	≤0.80	6.00-9.00	-	rest
AISI 630MOD	≤0.03	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.015	11.0-12.5	≤0.50	7.50-9.50	Cu 1.50-2.50; Nb+Ta 0.10-0.50; Ti 0.90-1.40	rest
AISI 420MOD	0.35-0.50	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.015	14.0-16.0	1.00-2.50	-	N 0.1-0.3; V ≤1.50	rest
AISI 440B	0.85-0.95	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.015	17.0-19.0	0.90-1.30	-	V 0.07-0.12;	rest
CAS <sup>4</sup> Number of the elements	1333-86-4	7440-21-3	7439-96-5	7723-14-0	7704-34-9	7440-47-3	7439-98-7	7440-02-0	Cu 7440-50-8; Nb 7440-25-7 N 7727-37-9; Zr 7440-67-7 Ta 7440-25-7; Ti 7440-32-6	7439-89-6

Tabla 8- Composición de los elementos de acero inoxidable (Tomada de Orthodontic Design and Production, Inc)

**OBJETIVO**





El objetivo de nuestra investigación clínica fue:

1. Determinar si durante el tratamiento de ortodoncia los iones metálicos de la aparatología usada alteran la composición de la saliva y valorar si existen cambios en el pH de la misma.
2. Ver si los cambios llegan a ser significativos y pueden llegar a producir daño celular.
3. Determinar si los cambios obtenidos en la composición de la saliva se deben a la liberación de los iones metálicos de la aparatología o influyen otros factores.



# MATERIAL Y MÉTODOS





La muestra fue de 20 pacientes del IAO (10casos /10 controles) que reunieran criterios de inclusión predeterminados:

Criterios de inclusión:

- Aparentemente sanos
- De edades comprendidas entre 7-17 años.
- Clínicamente libres de caries dental y enfermedad periodontal.
- Pacientes sin ningún tipo de medicación.
- Que requieran tratamiento de ortodoncia con aparatología fija.
- Los grupos de control son familiares de los pacientes del grupo de estudio que cohabitan con ellos y no presentan metales en la cavidad oral.

Se descartaron en ambos grupos:

- Pacientes con elementos metálicos en la cavidad bucal
- Pacientes que hayan llevado ortodoncia anteriormente

De los participantes iniciales solamente tuvimos muestras completas en 9 casos y controles por motivos ajenos a nuestro estudio: no asistencia de las cita, muestras control no completadas...

A cada participante se le proporcionó el mismo tipo de pasta y cepillo dental, se indicó la técnica (Bass) y frecuencia similar de cepillado.



El modelo utilizado en este trabajo es el Element II (ThermoScientific, Bremen, Alemania), figura 17.



*Fig.17- Equipo “Element II (ThermoScientific, Bremen, Alemania)” de la Universidad de Oviedo utilizada en nuestro estudio.*

Parámetros instrumentales empleados en el ICP-MS ELEMENT II:

a) parámetros referentes al plasma e introducción de muestra:

Potencia de RF	1300W
Flujo de gas plasmógeno	15L/min
Flujo de gas auxiliar	0,92L/min
Flujo de gas portador	0,92L/min
Distancia de muestreo	2.4mm
Flujo de muestra	0,4mL/min



b) Parámetros de medida empleados en el ICP-MS ELEMENTII.

Poder de resolución (m/Am)	3000
Modo de adquisición	Barridos eléctricos con salto magnético
Número de barridos ("runs" x passes)	25 (5x5)
Tiempo de integración por punto	0,01s
Número de puntos por pico	30
Ancho de ventana	100%
Modo del detector	Conteo de pulsos
Relaciones masa/carga(m/z)	$^{27}\text{Al}$ , $^{47}\text{Ti}$ , $^{51}\text{V}$ , $^{52}\text{Cr}$ , $^{55}\text{Mn}$ , $^{56}\text{Fe}$ , $^{59}\text{Co}$ , $^{60}\text{Ni}$ , $^{63}\text{Cu}$ , $^{66}\text{Zn}$ , $^{75}\text{As}$ , $^{85}\text{Rb}$ , $^{88}\text{Sr}$ , $^{98}\text{Mo}$ , $^{107}\text{Ag}$ , $^{111}\text{Cd}$ , $^{120}\text{Sn}$ , $^{121}\text{Sb}$ , $^{136}\text{Ba}$ , $^{139}\text{La}$ , $^{182}\text{W}$ , $^{202}\text{Hg}$ , $^{208}\text{Pb}$ , $^{238}\text{U}$ $^{45}\text{Sc}$ , $^{103}\text{Rh}$ y $^{205}\text{Tl}$

A cada participante se le tomo muestra de saliva como a continuación se describe:

- 1ª muestra: antes de iniciar el tratamiento de ortodoncia.
- 2ª muestra: 3 meses posterior a la colocación de los aparatos ortodóncicos.
- 3ª muestra: 6 meses posterior a la colocación de los aparatos ortodóncicos.

Se evaluaron los cambios en la composición de la saliva entre los tres momentos temporales a través de un test t de Student o de un test de Wilcoxon para muestras



Universidad de Oviedo

**Material y métodos**  
pareadas, según se verificara la hipótesis de normalidad o no, evaluada a través del test de Shapiro-Wilk.

Se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas en las que se obtuvieron pvalores inferiores al nivel 0,05.

El análisis estadístico se efectuó mediante el programa R (R Development Core Team, 2014), versión 3.1.0<sup>(22)</sup>.

# RESULTADOS





## ANÁLISIS DESCRIPTIVO:

Se midió la concentraciones de los metales (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, La, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Ti, U, V, W, Zn) en 9 pacientes en 3 momentos temporales: inicio, 3 y 6 meses, en los pacientes tratados ortodóncicamente y pacientes controles.

A continuación detallaremos en las tabla 9, 10 y 11 la media y mediana de los distintos metales al inicio del tratamiento, a los 3 meses y a los 6 meses en los 2 grupos. Las cifras en azul nos indican los p valores significativos:

### INICIO

	Control		Tratado		Pvalor
	Media	Mediana	Media	Mediana	
Ag	0,35	0,43	0,11	0,07	0,06
Al	175,86	150,98	69,37	41,29	0,19
As	0,57	0,59	0,33	0,35	0,12
Ba	185,74	229,37	12,22	4,74	0,35
Cd	0,29	0,27	0,22	0,28	0,5
Co	0,49	0,52	1,17	1,41	0,35
Cr	2,24	2,18	1,23	0,43	0,19
Cu	24,02	60,01	64,13	54,33	0,52
Fe	138,22	137,33	146,87	50,81	0,45
Hg	1,34	1,34	0,38	0,4	0,07
La	21,26	13,7	3,15	1,38	0,45
Mn	22,05	23,2	28,45	22,92	0,65
Mo	2,09	1,41	1,84	1,87	0,77
Ni	9,32	9,05	4,82	6,63	0,04
Pb	4,32	4,02	1,09	0,88	0,02
Rb	807,16	597,13	527,47	475,65	0,35
Sb	0,29	0,24	0,12	0,06	0,09
Sn	6,42	3,83	0,95	1,26	0,31
Sr	108,45	131,53	120,7	132,57	0,83
Ti	863,97	806,29	351,18	157,23	0,09
U	0,07	0,08	0,07	0,06	0,99
V	6,74	8,48	1,41	0,17	0,08
W	0,14	0,2	0,06	0,06	0,45
Zn	1335,48	578,58	181,17	190,08	0,32

Tabla 9- Media y mediana de los elementos al inicio del tratamientos en ambos grupos.



**3 MESES**

	Control		Tratado		Pvalor
	Media	Mediana	Media	Mediana	
Ag	0,19	0,19	0,72	0,36	0,48
Al	48,16	48,16	102,33	103,87	0,15
As	0,66	0,66	0,26	0,28	0,04
Ba	27,41	27,41	20,85	10,17	0,91
Cd	1,14	1,14	0,37	0,14	0,34
Co	0,45	0,45	0,73	0,52	0,73
Cr	3,26	3,26	2,34	1,36	0,72
Cu	44,59	44,59	78,79	69,11	0,44
Fe	104,61	104,61	104,69	85,28	0,99
Hg	1,20	1,20	1,50	1,73	0,99
La	5,28	5,28	15,72	7,00	0,44
Mn	35,16	35,16	27,21	23,92	0,44
Mo	0,87	0,87	1,25	0,61	0,73
Ni	7,38	7,38	18,58	10,19	0,91
Pb	1,48	1,48	3,87	1,93	0,73
Rb	961,55	961,55	608,85	606,19	0,73
Sb	0,64	0,64	0,25	0,22	0,72
Sn	1,36	1,36	160,33	2,37	0,58
Sr	74,95	74,95	11,86	33,14	0,99
Ti	119,56	119,56	266,99	110,43	0,73
U	0,03	0,03	0,05	0,04	0,90
V	0,36	0,36	0,32	0,29	0,99
W	0,06	0,06	0,04	0,03	0,55
Zn	427,39	427,39	910,79	349,80	0,58

Tabla 10- Media y mediana de los elementos a los 3 meses de tratamiento en ambos grupos.

**6 MESES**

	Control		Tratado		Pvalor
	Media	Mediana	Media	Mediana	
Ag	0,29	0,29	0,56	0,45	0,90
Al	29,77	29,77	236,64	69,28	0,18
As	0,24	0,24	0,42	0,28	0,51
Ba	5,52	5,52	28,98	7,37	0,53
Cd	0,18	0,18	0,27	0,16	0,71
Co	0,21	0,21	0,56	0,48	0,18
Cr	1,58	1,58	3,15	1,00	0,90
Cu	34,97	34,97	98,20	92,27	0,18
Fe	82,91	82,91	87,21	66,97	0,89
Hg	0,59	0,59	1,00	0,72	0,44
La	1,99	1,99	131,20	14,28	0,50



Universidad de Oviedo

Resultados

Mn	10,26	10,26	24,55	20,49	0,40
Mo	0,26	0,26	0,67	0,62	0,04
Ni	10,93	10,93	18,42	9,23	0,71
Pb	2,98	2,98	5,54	1,20	0,40
Rb	723,47	723,47	541,17	545,04	0,27
Sb	0,32	0,32	0,72	0,30	0,99
Sn	1,64	1,64	4,75	3,10	0,27
Sr	28,66	28,66	75,25	37,99	0,71
Ti	64,49	64,49	169,17	113,49	0,53
U	0,03	0,03	0,05	0,04	0,89
V	0,24	0,24	0,25	0,22	0,90
W	0,02	0,02	0,18	0,04	0,43
Zn	250,10	250,10	356,61	293,32	0,89

Tabla 11- Media y mediana de los elementos a los 6 meses de tratamiento en ambos grupos.

En las figuras de Co y Mo, figuras 18 y 21 respectivamente, se ve cómo en los pacientes tratados la mediana desciende a lo largo del tiempo.

En las figuras de Cr, Fe y Ni, figuras 19, 20 y 22 respectivamente, vemos cómo en los pacientes tratados la cantidad de metal aumenta a los 3 meses y empieza a descender a los 6 meses.

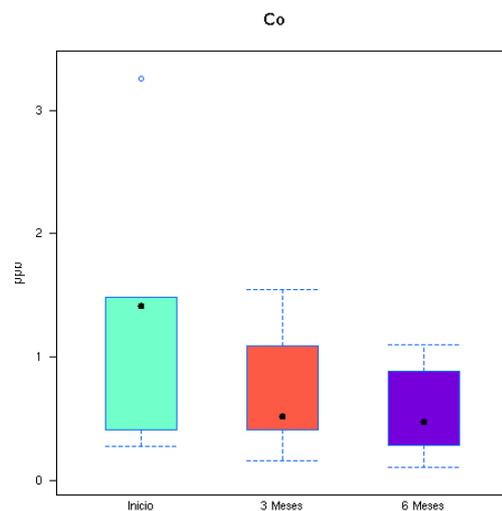


Fig.18- Diagrama de caja de la mediana del Co de los pacientes tratados al inicio, a los 3 meses y a los 6 meses.

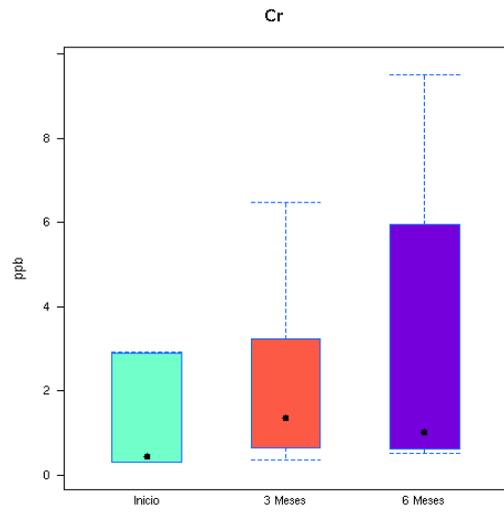


Fig.19- Diagrama de caja de la mediana del Cr de los pacientes tratados al inicio, a los 3 meses y a los 6 meses.

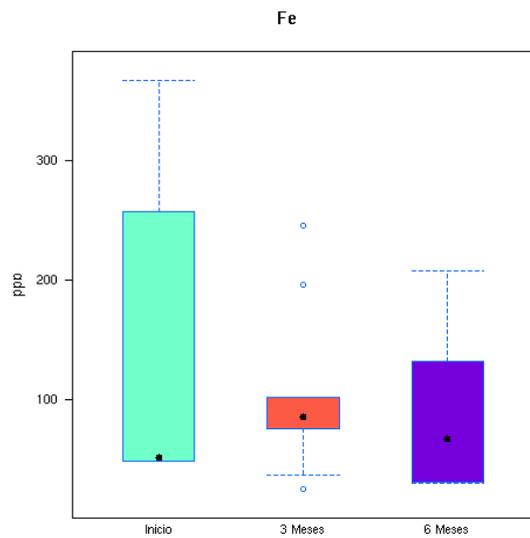


Fig.20- Diagrama de caja de la mediana del Fe de los pacientes tratados al inicio, a los 3 meses y a los 6 meses.

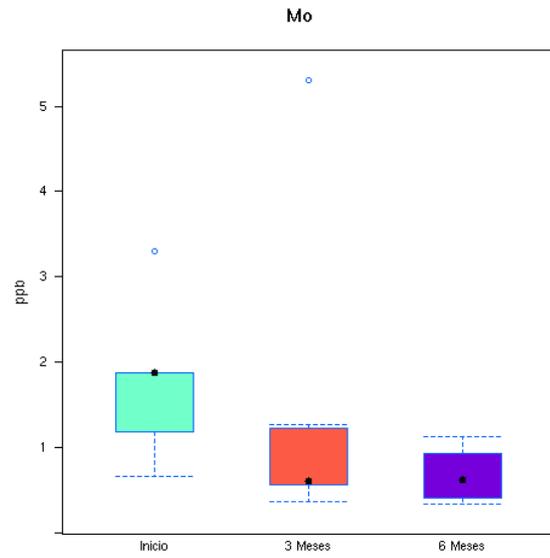


Fig.21- Diagrama de caja de la mediana del Mo de los pacientes tratados al inicio, a los 3 meses y a los 6 meses.

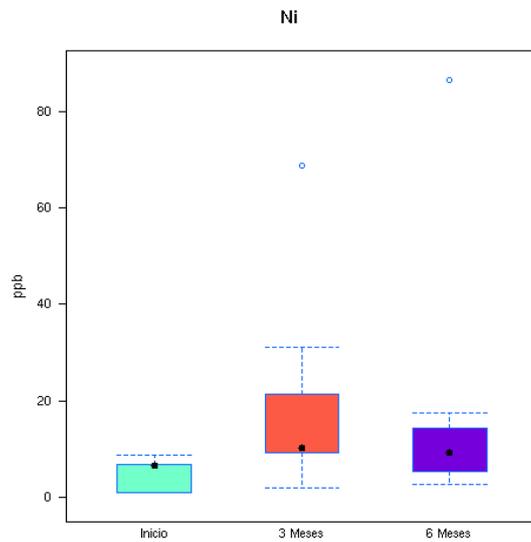


Fig.22- Diagrama de caja de la mediana del Co de los pacientes tratados al inicio, a los 3 meses y a los 6 meses.



## COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES A LO LARGO DEL TIEMPO:

### Comparación 3Meses frente Inicio:

De un total de 9 casos que se observaron en *Inicio*, se comprueba que todos finalizaron el experimento. Calculando la diferencia entre *Inicio* y *3 meses* se obtienen los siguientes resultados:

#### Ag

	Casos	Media	Mediana	D.t.
Inicio	9	0.11	0.07	0.07
3 meses	9	0.72	0.36	1.31
Diferencia	9	-0.61	-0.14	1.27

#### Al

	Casos	Media	Mediana	D.t.
Inicio	9	74.23	66.68	58.80
3 meses	9	97.72	103.87	46.09
Diferencia	9	-23.49	-14.65	62.70

#### As

	Casos	Media	Mediana	D.t.
Inicio	9	0.33	0.35	0.07
3 meses	9	0.26	0.28	0.10
Diferencia	9	0.07	0.08	0.14

#### Ba

	Casos	Media	Mediana	D.t.
Inicio	9	12.22	4.74	21.96
3 meses	9	20.85	10.17	24.94
Diferencia	9	-8.63	-6.41	36.22

#### Cd

	Casos	Media	Mediana	D.t.
Inicio	9	0.22	0.28	0.16
3 meses	9	0.37	0.14	0.64
Diferencia	9	-0.15	-0.01	0.54



**Co**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.17	1.41	0.95
3 meses	9	0.73	0.52	0.52
Diferencia	9	0.44	0.80	0.93

**Cr**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.23	0.43	1.26
3 meses	9	2.34	1.36	2.07
Diferencia	9	-1.11	-0.93	2.28

**Cu**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	64.13	54.33	35.14
3 meses	9	78.79	69.11	47.28
Diferencia	9	-14.66	-11.91	56.38

**Fe**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	146.87	50.81	142.12
3 meses	9	104.69	85.28	71.86
Diferencia	9	42.18	-17.28	127.17

**Hg**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.38	0.40	0.39
3 meses	8	1.50	1.73	0.68
Diferencia	8	-1.13	-1.44	0.73

**La**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	3.15	1.38	3.59
3 meses	9	15.72	7.00	19.91
Diferencia	9	-12.57	-5.89	17.38

**Mn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	28.45	22.92	21.80
3 meses	9	27.21	23.92	18.63
Diferencia	9	1.24	-4.15	24.39



**Mo**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.84	1.87	0.97
3 meses	9	1.25	0.61	1.55
Diferencia	9	0.58	0.56	1.87

**Ni**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	4.82	6.63	3.39
3 meses	9	18.58	10.19	20.90
Diferencia	9	-13.76	-7.22	20.86

**Pb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.09	0.88	0.53
3 meses	9	3.87	1.93	4.81
Diferencia	9	-2.78	-1.05	4.45

**Rb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	527.47	475.65	176.55
3 meses	9	608.85	606.19	150.29
Diferencia	9	-81.39	-17.99	198.83

**Sb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.12	0.06	0.13
3 meses	9	0.25	0.22	0.15
Diferencia	9	-0.14	-0.15	0.21

**Sn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.95	1.26	0.74
3 meses	9	160.33	2.37	462.64
Diferencia	9	-159.38	-1.11	462.97

**Sr**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	120.70	132.57	84.92
3 meses	9	111.86	33.14	149.49
Diferencia	9	8.84	20.81	138.26



**Ti**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	351.18	157.23	384.50
3 meses	9	260.99	110.43	320.15
Diferencia	9	90.18	85.44	391.33

**U**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.07	0.06	0.05
3 meses	9	0.05	0.04	0.04
Diferencia	9	0.03	0.02	0.05

**V**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.41	0.17	2.52
3 meses	9	0.32	0.29	0.13
Diferencia	9	1.09	-0.08	2.45

**W**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.06	0.02	0.06
3 meses	9	0.04	0.03	0.03
Diferencia	9	0.01	0.00	0.05

**Zn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	181.17	190.08	60.26
3 meses	9	910.79	349.80	1625.91
Diferencia	9	-729.62	-159.72	1648.19

**Comparación 6Meses frente Inicio**

De un total de 9 casos que se observaron en *Inicio*, se comprueba que sólo finalizaron 8 personas, lo que supone una tasa de abandono del 11.11 %. Calculando la diferencia entre *Inicio* y *6 meses* se obtienen los siguientes resultados.



**Ag**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.11	0.07	0.07
6 meses	8	0.56	0.45	0.54
Diferencia	8	-0.45	-0.34	0.55

**Al**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	74.23	66.68	58.80
6 meses	8	270.68	87.07	325.91
Diferencia	8	-190.04	-42.02	314.37

**As**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.33	0.35	0.07
6 meses	8	0.42	0.28	0.34
Diferencia	8	-0.10	-0.05	0.31

**Ba**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	12.22	4.74	21.96
6 meses	8	28.98	7.37	54.04
Diferencia	8	-15.80	-2.62	31.39

**Cd**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.22	0.28	0.16
6 meses	8	0.27	0.17	0.41
Diferencia	8	-0.02	0.09	0.33

**Co**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.17	1.41	0.95
6 meses	8	0.56	0.48	0.36
Diferencia	8	0.70	0.74	0.88

**Cr**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.23	0.43	1.26
6 meses	8	3.15	1.00	3.79
Diferencia	8	-1.80	-0.26	4.29



**Cu**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	64.13	54.33	35.14
6 meses	8	98.20	92.27	51.89
Diferencia	8	-31.27	-16.63	46.85

**Fe**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	146.87	50.81	142.12
6 meses	8	87.21	66.97	65.66
Diferencia	8	72.06	18.94	158.91

**Hg**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.38	0.40	0.39
6 meses	8	1.00	0.72	0.76
Diferencia	8	-0.58	-0.47	0.57

**La**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	3.15	1.38	3.59
6 meses	7	131.20	14.28	238.73
Diferencia	7	-128.01	-12.90	238.39

**Mn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	28.45	22.92	21.80
6 meses	8	24.55	20.49	16.22
Diferencia	8	6.64	-3.75	22.78

**Mo**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.84	1.87	0.97
6 meses	8	0.67	0.62	0.31
Diferencia	8	1.16	1.08	1.06

**Ni**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	4.82	6.63	3.39
6 meses	8	18.42	9.23	27.93
Diferencia	8	-13.11	-2.96	29.68



**Pb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.09	0.88	0.53
6 meses	8	5.54	1.20	10.70
Diferencia	8	-4.40	-0.43	10.40

**Rb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	527.47	475.65	176.55
6 meses	8	541.17	545.04	112.57
Diferencia	8	-7.23	-0.01	159.95

**Sb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.12	0.06	0.13
6 meses	8	0.72	0.30	1.29
Diferencia	8	-0.60	-0.15	1.32

**Sn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.95	1.26	0.74
6 meses	8	4.75	3.10	4.04
Diferencia	8	-3.69	-2.07	4.39

**Sr**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	120.70	132.57	84.92
6 meses	8	75.25	37.99	80.46
Diferencia	8	33.01	24.68	91.29

**Ti**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	351.18	157.23	384.50
6 meses	8	169.17	113.49	166.58
Diferencia	8	206.25	113.14	302.28

**U**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.07	0.06	0.05
6 meses	8	0.05	0.04	0.05
Diferencia	8	0.02	-0.01	0.07



**V**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	1.41	0.17	2.52
6 meses	8	0.25	0.23	0.11
Diferencia	8	1.31	0.04	2.65

**W**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	0.06	0.02	0.06
6 meses	8	0.18	0.04	0.29
Diferencia	8	-0.12	-0.01	0.29

**Zn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
Inicio	9	181.17	190.08	60.26
6 meses	8	356.61	293.32	261.16
Diferencia	8	-166.85	-76.80	243.08

**Comparación 6Meses frente 3Meses**

De un total de 9 casos que se observaron en 3 meses, se comprueba que sólo finalizaron 8 personas, lo que supone una tasa de abandono del 11.11 %. Calculando la diferencia entre 3 meses y 6 meses se obtienen los siguientes resultados

**Ag**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	0.72	0.36	1.31
6 meses	8	0.56	0.45	0.54
Diferencia	8	0.23	-0.03	1.31

**Al**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	97.72	103.87	46.09
6 meses	8	270.68	87.07	325.91
Diferencia	8	-173.72	-28.37	334.06



**As**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	0.26	0.28	0.10
6 meses	8	0.42	0.28	0.34
Diferencia	8	-0.16	0.05	0.39

**Ba**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	20.85	10.17	24.94
6 meses	8	28.98	7.37	54.04
Diferencia	8	-9.99	3.88	64.46

**Cd**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	0.37	0.14	0.64
6 meses	8	0.27	0.17	0.41
Diferencia	8	0.10	0.00	0.30

**Co**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	0.73	0.52	0.52
6 meses	8	0.56	0.48	0.36
Diferencia	8	0.22	0.33	0.40

**Cr**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	2.34	1.36	2.07
6 meses	8	3.15	1.00	3.79
Diferencia	8	-1.33	0.23	4.58

**Cu**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	78.79	69.11	47.28
6 meses	8	98.20	92.27	51.89
Diferencia	8	-25.33	-27.61	71.41

**Fe**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	104.69	85.28	71.86
6 meses	8	87.21	66.97	65.66
Diferencia	8	19.91	18.88	83.01



**Hg**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	8	1.50	1.73	0.68
6 meses	8	1.00	0.72	0.76
Diferencia	7	0.57	1.05	0.87

**La**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	15.72	7.00	19.91
6 meses	7	131.20	14.28	238.73
Diferencia	7	-112.62	-3.34	236.25

**Mn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	27.21	23.92	18.63
6 meses	8	24.55	20.49	16.22
Diferencia	8	4.21	3.71	15.27

**Mo**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	1.25	0.61	1.55
6 meses	8	0.67	0.62	0.31
Diferencia	8	0.64	0.15	1.77

**Ni**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	18.58	10.19	20.90
6 meses	8	18.42	9.23	27.93
Diferencia	8	-1.40	0.64	37.09

**Pb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	3.87	1.93	4.81
6 meses	8	5.54	1.20	10.70
Diferencia	8	-1.38	1.06	12.41

**Rb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	608.85	606.19	150.29
6 meses	8	541.17	545.04	112.57
Diferencia	8	88.39	43.04	140.08



**Sb**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	0.25	0.22	0.15
6 meses	8	0.72	0.30	1.29
Diferencia	8	-0.49	0.07	1.32

**Sn**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	160.33	2.37	462.64
6 meses	8	4.75	3.10	4.04
Diferencia	8	1.39	-0.66	10.16

**Sr**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	111.86	33.14	149.49
6 meses	8	75.25	37.99	80.46
Diferencia	8	38.27	7.64	93.64

**Ti**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	260.99	110.43	320.15
6 meses	8	169.17	113.49	166.58
Diferencia	8	110.65	14.81	204.92

**U**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	0.05	0.04	0.04
6 meses	8	0.05	0.04	0.05
Diferencia	8	-0.00	-0.00	0.03

**V**

	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.t.</b>
3 meses	9	0.32	0.29	0.13
6 meses	8	0.25	0.23	0.11
Diferencia	8	0.07	0.06	0.19



**W**

	Casos	Media	Mediana	D.t.
3 meses	9	0.04	0.03	0.03
6 meses	8	0.18	0.04	0.29
Diferencia	8	-0.14	0.01	0.30

**Zn**

	Casos	Media	Mediana	D.t.
3 meses	9	910.79	349.80	1625.91
6 meses	8	356.61	293.32	261.16
Diferencia	8	15.42	21.12	276.05

A continuación en la tabla 12 detallaremos los p valores de los cambios ocasionados en los grupos inicio-3meses / 6meses-inicio/ 6 meses-3meses:

	pvalor 3m vs inicio	pvalor 6m vs inicio	pvalor 6m vs 3m
Ag	0,03	0,05	0,99
Al	0,29	0,15	0,46
As	0,17	0,42	0,73
Ba	0,5	0,15	0,74
Cd	0,91	0,83	0,55
Co	0,19	0,06	0,16
Cr	0,18	0,38	0,44
Cu	0,46	0,01	0,35
Fe	0,91	0,24	0,52
Hg	<0,01	0,02	0,14
La	0,03	0,03	0,38
Mn	0,88	0,44	0,46
Mo	0,38	0,02	0,38
Ni	0,03	0,11	0,92
Pb	0,07	0,15	0,31
Rb	0,25	0,9	0,12
Sb	0,09	0,04	0,74
Sn	0,16	0,049	0,71
Sr	0,85	0,34	0,46
Ti	0,51	0,09	0,15
U	0,15	0,55	0,76



Universidad de Oviedo

Resultados

V	0,82	0,46	0,33
W	0,39	0,61	0,74
Zn	0,01	0,09	0,88

Tabla 12: p valores de inicio vs 3meses / 6 meses vs inicio/ 6 meses vs 3 meses

Aunque existen cambios en los pacientes tratados en todos los metales podemos observar que las diferencias significativas existen en estos metales en los intervalos siguientes:

- Ag 3meses vs inicio
- Cu 6meses vs inicio
- Hg 3 meses vs inicio
- Hg 6 meses vs inicio
- La 6 meses vs inicio
- Mo 6 meses vs inicio
- Ni 3 meses vs inicio
- Sb 6 meses vs inicio
- Sn 6 meses vs inicio
- Zn 3 meses vs inicio

Analizando los resultados obtenidos observamos la presencia de iones metálicos antes de colocar la aparatología en el grupo tratado y en el de control. A continuación detallaremos los metales que han aumentado su concentración en los intervalos siguientes:

Inicio vs 3 meses:

Caso: Ag, Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, La, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Zn.

Control: As, Cd, Cr, Cu, Mn, Rb, Sb.

3 meses vs 6 meses:



Universidad de Oviedo

## Resultados

Caso: Al, As, Ba, Cr, Cu, La, Pb, Sb, Sr.

Control: Ag, Ni, Pb, Sn, Ti

Inicio vs 6 meses:

Caso: Ag, Al, Ba, Cd, Cr, Cu, La, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, W, Zn.

Control: Cu, Ni, Sb, Sr.

El Ph de la saliva estaba entre 6,6 y 8,6



# DISCUSIÓN





Los aparatos de ortodoncia liberan iones de metal a través de corrientes electrogalvánicas<sup>(8,4,9,5,6,7,12,10,11)</sup>.

En la bibliografía estudiada podemos observar que los resultados no son consistentes. Algunos autores encuentran un incremento de iones metálicos en los fluidos orales de pacientes con aparatología ortodóncica<sup>(23,6,14,7,8,9,10,11,12)</sup>. Y otros autores en cambio no encontraron diferencias significativas después de pasar un periodo de 30-90 días<sup>(4, 5, 24)</sup>.

En los artículos observamos 2 variantes:.

- **estudios in vivo**: este tipo de estudios utilizan la saliva, sangre u orina como medio de exposición. Nos dan el nivel momentáneo, estático (no dinámico). No tienen en cuenta factores como la dieta (condiciones ácidas) y el cepillado de dientes (pasta de dientes)<sup>(25, 9)</sup>.
- **estudios in vitro** : en comparación con los anteriores estudios son rápidos, simples y aseguran unas condiciones de laboratorio controladas. Utilizan soluciones de NaCl y saliva artificial. No simulan el biofilm que se crea en la superficie del material, que ocasiona su posterior deterioro (no tienen en cuenta el factor de la corrosión).

La mayoría de los estudios que investigan los metales liberados de los aparatos de ortodoncia tienen como objetivo poner a prueba la biocompatibilidad de los materiales, y valorar las concentraciones de Co, Cr, Ni y Fe en soluciones de NaCl y en la saliva artificial (pruebas in vitro); o en la saliva, la sangre y la orina (pruebas in vivo). Las pruebas in vitro (que son rápidas y simples) permiten asegurar condiciones controladas de laboratorio; sin embargo no reflejan con exactitud los fenómenos que ocurren en el ambiente oral. Los estudios in vivo que utilizan la saliva como biomarcador de la exposición informan generalmente sobre el nivel momentáneo, estático (no dinámico), con frecuencia después de enjuagar con agua. En consecuencia, otros factores que cambian la concentración momentánea de metales no están incluidos, pero sí están



relacionados con el comer o beber (condiciones ácidas) y lavarse los dientes (pasta de dientes).

No es fácil comparar e interpretar los resultados obtenidos de diferentes técnicas analíticas y materiales incubados en varios medios de inmersión por la diversidad de estudios y técnicas empleadas.

Hasta el año 2011 sólo 9 estudios in vivo y 9 in vitro cumplían los requisitos elegidos para comparar los estudios. A continuación detallaremos los estudios mencionados en la tabla 12 y los compararemos entre ellos.

References	Materials and methods					
	Patients in group		Material	Metal	Methods	Statistics
	Experimental	Control				
Ağaoğlu et al. [15]	100 (in 5 subgroups) <sup>a</sup>	100 (in 5 subgroups) <sup>a</sup>	Saliva, serum	Cr, Ni	Electrothermal AAS	Mann–Whitney <i>U</i> test
Amini et al. [13]	30	30	Saliva	Co, Cr, Ni	AAS with a graphite furnace	Student <i>t</i> test
Eliades et al. [12]	17	7	Saliva	Cr, Fe, Ni	ICP-AES	Two-way ANOVA, Tukey's test
Faccioni et al. [10]	55	30	Mucosa oral cells	Co, Ni	ICP-MS	Student <i>t</i> test
Kerosuo et al. [16]	47 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	Saliva	Cr, Ni	Electrothermal AAS	Wilcoxon's matched-pairs
Kocadereli et al. [17]	45	15	Saliva	Cr, Ni	AAS	Wilcoxon matched-pairs
Matos de Souza et al. [14]	30 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	Saliva	Co, Fe, Ni	AAS with a graphite furnace	Kruskal–Wallis
Menezes et al. [18]	21 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	Urine	Ni	AAS	Student <i>t</i> test
Petoumeno et al. [11]	18 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	Saliva	Ni	ICP-MS	Wilcoxon's matched-pairs

<sup>a</sup> The material was sampled from the same patients before and after placement of orthodontic appliance

Tabla 12- Tabla que reúne los 9 estudios in vivo estudiados (tomada por Mikulewicz, 2010).

*Ağaoğlu y cols*, evaluaron muestras de saliva y suero para medir concentraciones de iones de cromo y níquel en pacientes con aparatología fija ortodóncica. El grupo de 100 pacientes se dividió en cinco subgrupos. Se tomaron muestras de los mismos pacientes antes y después de la colocación de la aparatología (1 semana, 1 mes, 1 año y



2 años). En las conclusiones, los autores afirman que en las muestras de saliva, el níquel y cromo alcanzan los niveles más altos en el primer mes después de la colocación del aparato y luego se reduce al nivel del inicio del tratamiento de ortodoncia. En el suero los niveles de níquel y cromo alcanzaron su pico más alto después de 2 años después de la colocación del aparato <sup>(6)</sup>.

*Amini y cols.*, evaluaron niveles de presencia de metales (níquel, cromo y cobalto) en células de la mucosa oral en un grupo de 30 pacientes, y un grupo control de 30 personas. La medición de la cantidad de metal contenida se llevó a cabo con el uso de la espectrometría de absorción atómica con grafito. Los autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de cromo y cobalto en las células de la mucosa bucal entre el grupo de prueba y el de control de  $p < 0,05$ , aunque los valores medios difirieron en el Ni (0,44 en el grupo control y 0,84 ng / ml en el grupo de pacientes,  $p = 0,1$ ). El nivel de níquel fue mayor en el grupo de ensayo en comparación con el control (21,74 y 12,26 ng / ml, respectivamente)<sup>(9)</sup>.

*Eliades y cols.* evaluaron la saliva de los pacientes provistos con aparatos de ortodoncia para verificar la presencia de restos de metales (níquel, cromo y hierro). El grupo de prueba estaba compuesto por 17 pacientes sometidos a un tratamiento de ortodoncia durante más de un año, y el grupo de control lo formaban 7 personas sin tratamiento. Las muestras de saliva obtenidas de los pacientes fueron analizadas por ICP-AES. Los autores concluyeron que no había diferencia significativa entre el paciente y el grupo de control con respecto al nivel de metal salival, independientemente del elemento. En algunos casos la concentración de metales en la saliva estaba por debajo del límite de detección del aparato de medición<sup>(26)</sup>.

*Faccioni y cols.* evaluaron niveles de metales (níquel y cobalto) en células de la mucosa oral en un grupo de prueba de 55 pacientes con aparatos de ortodoncia (20 brackets, 4-8 bandas cada uno). El grupo de control lo constituían 30 pacientes sin aparatología. Se recogieron las células epiteliales de la mucosa bucal de cada paciente. Las células recogidas sometieron a una prueba de evaluación de daños en el ADN y se llevó a cabo la medición del contenido de metales (ICP-MS). Los autores constataron



un aumento de cobalto y níquel en el nivel de células de la mucosa en el grupo sometido a tratamiento de ortodoncia con respecto a los pacientes del grupo de control: 2,8 veces y 3,4 veces mayores, respectivamente. La evaluación de los posibles efectos genotóxicos de los metales en células de la mucosa se realizó mediante la prueba del cometa. Los parámetros demuestran que las rupturas de ADN fueron más altas en las células de los pacientes de ortodoncia que en los del grupo de control. Se observó que la presencia de Ni y Co liberado de los aparatos de ortodoncia causó daños en el ADN y redujo la viabilidad celular de células de la mucosa. Los metales se liberaron durante los primeros 4-5 meses<sup>(14)</sup>

También *Kerosuo y cols.*, investigaron el nivel de níquel y cromo en la saliva de los pacientes que se sometieron a tratamiento con aparatología fija. El grupo experimental consistió en 47 pacientes. No hubo grupo de control independiente. Se tomaron muestras de saliva antes de la inserción de los aparatos de ortodoncia, después de 1-2 días, 1 semana y 1 mes después de iniciado el tratamiento de ortodoncia. La conclusión era que la concentración de níquel y cromo en la saliva no había aumentado significativamente como resultado de la terapia ortodóncica<sup>(4)</sup>.

El tema de un estudio posterior de *Kocadereli y cols.* fue evaluar los niveles de cromo y níquel en la saliva de los pacientes. En el grupo experimental, se incluyeron 45 pacientes y el grupo control lo componían 15 individuos. Las muestras de saliva se obtuvieron de los pacientes antes de la colocación del aparato y después (1 semana, 1 mes y 2 meses). En los resultados, los autores destacaron que la liberación de iones de níquel y cromo no fue significativamente diferente durante los 2 primeros meses de tratamiento<sup>(5)</sup>.

*Matos de Souza y cols.* evaluaron la saliva de los pacientes provistos con aparatos de ortodoncia con el fin de verificar restos de metales (níquel, cromo y hierro). Un grupo de 30 pacientes fueron sometidos al experimento durante 60 días. No hubo grupo de control; pero sí se tomaron muestras de saliva de cada paciente antes del experimento. La saliva recogida se midió a través de la concentración de metales (ICP-MS). Se encontró gran variación entre los individuos: esto se explica por el efecto de



la dieta, el período del día, las condiciones psíquicas, etc. Se extrajeron metales de varias aleaciones en cantidades similares, y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Los autores afirman que la concentración de iones (níquel y hierro) aumentó inmediatamente después de la colocación del aparato (el pico de concentración se detectó después de 10 min, 1 día)<sup>(10)</sup>.

*Menezes y cols.* controlaron el nivel de níquel mediante otro biomarcador de exposición: la orina. Las muestras del grupo experimental (21 pacientes) se recogieron antes de la colocación del aparato y dos meses después. En sus conclusiones, los autores afirman que los niveles de níquel en orina aumentaron significativamente después de 2 meses<sup>(11)</sup>.

*Petoumeno y cols.* evaluaron la concentración de níquel en muestras de saliva de pacientes con aparatos de ortodoncia. El grupo estudiado estaba compuesto por 18 pacientes a los que se tomó la muestra de saliva para el análisis antes y después de la colocación de los brackets y bandas. El muestreo se llevó a cabo después de la colocación 2 semanas antes de los arcos de NiTi, inmediatamente después, y a 4 y 8 semanas después de colocar los arcos. Se produjo la liberación de níquel inmediatamente después de la colocación de bandas y brackets y después de la colocación de los arcos de NiTi y disminuyó después de 10 semanas<sup>(27)</sup>.

La siguiente tabla informa de los niveles de metal (Co, Cr, Fe y Ni) liberados a la saliva en el grupo de pacientes sometidos a tratamiento de ortodoncia y en el grupo de control, junto con la interpretación estadística de significación de las diferencias entre los grupos.



Referencias	Material	Concentration of metal ions							
		Co		Cr		Fe		Ni	
		Experiment	Control	Experiment	Control	Experiment	Control	Experiment	Control
Ağaoğlu et al. [15]	Saliva	–	–	0.53–4.45 <sup>b</sup>	0.76 <sup>b</sup>	–	–	4.12–11.53 <sup>b</sup>	4.45 <sup>b</sup>
Ağaoğlu et al. [15]	Serum	–	–	6.16–10.98 <sup>b</sup>	6.21 <sup>b</sup>	–	–	7.87–10.27	8.36
Amini et al. [13]	Saliva	0.84	0.44	4.24	3.46	–	–	21.74 <sup>b</sup>	12.26 <sup>b</sup>
Eliades et al. [12]	Saliva	–	–	27 <sup>c</sup>	20 <sup>c</sup>	14–17	21 <sup>c</sup>	10 <sup>c</sup>	11–18
Faccioni et al. [10]	Mucosa oral cells	0.568 <sup>b</sup>	0.202 <sup>b</sup>	–	–	–	–	2.521 <sup>b</sup>	0.725 <sup>b</sup>
Kerosuo et al. [16]	Saliva	–	–	68–86	61	–	–	50–65	55
Kocadereli et al. [17]	Saliva	–	–	0.49–1.98	2.20–3.43	–	–	0.49–0.67	1.16–1.46
Matos de Souza et al. [14]	Saliva	–	–	0.3–1.7	0.6	28–104	94	1.7–16	5.3
Menezes et al. [18]	Urine	–	–	–	–	–	–	19.89	17.67
Petoumeno et al. [11]	Saliva	–	–	–	–	–	–	28–78 <sup>b</sup>	34 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>The material was sampled from the same patients before and after placement of orthodontic appliance

<sup>b</sup>The differences between the groups were statistically significant

<sup>c</sup>Below detection limit

Tabla 13- Tabla que detalla los niveles de metal liberados en los estudios in vivo (Tomada de Mikulewicz, 2010).

Las conclusiones finales de los estudios son coherentes, aunque las concentraciones de metales en la saliva difieren entre los estudios. Esta es la consecuencia de la utilización de diferentes técnicas de preparación de muestras (filtración, la digestión), así como diferentes métodos analíticos. En todos los estudios, excepto en la de Eliades y Kocadereli, se confirmó el aumento de nivel de todos los metales en las muestras estudiadas.

Amini y cols, Matos de Souza , y Faccioni y cols, informaron que se dio un aumento de 2-3 veces en el nivel de cobalto y los iones de níquel y un 20% en los iones de cromo en la saliva de los pacientes del grupo experimental con respecto a los pacientes del grupo de control. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para: Co en la saliva <sup>(14)</sup>, Cr en el suero y saliva<sup>(9)</sup> y Ni en la saliva y en las células de la mucosa oral<sup>(14,279,6)</sup>.

En la obra de Amini y cols. las diferencias de Co y Cr no fueron significativas, aunque el nivel de p fue bajo (0,09 y 0,10). El aumento del número de las personas de los grupos pudo confirmar la significación estadística de las diferencias entre los grupos. Otra conclusión de Eliades y cols. fue que en seis de los cuatro conjuntos de



datos, las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección del instrumento analítico.

Los estudios in vivo confirmaron la liberación de Ni y Cr y coinciden en que la cantidad de metales liberados no es proporcional a su contenido en una aleación<sup>(9,10)</sup>. Lo problemático es que en algunos casos los niveles de metales están por debajo del límite de detección inferior de los instrumentos de análisis<sup>(26)</sup>, como podemos observar en la tabla 13. Incluso si las concentraciones son medibles, los autores de la mayoría de los trabajos concluyen que las dosis de metales liberados de aparatos de ortodoncia están muy por debajo de la ingesta alimentaria y no llegan a dosis tóxicas .

Se han señalado algunos problemas relacionados con la interpretación de los resultados de la concentración de iones metálicos en la saliva<sup>(10,7)</sup>. *Fors y cols.* investigaron la concentración de metales tanto en la saliva como en la placa. Los resultados en saliva eran muy similares y no difirieron estadísticamente entre el grupo de control y el grupo de los pacientes (0,004 y 0,005 mg / g, respectivamente,  $p = 0,6$ ), y tampoco se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de metales en la placa (1,03 y 0,45 g / g, respectivamente,  $p = 0,001$ )<sup>(17)</sup>. Esto significa que los microorganismos del biofilm transforman los metales en iones, los solubiliza y se bioabsorben en la biomasa. Esto muestra también que si la concentración de los iones de metal en la saliva se mantiene igual después de colocar la aparatología, los metales pueden absorberse en la posible ingesta de placa que contiene metales, lo que no es medible con procedimientos actuales.



References	Methods					
	Metal	Solution	Temperature, °C	Incubation time, days	Methods	Statistics
Barrett et al. [10]	Cr, Ni	Artificial saliva	37	1–28 (5 intervals)	FAAS	ANOVA, Duncan multiple-range test
Darabara et al. [11]	Cr, Ni	1 M lactic acid	37	28	ICP-AES	One-way ANOVA, SNK multiple comparison test
Eliades et al. [12]	Cr, Ni	0.9% NaCl	37	30	ICP-AES <sup>a</sup>	One-way ANOVA
Gürsoy et al. [13]	Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Ti	Artificial saliva	37	45	ICP-AES AAS (only Fe)	ANOVA, Duncan multiple-range test
Hwang et al. [14]	Cr, Cu, Fe, Ni, Ti	Artificial saliva	37	1–84 (8 intervals)	ICP-MS	Student <i>t</i> test
Kerosuo et al. [18]	Cr, Ni	0.9% NaCl	23	8 (3 intervals)	FAAS <sup>a</sup>	Student <i>t</i> test
Kuhta et al. [15]	Cr, Cu, Fe, Ni, Ti, Zn	Artificial saliva	37	1–28 (4 intervals)	HR-ICP-MS	Repeated measures ANOVA
Park and Shearer [16]	Cr, Ni	0.05% NaCl	37	3–12 (4 intervals)	AAS <sup>a</sup>	NA
Staffolani et al. [17]	Cr, Cu, Ni (Ag, Pd)	Inorganic acid (HCl), organic acids TCA (tartaric, citric and ascorbic acid) and LA (lactic and acetic acid)	NA	1–28 (3 intervals)	GF-AAS	Coefficients of variation (CV)

<sup>a</sup> Direct analysis without digestion of samples

Tabla 14- Tabla que reúne los 9 estudios in vitro estudiados (tomada por Mikulewicz, 2011).

### **Saliva artificial:**

*Barrett y cols*, *Gürsoy y cols*, *Kuhta y cols*, y *Hwang y cols*. informaron de la liberación de níquel en la solución de saliva artificial. En este último trabajo, los autores aumentaron el número de bandas (dos en lugar de una). Se utilizaron diversas técnicas analíticas: FAAS, ICP-AES y AAS para Fe, ICP-MS y ICP-MS, respectivamente<sup>(23,28,29,30)</sup>.

*Barrett y cols*, comprobaron que, aunque ligeramente, había una mayor liberación de iones Ni en la solución donde habían sumergido el aparato con alambre de NiTi en comparación con el aparato con arco de SS. *Gürsoy y cols*. compararon brackets y bandas nuevas y recicladas y encontraron mayor liberación de iones Ni por elementos reciclados. *Kuhta y cols*. investigaron el efecto del pH (3.5 y 6.8) en iones liberados en diversos tipos de arcos producidos por el mismo fabricante: NiTi, NiTi Thermo, y SS. Se encontró gran efecto del pH sobre la liberación de Ni. Las concentraciones de iones fueron 30-40 veces superiores en pH 3,5 en comparación con pH 6,8. La mayor biocompatibilidad se encontró con NiTi Thermo (la diferencia fue particularmente visible en pH 6,8), a continuación, NiTi. El acero era el material que



dio más altas cantidades de iones  $\text{Ni}^{(23)}$ .

*Hwang y cols.* comprobaron la liberación de iones de níquel en relación con diferentes tipos de arcos de acero (distintas casas comerciales), cobre NiTi y Bioforce sentalloy. Los resultados mostraron que los arcos de acero liberaban de diez a 50 veces mayor cantidad de iones Ni que el cobre NiTi o Bioforce sentalloy. El material más seguro fue el cobre NiTi<sup>(30)</sup>.

También se debatió la liberación de iones de cromo de los aparatos de ortodoncia. *Barrett y cols.* llegaron a la conclusión de que los aparatos con arcos de acero liberaban más iones de Cr que los aparatos compuestos por alambres de NiTi<sup>(23)</sup>.

*Gürsoy y cols.* constataron que los aparatos reciclados liberan mayores cantidades de iones Cr. *Kuhta y cols.* en el caso del Cr, confirmaron que el material más biocompatible (en saliva artificial a pH 6,8 y a 3.5) fue principalmente NiTi Thermo, a continuación el NiTi, y por último el acero, que libera las mayores cantidades de iones Cr<sup>(28)</sup>.

*Hwang y cols.* indicaron que el Cr, de manera similar a los iones Ni, fueron liberados en mayor medida por los arcos de acero (como parte del aparato) cuando se compara con el cobre NiTi o NiTi. La diferencia fue 30-90 veces mayor. El material más seguro era el cobre NiTi. La liberación de cobre se investigó a través de dos ensayos y se produjo en mayor medida en el caso de elementos reciclados (se encontró entre dos a tres veces más cobre en los elementos reciclados). Los resultados de liberación de cobre a partir de diferentes materiales frente al pH fueron ligeramente diferentes para Cu como para Cr y Ni. El material más biocompatible en el pH del medio bucal era NiTi Thermo, y las cantidades más bajas de Cu fueron puestos en libertad por los alambres de NiTi. Del mismo modo como en el caso de Cr y Ni, de la cantidad de Cu liberada era 30-40 veces más altos en condiciones ácidas. Hwang y cols. estudiaron la concentración de cobre sólo en las soluciones en las que se sumergió el aparato con el cobre NiTi<sup>(30)</sup>.



### **NaCl :**

*Kerosuo y cols.* y *Eliades y cols.* utilizaron 0,9% de NaCl como medio de inmersión, y *Park y Shearer* aplicaron 0,05% de NaCl. Las técnicas analíticas utilizadas fueron FAAS, ICP-AES (análisis directo) y AAS, respectivamente.

*Kerosuo y cols.* investigaron la liberación de iones metálicos bajo condiciones tanto estáticas como dinámicas. Se construyó un equipo funcional especialmente diseñado para las pruebas dinámicas. Como era de esperar, en condiciones dinámicas, se liberaron más iones de níquel. Se obtuvieron los resultados opuestos para Cr.

Las concentraciones de Ni y Cr de los estudios de *Eliades y Park y Shearer* superaron los valores proporcionados por otros investigadores.

Ninguno de los autores determinaron los iones restantes (Cu y Fe) en la solución de NaCl<sup>(31,13,43)</sup>.

### **Acidos inorgánicos y ácidos orgánicos**

*Staffolani y cols.* estudiaron la liberación de iones en la solución de HCl de diferentes concentraciones, en la mezcla de los ácidos tricarbónicos, y también en la solución de LA. El objetivo era simular las condiciones de la cavidad oral. El estudio se llevó a cabo con aparatos de ortodoncia que se sumergieron en la solución de ácidos inorgánicos y orgánicos bajo condiciones de pH controladas para simular el entorno de la cavidad oral (comida y microorganismos). Antes de la colocación en el medio de inmersión, el 50% de los aparatos a ensayar se sumergieron en la solución que contiene detergente. La composición de los medios de inmersión fueron los siguientes: ácido inorgánico HCl (3.5 a 6.5; disminuyendo gradualmente la concentración en 10, 5, 1 y 0,5 mM) y ácidos orgánicos: tartárico, cítrico, ascórbico (TCA, pH 2,2, o 1,5% (w/v) y de LA pH 2,5). *Darabara y cols.* emplearon la solución de ácido láctico, solamente. En el primer estudio se utilizó, GF-AAS y en el otro, ICP-AES como técnica analítica<sup>(24,32)</sup>.

En la obra de *Staffolani y cols.* usaron aparatología ortodóncica con brackets,



bandas y alambres en una concentración de HCl (pH 3.5 a 6.5) y se investigó la liberación de iones de metales (Cr, Cu y Ni). En una concentración de pH 5,5 y superior, no se encontró un aumento significativo. Los resultados de Cr, Ni obtenidos en la solución de ácido ricarboxílico y ácido láctico fueron similares a los de un ambiente ácido de HCl (pH 3.5- 4.5). La concentración de iones de cobre en las soluciones de ácidos orgánicos fue menor<sup>(24)</sup>.

*Darabara y cols.*<sup>(32)</sup> investigaron sólo brackets y alambres, sin bandas. Se evaluaron cuatro marcas comerciales de brackets de SS y dos fabricados de una aleación de titanio que se combinaron con arcos de cobre de NiTi. La cantidad más alta de Ni fue liberado por Micro Loc y arcos de NiTi. Los brackets cubiertos de cobre y arcos de NiTi liberan la cantidad más baja, al contrario que la aleación Orthos2.

### **Iones adicionales:**

Aunque la mayor preocupación está relacionada con la liberación de Ni y Cr, diversos estudios incluyeron los iones adicionales (Ag, Pd, Ti y Zn), que podrían ser liberados de los materiales de que están compuestos los aparatos de ortodoncia y se demostró una toxicidad potencial.

*Hwang y cols.*<sup>(20)</sup> estudiaron la liberación de Ti. Se encontró que el nivel de iones de este elemento se encontraba por debajo del límite de detección del instrumento, que era <0,3 g/ml.

*Staffolani y cols.* investigaron la liberación de Ag y Pd, que eran los componentes de aleación de soldadura fuerte. Se encontraron niveles insignificantes de esos iones metálicos<sup>(24)</sup>.

*Kuhta y cols.*<sup>(6)</sup> estudiaron adicionalmente la liberación de Ti y el pH. Los resultados fueron elaborados estadísticamente. Se utilizó la técnica ANOVA con dos variables independientes (tipo de alambre y pH) y dependiente (tiempo).

*Gürsoy y cols.*<sup>(28)</sup> estudiaron, además, la liberación de Ti y Mn. Los valores



reportados están muy por debajo de la ingesta diaria recomendada (2 y 2 ng / ml, respectivamente).

Los estudios mencionados anteriormente llevan a la conclusión de que los iones metálicos se liberan sólo en la etapa inicial del tratamiento. *Petoumenou y cols.* mencionan en su estudio que el efecto de la liberación de los metales decrece a las 10 semanas<sup>(33)</sup>. Sin embargo, la mayoría de los estudios cubrían 1-2 meses de tratamiento y no reflejaban los cambios a largo plazo, ni el impacto del tratamiento ortodóntico completo, cuya duración es de varios años, sobre el organismo<sup>(34,35)</sup>.

En los estudios que evaluaron las concentraciones de níquel en orina y sangre se encontraron diferencias significativas. Esto lleva a la conclusión de que los iones de níquel se liberan en cantidades que son medibles en el organismo humano<sup>(34)</sup>.

Muchos estudios concluyeron que la dosis de metales liberados por los aparatos de ortodoncia está muy por debajo de los niveles tóxicos. Las concentraciones de iones metálicos detectados en la saliva estaban muy por debajo de las concentraciones máximas aceptables de estos metales en el agua potable. Esto demuestra que el riesgo del uso de los aparatos de ortodoncia puede ser insignificante en comparación con los demás (por ejemplo, agua potable). Esta conclusión fue similar tanto en los estudios in vivo como en los informes in vitro<sup>(13,36)</sup>. Los estudios in vitro fueron de la misma magnitud que las investigaciones in vivo discutidos en el presente documento.

Hoy en día, se estudia el riesgo asociado que los elementos pueden tener en el organismo humano en las amalgamas o tratamientos de ortodoncia o en la evaluación de la concentración de diversos elementos traza en la saliva. Muchos documentos que describen pruebas in vivo demuestran que los estudios in vitro son valiosos porque se llevan a cabo en condiciones de laboratorio controladas. Sin embargo, la desventaja de los ensayos in vitro es que el montaje experimental no simula la presencia del biofilm que crece en la superficie de los materiales bajo condiciones in vivo; y su presencia y actividad es responsable en gran medida de la aparición del proceso de la corrosión<sup>(35)</sup>.



El material menos biocompatible es el acero, porque es el que libera la mayor cantidad de níquel y cromo. El ambiente ácido aumenta significativamente el grado de liberación de iones metálicos (30- 50 veces en comparación con el ácido vs. medios alcalinos).

Otra de las conclusiones que surge de todos los estudios que usaron ya sea saliva artificial, NaCl, o ácidos es que la mayor cantidad de iones de níquel es puesto en libertad por elementos de acero . Aparatos simulados (bandas de las SS, brackets y ligaduras) con alambres de NiTi, que contienen niveles significativamente más altos de Ni en una aleación, liberan menos iones Ni. Esto puede explicarse por la formación de la capa de oxidación TiO<sub>2</sub>. Bajo condiciones ácidas, la liberación de iones de Ni y Cr es significativamente mayor<sup>(23)</sup>.

Los elementos reciclados liberan alrededor de 100% más de todos los iones de metales (Cu, Cr, Fe y Ni) en comparación con lo que liberan los materiales nuevos<sup>(28)</sup>. En cambio, la esterilización de arcos de NiTi usados no afecta a la cantidad de Ni que se libera en la saliva<sup>(37)</sup>.

Los resultados de experimentos cinéticos demuestran que la tasa de liberación de iones y el tiempo necesario para el equilibrio que se alcance depende del material de los elementos de aparato de ortodoncia así como el tipo de iones metálicos liberados<sup>(30)</sup>.

En el año 2012, *Ivankovic Buljan y cols*, estudiaron in vitro la oxidación de brackets convencionales y de autoligado de distintos materiales. En la tabla 15 detallamos los materiales usados en dicho estudio.



Bracket	Type	Composition
MiniSprint	Conventional SS	Cr 16–20%, Mn 16–20%, Mo 1.8–2%, Si 1%, Ni 0.3%, P, S, V, C 0.1%, Fe rest $\leq$ 65%
Quantum	Conventional polyurethane	Isocyanate, long chain macrodiol, short chain diol extender. (Hazardous ingredients: diphenylmethane 4,4 diisocyanate [MDI], polyether polyol based on dipropylenglicol)
Inspire Ice Speed	Conventional sapphire ceramics Self-ligation SS with Ni-Ti clip	Single-crystal aluminum oxide, zirconium oxide Body: Cr 20%, Ni 14%, Cu 5%, Mo 3%, Mg 2%, P, S, Cb, Ta, C <1%, Fe rest $\leq$ 54%
Quicklear	Self-ligation ceramics with Co-Cr clip	Clip: Ni 55%, Ti 45% Body: 99.99% aluminum oxide Clip: Co 38–42%, Cr 15–30%, Ni 14–16%, Mo 6–8%, Mn 1–3%, Be, C <1%, Fe rest $\leq$ 25%
In-Ovation C	Self-ligation ceramics with Rh-coated Ni-Co clip	Body: 99.9% aluminum oxide Clip: Ni 10–50%, Co 10–50%, Cr 1–30%, Mb 0–20%, Fe, Nb, Ti 0–5% Clip coating: Rh
Damon 3	Self-ligation SS and polycarbonate with SS clip	Body: SS <30% (Fe 73%, Cr 12%, Ni 7%, Mn 2%, Si 1%, C <1%), poly-(2,2-bis-[phenylene]propane carbonate) 40–60%, e-type glass fiber (calcium-alumini-borsilicate) <20% Clip: Cr 15.5–17.5%, Ni 3–5%, Cu 3–5%, Mn, Si 1%, C, P, S, Nb <1%, Fe rest $\leq$ 75%

Tabla 15- Tipos de brackets utilizados en el estudio de Ivankovic Buljan y cols . Tomada de Ivankovic Buljan y cols. 2012.

Todos los tipos de brackets sufren el efecto de la oxidación pero el material que más stress induce son los brackets metálicos y los brackets de poliuretano. Los brackets cerámicos convencionales son los más biocompatibles<sup>(38)</sup>.

En el año 2014, Mikulewicz y cols, realizaron un estudio in vitro para evaluar los iones metálicos liberados de la aparatología fija ortodóncica. Como observamos en la figura 23, construyeron una maquina nueva para dicho estudio. Consistía en un reactor de vidrio termoestático. Mediante este aparato pudieron imitar las condiciones de la cavidad oral.

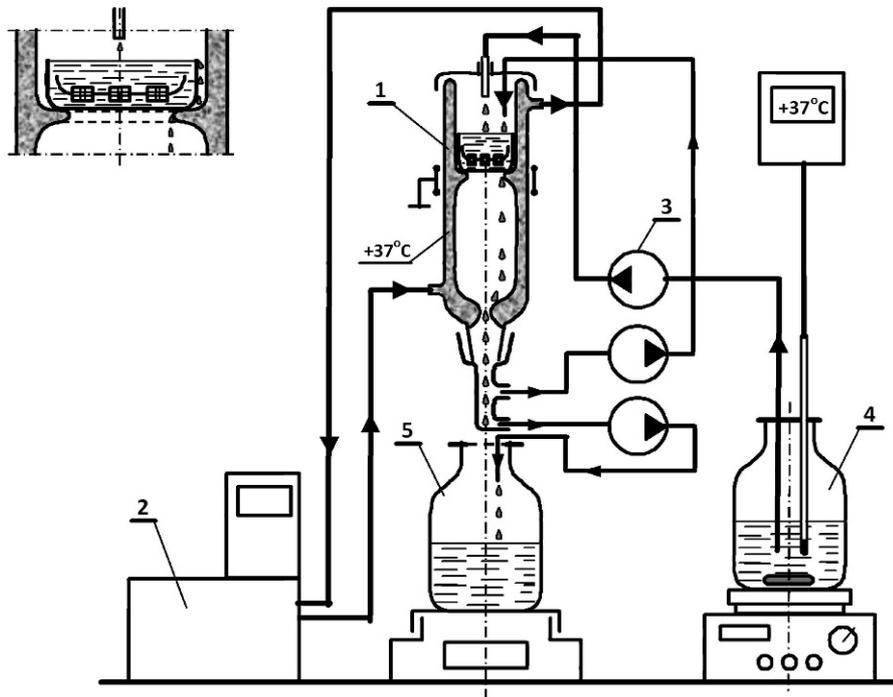
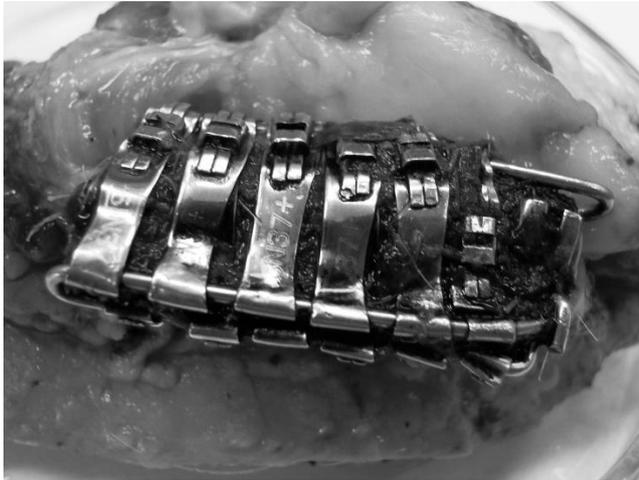


Figura 23- Esquema de la máquina utilizada en el estudio *in vitro* de Mikulewicz y cols. (Tomada de Mikulewicz y cols. 2014).

Las dosis de Ni, Cr y Cu liberado estaba por debajo del límite tóxico para el ser humano<sup>(1)</sup>.

Los mismos autores en el mismo año investigaron la liberación de iones metálicos pero en animales (cerdos). Prepararon unas placas, figuras 24, para simular la aparatología ortodóncica (con el peso y la aleación correcta) y se implantó en el hocico de los cerdos durante 6 meses. Y tomaron muestras no invasivas del pelo de los animales al inicio a los 3 meses y a los 6 meses. E invasivas: riñones, hígado, pulmones, aorta, y mucosa oral.



*Figuras 24: Placa de experimentación en el hocico del cerdo (Tomada de Mikulewicz, 2014).*

La mayor diferencia entre los metales se encuentra en la aorta (el nivel del Ni fue 4,8 veces superior que en el grupo control), en la mejilla (el Ni fue 3,5 mayor) y en el pelo a los 3 meses de iniciar el tratamiento (el Cr fue 3,4 veces mayor).

Los metales se liberaron a los tejidos estudiados; sin embargo esa dosis no llega a tener nivel tóxico<sup>(39)</sup>.

*Faccioni y cols.* encuentran que el tratamiento ortodóncico puede inducir daño celular en células de la mucosa oral como consecuencia del Ni y Co liberado de la aparatología ortodóncica fija<sup>(14,15,16)</sup>. Sin embargo *Angelieri y cols* dedujeron de su estudio que el tratamiento de ortodoncia no es capaz de inducir efectos mutágenos o citotóxicos en las células de la mucosa oral<sup>(15)</sup>.

*Natajara y cols.* tuvieron como objetivo evaluar el posible daño genotóxico en

las células de la mucosa oral con pacientes en tratamiento de ortodoncia. De su estudio podemos concluir que:

1-las células de la mucosa oral en pacientes sanos sufren daño genotóxico durante el tratamiento de ortodoncia.



2-Estos daños genotóxicos disminuyen significativamente un mes después de haber retirado la aparatología fija.

3-Las concentraciones de iones de Ni y Cr eran significativamente parecidos en el grupo caso y control. No existe relación entre el Ni y Cr y los cambios genotóxicos observados<sup>(40)</sup>.

Tal y como hemos descrito anteriormente, en los cambios de la saliva repercuten diversos factores. Entre ellos, el pH. *Boneti y cols*, investigaron la relación que existe en la colocación de la aparatología fija y los cambios en la propiedad de la saliva. Concluyeron que el pH no varía en 1 año de tratamiento<sup>(41)</sup>.

En el trabajo de *Zárate Daza* dentro de los resultados encontramos que existieron diferencias estadísticamente significativas en el pH de la saliva<sup>(42)</sup>.

En la mayoría de los estudios en ensayos “in vivo” se utiliza saliva<sup>(27,26,9,10,6,5,4)</sup>, suero<sup>(6)</sup>, las células de la mucosa bucal<sup>(14)</sup>, y la orina<sup>(11)</sup> como los biomarcadores de exposición. Esto crea una falta de datos acumulativos<sup>(26)</sup>. Los metales liberados de los aparatos de ortodoncia deberían ser tratados como la exposición crónica a sustancias tóxicas. Tal vez sería apropiado investigar no sólo la liberación de metales a la saliva que es diluyente, sino también los sitios de acumulación de metales en el organismo del ser humano. En las ciencias de toxicología y ambientales, los marcadores de la exposición a metales tóxicos, donde la concentración de agente tóxico se determina en ensayos “in vivo”, generalmente incluyen sitios de eliminación o acumulación. Con frecuencia, es imposible llevar a cabo mediciones en el sitio de acumulación (hígado y riñones) por medios no invasivos. Por lo tanto, se recomienda utilizar vías de excreción para desarrollar marcadores biológicos de la exposición .

Para lograr resultados fiables y comparables, en ensayos “in vivo” deberían llevarse a cabo en condiciones estrictamente controladas por lo que los resultados podrían ser reproducibles y ser significativos. Hay una necesidad de elaborar ciertas reglas y estándares para los estudios “in vivo” en esta área: el mismo pH, las mismas



condiciones de saliva, la misma presencia de flora microbiológica y sobre todo proporciones reales de los elementos del aparato<sup>(34,35)</sup>.

Lo mismo ocurre en los estudios “in vitro”. Hay que estandarizar los procedimientos analíticos: los medios de comunicación del tipo de inmersión y el volumen, las condiciones de incubación, las condiciones estáticas / dinámicas, y la duración del experimento, proporcionando metodología detallada. Sólo entonces los resultados serán comparables.

Por ejemplo, la concentración de elementos reportados por *Park y Shearer*<sup>(43)</sup> fueron significativamente mayores que por otros autores. La razón probable era que la técnica de AAS en el año 1983 no era tan sensible como los instrumentos analíticos utilizados hoy en día. Debido al aumento de la sensibilidad y los límites de detección más bajos de equipos utilizados en el análisis hoy en día, es imposible comparar e interpretar los resultados.

Sugerimos aumentar la muestra de los estudios. En los estudios analizados el tamaño de los grupos experimentales de los estudios “in vivo” era más bien pequeño (7-47 sujetos). Entre las razones para el limitado número de pacientes en los grupos experimentales se pueden mencionar: técnicas invasivas en la recolección de muestras (sangre), incomodidad (orina y saliva). En consecuencia, muchos pacientes se negaron a participar como voluntarios en el experimento. Por lo general, los procedimientos de evaluación se realizan en laboratorios externos, altamente especializados, ya que las concentraciones de los elementos testados son muy bajas (nanogramos / mililitro) y por esta razón requieren el uso de instrumentos con límites de detección muy bajos (por ejemplo, ICP-MS).

La principal vía de eliminación de los metales es la orina, debido a la naturaleza hidrófila, y el pequeño tamaño de los iones metálicos y sus compuestos. Como resultado de la unión de cationes metálicos a grupos de tiol de cisteína en las proteínas, otra vía de excreción es a través de las materias queratínicas: el cabello y las uñas<sup>(44)</sup>. El folículo del pelo va absorbiendo los productos químicos de la sangre que llegan a depositarse en parte en el eje del cabello durante el crecimiento del mismo, sin embargo no se ha estudiado completamente el mecanismo<sup>(12)</sup>, así como la cinética de



incorporación de elementos en el pelo<sup>(45)</sup>. Aunque el análisis mineral del cabello es recomendado por la Agencia de Protección Ambiental y la Agencia Internacional de la Energía Atómica como uno de los biomarcadores más importantes de la exposición crónica de los recursos humanos a los metales<sup>(46)</sup> la técnica necesita ser mejorada<sup>(47)</sup>.



# CONCLUSIONES





1. La aparatología ortodóncica fija libera iones metálicos a la cavidad oral modificando la composición de la saliva, pero se necesitan más estudios para valorar si esos cambios producen daños citotóxicos.
2. Para valorar el nivel de los iones metálicos en la saliva sería necesario ampliar el estudio durante todo el tratamiento ortodóncico, incluso mantenerlo una vez retirada la aparatología para determinar durante cuanto tiempo se mantiene alterada la composición de la saliva.
3. Para los futuros estudios se recomienda ampliar el tamaño de la muestra y elaborar protocolos para lograr resultados fiables y comparables.
4. Teniendo en cuenta que en las muestras control también se detectaron iones metálicos con variaciones de unas muestras a otras, consideramos importantes otras variables que pueden alterar la composición de la saliva, como por ejemplo, el pH, dieta, hábitos de higiene... etc, aunque en estudios “in vivo” sean muy difíciles de calcular.



# BIBLIOGRAFÍA





- 1- Mikulewicz M, Chojnacka K, Wolowiec P. Release of metal ions from fixed orthodontic appliance. An in vitro study in continuous flow system. *Angle Orthod.* 2014;84:140–148.
- 2- House K, Sernetz F, Dymock D, Sandy J, Ireland A. Corrosion of orthodontic appliances-should we care? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2008)133:584-92.
- 3- Amini F, Jafari A, Amini P, Sepasi S. Metal ion release from fixed orthodontic appliances – an in vivo study. *European Journal of Orthodontics* 34 (2012) 126–130.
- 4- Kerosuo H, Moe G, Hensten-Pettersen A. Salivary nickel and chromium in subjects with different types of fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (1997) 111(6):595–598.
- 5- Kocadereli L, Ataç PA, Kale PS, Ozer D. Salivary nickel and chromium in patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* (2000)70(6):431–434.
- 6- Ağaoğlu G, Arun T, Izgi B, Yarat A .Nickel and chromium levels in the saliva and serum of patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* (2001) 71(5):375–379.
- 7- Fors R, Persson M. Nickel in dental plaque and saliva in patients with and without orthodontic appliances. *European Journal of orthodontics* 28(2006)292-297.



- 8- Levrini L, Lusvardi G, Gentile D. Nickel ions release in patients with fixed orthodontic appliances. *Minerva estomatológica*. (2006) vol 55.nº3.
- 9- Amini F, Borzabadi Farahani A, Jafari A, Rabbani M .In vivo study of metal content of oral mucosa cells in patients with and without fixed orthodontic appliances. *Orthod Craniofac Res* (2008) 11(1):51–56 .
- 10- Matos de Souza R, Macedo de Menezes L .Nickel, chromium and iron levels in the saliva of patients with simulated fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* (2008) 78(2):345–350.
- 11- Menezes LM, Quintão CA, Bolognese AM .Urinary excretion levels of nickel in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2007) 131(5):635–638.
- 12- Preet Singh D, Sehgal V, Lata Pradhan V, Chandna A, Gupta R. Estimation of nickel and chromium in saliva of patients with fixed orthodontics appliances. *World J Orthod* 2008;196-202.
- 13- Eliades T, Pratsinis H, Kletsas D, Eliades G, Makou M. Characterization and cytotoxicity of ions released from stainless steel and nickel–titanium orthodontic alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2004)125(1):24–29.
- 14- Faccioni F, Franceschetti P, Cerpelloni M, Fracasso ME In vivo study on metal release from fixed orthodontic appliances and DNA damage in oral mucosa cells. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2003)124:687–694.



- 15- Angelieri F, Carlin V, Martins R, Ribeiro D (2011) Biomonitoring of mutagenicity and cytotoxicity in patients undergoing fixed orthodontic therapy. Am J Orthod Dentofacial Orthop;139:e399-e404.
- 16- Salah Hafez H, Mohamed Nassef Selim E, Hussein Kamel Eid F, Attia Tawfik W, Al-Ashkar E, Ahmed Mostafa Y. (2011) Cytotoxicity, genotoxicity, and metal release in patients with fixed orthodontic appliances: A longitudinal in-vivo study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2011;140:298-308.
- 17-<http://es.slideshare.net/lili.10/odontologia-neurofocal-1229134>
- 18- Ortiz AJ, Fernández E, Vicente A, Calvo JL, Ortiz C . Metallic ions released from stainless steel, nickel-free, and titanium orthodontic alloys: Toxicity and DNA damage. Am J Orthod Dentofacial Orthop; (2011)140:e115-e122
- 19- Núñez-Lucio E. Electro galvanismo en odontología neurofocal.
- 20- Kaplan A, De Harfin JF. Biondesintegración de aparatología ortodóntica metálica. Revista de la Facultad de Odontología (UBA).(2010) Vol.25.Nº58
- 21- Chaturvedi TP, BDS, MDS. Una revisión sobre la corrosión de los metales en ortodoncia. Facultad de ciencias dentales del instituto de ciencias médicas de la universidad banaras hindú, Varanasi (india)
- 22- R: A language and environment for statistical computing [Manual de software informático]. Vienna, Austria. Disponible en <http://www.r-project.org/> (ISBN 3-900051-07-0).



- 23- Barrett RD, Bishara SE, Quinn JK .Biodegradation of orthodontic appliances Part I biodegradation of nickel and chromium in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (1993) 103(1):8–14.
- 24- Eliades T, Athanasiou A, Dr Dent. In Vivo Aging of Orthodontic Alloys: Implications for Corrosion Potential, Nickel Release, and Biocompatibility. *Angle Orthod* 2002;72:222–237
- 25- Staffolani N, Damiani F, Lilli C, Guerra M, Staffolani NJ, Belcastro S, Locci P .Ion release from orthodontic appliances. *J Dent* (1999) 27(6):449–454
- 26- Eliades T, Trapalis C, Eliades G, Katsavrias E .Salivary metal levels of orthodontic patients: a novel methodological and analytical approach. *Eur J Orthod* (2003) 25:103–106
- 27- Petoumeno E, Kislyuk M, Hoederath H et al. Corrosion susceptibility and nickel release of nickel titanium wires during clinical application. *J Orofac Orthop* (2008)69(6):411–423
- 28- Gürsoy S, Acar AG, Seşen C .Comparison of metal release from new and recycled bracket-archwire combinations. *Angle Orthod* (2004) 75(1):92–94
- 29- Kuhta M, Pavlin D, Slaj M, Varga S, Lapter-Varga M, Slaj M. Type of archwire and level of acidity: effects on the release of metal ions from orthodontic appliances. *Angle Orthod* (2009)79(1):102–110.



- 30- Hwang CJ, Shin JS, Cha JY .Metal release from simulated fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2001) 120(4):383–391
- 31- Kerosuo H, Moe G, Kleven E. In vitro release of nickel and chromium from different types of simulated ortodontic appliances. *Angle Orthod* (1995) 65(2):111–116
- 32- Darabara MS, Bourithis LI, Zinelis S, Papadimitriou GD .Metallurgical characterization, galvanic corrosion, and ionic release of orthodontic brackets coupled with Ni–Ti archwires. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* (2007) 81(1):126–134
- 33- Petoumenou E, Arndt M, Keilig L, Reimann S, Hoederath H, Eliades T, Jäger A, Bourauel C. Nickel concentration in the saliva of patients with nickel-titanium orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:59-65
- 34- Mikulewicz M, Chojnacka K. Trace metal release from orthodontic appliances by in vivo studies: a systematic literatura review. *Biol Trace Elem Res* (2010)137:127-138
- 35- Mikulewicz M, Chojnacka K. (2010) Release of metal ions from orthodontic appliances by in vitro studies: a systematic literatura review. *Biol Trace Elem Res* (2010) 139:241-256



- 36-Sfondrini MF, Cacciafesta V, Maffia E, Massironi S, Scribante A, Alberti G, Klersy C. Chromium release from new stainless Steel, recycled and nickel-free orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2008;79:361-367
- 37-Poosti M, Rad H, Kianoush K, Hadizadeh B. 2009. Are more nickel ions released from NiTi wires after sterilisation. *Aust Orthod J* 25:30-33
- 38-Ivankovic Buljan Z, Pezelj Ribaric S, Abram M, Ivankovic A, Spalj S. In vitro oxidative stress induced by conventional and self-ligating brackets. *Angle Orthod.* 2012;82:340–345
- 39-Mikulewicz M, Wolowiec P, Janeczek M, Gedrange T, Chojnacka K. The release of metal ions from orthodontic appliances. Animal tests. *Angle Orthod.* 2014;84:673–679
- 40-Natarajan M, Padmanabhan S, Chitharanjan A, Narasimhan M .Evaluation of the genotoxic effects of fixed appliances on oral mucosal cells and the relationship to nickel and chromium concentrations: An in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2011)140:383-8
- 41-Bonetti G, Parenti S, Garulli G, Gatto MR, Checchi L. Effect of fixed orthodontic appliances on salivary properties. *Progress in orthodontics.* (2013) 14:13.
- 42-Zárate Daza A, Leyva Huerta E, Franco Martinez F. Determinación de pH y



- proteínas totales en saliva en pacientes con y sin aparatología ortodóncica fija (estudio piloto). *Revista odontológica mexicana*. (2004) Vol 8, núm 3.
- 43- Park HY, Shearer TR. In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. *Am J Orthod* (1983) 84(2):156–159.
- 44- Rucker B, Kusy R. Elastic properties of alternative versus single-stranded leveling archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122:528-41.
- 45- Tselepis M, Brockhurst P, West V. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and archwires. *Am J Orthod Dentof orthop* 1994;106:131-8.
- 46- Venza M, Visalli M, Ruggeri P, Cicciu D, Teti D. Age related salivary polyamine increase in adolescents wearing orthodontic Ni-Ti archwires. *Amino Acids* (2002) 22: 119–130.
- 47- Abtahi M, Jahanbin M, Yaghoubi M, Esmaily H, Zare H. Are more nickel ions accumulated in the hair of fixed ortodontic patients? *Indian J Dent Res* (2013) 24:298-301.
- 48- Momeni Danaei S, Safavi A, Mehdi Roeinpeikar S.M, Oshagh M, Iranpour S, Omidekhoda M. Ion release from orthodontic brackets in 3 mouthwashes: An in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:730-4.



- 49- Katic V, Otmacic Curkovic H, Semenski D, Barsic G, Marusic K, Spalj S. Influence of surface layer on mechanical and corrosion properties of nickel-titanium orthodontic wires. *Angle Orthod.* 2014;84:1041–1048.