

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Medición por espectroscopia de la liberación de iones de
Níquel y Cromo de diferentes marcas de Brackets en saliva
artificial de Parótida y Submandibular**

Ana María Martínez Acosta Reinozo

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Ortodoncista

Quito, Junio del 2011

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
Colegio de Postgrados
HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Medición por espectroscopia de la liberación de iones de
Níquel y Cromo de diferentes marcas de Brackets en saliva de
Parótida y Submandibular**

Ana María Martínez Acosta Reinozo

Dr. Carlos Meneses
Director de la Tesis

Dra. Carolina Dueñas
Miembro de Comité de Tesis

Dr. Diego Carrillo
Miembro del Comité de Tesis

Dr. Eduardo Acevedo
Miembro del Comité de Tesis

Dr. Gerson Cabezas
Director del Posgrado de Ortodoncia

Dr. Mauricio Tinajero
Director de Programas de
Especialidades Odontológicas

Dr. Victor Viteri Breedy, Ph.D
Decano del Colegio de Postgrado

Quito, Junio del 2011

@Copyright

Ana María Martínez Acosta Reinozo

2011

Dedicatoria

Esta tesis esta dedicada en primer lugar a Dios por darme la fuerza y vida para haber sido capaz a lo largo de los años, de alcanzar todos los objetivos que me he propuesto. A mis padres, Patricia y Renato, por haber estado presentes en cada momento de mi vida apoyándome e incitándome a seguir adelante en el cumplimiento de mis metas y a mis abuelos José y Melba, quienes han sido parte fundamental de mi educación y formación personal.

Agradecimientos

Para la realización de esta tesis de grado, se ha necesitado no solo un esfuerzo muy grande por parte de la autora y su director de tesis, sino de todo un equipo de personas que se encuentran detrás de esta investigación, las cuales con su ayuda desinteresada han hecho posible la culminación exitosa de este estudio.

Quiero agradecer primeramente a Dios, por ser el pilar de mi vida, siendo testigo de cada paso que doy, fortaleciendo e iluminando mi camino, para dar claridad a mi mente permitiéndome poder culminar con éxitos esta etapa de estudios.

Agradezco a toda mi familia ya que sin su esfuerzo y apoyo incondicional mis estudios no hubieran sido posibles. El amor que toda mi familia me ha dado y el orgullo que sienten por mí, me ha hecho capaz de querer superarme al máximo y buscar el éxito profesional y emocional.

Al Dr. Carlos Meneses, tutor académico de esta tesis, por su colaboración, apoyo, ánimo y cariño que lograron que se pueda concluir satisfactoriamente la investigación.

Al Dr. Gerson Cabezas, director del Postgrado de Ortodoncia de la Universidad San Francisco de Quito, el cual más allá de ser una figura de autoridad, se ha convertido en una figura paterna, ya que con sus consejos y enseñanzas sobre la Ortodoncia y la vida, ha sido capaz de plantearnos situaciones cotidianas con soluciones completamente diferentes a las preestablecidas.

A mis compañeros, Chelymar, Cassandra, Eugenio, Krisnaya y Jaimar, los cuales fueron amigos, hermanos, confidentes, y sobre todo un apoyo increíble durante esta etapa. Ahora los considero mi familia para toda la vida.

A cada uno de mis profesores de Ortodoncia de la Universidad San Francisco de Quito, los cuales desde el primer día hasta el último impartieron sus conocimientos sin egoísmos, llevando un grupo de estudiantes a la excelencia académica.

Al Dr. Carlos Fabara Ordoñez, M.S. de la Escuela de Química de la Universidad San Francisco de Quito, del Colegio de Ciencias e Ingeniería (El Politécnico) por su ayuda desinteresada e incondicional en el transcurso de este estudio experimental y su paciencia en la enseñanza del uso de equipos del laboratorio de Química.

A la Dra. Anita Armas, por guiarme en la elaboración de esta tesis, y haber sido una persona paciente, generosa y bondadosa en su enseñanza.

En general, a todo el personal que trabaja en la Clínica Odontológica de la Universidad San Francisco de Quito, ya que hicieron que todo este tiempo de estudio sea definitivamente una de las mejores épocas de mi vida.

Resumen

El Níquel y el Cromo son dos metales que se encuentran dentro de las aleaciones metálicas de la aparatología ortodóntica y pueden llegar a causar hipersensibilidad en algunos pacientes causando inflamación de las mucosas que se encuentran en contacto; por lo que el objetivo de este estudio fue verificar la cantidad de iones de níquel y cromo se liberan a partir de diferentes marcas de aparatología ortodóntica, 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers, en saliva artificial de glándula parótida y submandibular. Así, se utilizaron 60 muestras separadas en 20 muestras de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers que se sometieron al espectrofotómetro con lámparas de cátodo hueco específicas para Ni y Cr, y por absorción atómica se determinó la cantidad de iones libres de estos elementos, y se obtuvieron los resultados que se compararon y analizaron. Luego de realizar el análisis estadístico con el programa SPSS 17.0, los resultados del presente estudio demostraron que existe una clara liberación de níquel y cromo; que el níquel se libera en menores cantidades en todas las 3 marcas de brackets, en saliva artificial Submandibular la marca que en este estudio más liberó níquel fue Ortho Organizers, y en Saliva artificial Parótida 3M. La mayor cantidad de cromo en Saliva artificial Submandibular fue 3M al igual que en saliva artificial Parótida. En conclusión, todas las marcas de este estudio liberaron níquel y cromo, siendo mayor la cantidad de cromo y siendo 3M la marca que en este estudio liberó mayor cantidad de iones metálicos de níquel y cromo en los dos tipos de saliva artificial a excepción de Ortho Organizers que fue la marca que en este estudio liberó mayor cantidad de níquel en Saliva artificial Submandibular.

Palabras claves: Espectrofotómetro, Corrosión, Níquel, Cromo.

Abstract

Nickel and Chromium are two kinds of metals that are used in the fabrication of Orthodontic Appliances and that may cause hypersensitivity in some kind of patients developing into inflammation of the surrounding tissues; so the aim of this study is to verify the amount of nickel and chromium ions that different brands, 3M, American Orthodontics and Ortho Organizers, of orthodontic appliances loose when they are in contact with artificial saliva from Parotide and Submandibular glands, because it is important to understand that nowadays much more patients are able to develop hypersensitivity to this metallic ions and can cause inconvenients infore the beginning. We used 60 samples separated in 20 samples of 3M, American Orthodontics and Ortho Organizers, that were tested in the spectofotometer with hallow cathod lamps specific for Ni and Cr, and by atomic absorption we determined the amount of free metallic ions in the solution, and the results were compared and analyzed. After analyzing the data with the SPSS 17.0, the results from this study show that there is a highly marked increase in the amounts of nickel and chromium in the 3 brands of orthodontic appliances. In conclusion, nickel is released in lower amounts in all 3 brands in this study. Nickel was released in higher quantities in Submandibular saliva with Ortho Organizers and in Parotide Saliva, 3M. The highest amount of chromium was released by 3M in both kind of salivas.

Keywords: Spectrofotometer, nickel, chromium, corrosion

Tabla de Contenido

	Pg.
Portada	
Hoja de Aprobación	
Dedicatoriaiii
Agradecimientos.....	.iv
Resumen.....	.vi
Abstract.....	.vii
Tabla de contenido.....	.viii
Lista de figuras.....	.xii
Lista de tablas.....	.xiii
Lista de gráficosxvi
Anexosxvii
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- MARCO TEORICO.....	5
2.1.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA APARATOLOGÍA ORTODÓNTICA.....	7
2.1.1.- Brackets.....	8
2.1.2.- Bandas.....	9

2.1.3.- Alambres.....	10
2.1.3.1.- Nitinol, Acero, TMA, NiTiCu.....	10
2.1.4.- Quadhelix, AEO, BTP.....	12
2.1.5.- Elásticos.....	13
2.1.6.- Miniimplantes	14
2.2.- TOXICIDAD DE LOS COMPUESTOS.....	15
2.2.1.- Níquel.....	15
2.2.2.-Titanio.....	18
2.2.3.- Hierro.....	19
2.2.4.- Cromo.....	20
2.3.- PROCESO DE CORROSIÓN.....	21
2.3.1.- TIPOS DE CORROSIÓN.....	24
2.3.1.1 Ataque Uniforme.....	24
2.3.1.2 Corrosión en grietas y fosas.....	24
2.3.1.3. Corrosión en grietas.....	25
2.3.1.4. Corrosión Galvánica.....	25
2.3.1.5. Corrosión Intergranular.....	26
2.3.1.6. Corrosión por fretting.....	27
2.3.1.7 Corrosión por estrés.....	27
2.3.1.8. Corrosión por fatiga.....	27
2.3.1.9. Corrosión influenciada microbiológicamente.....	28

2.4.- SALIVA.....	28
2.5.- ALIMENTOS.....	30
2.6.- ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA HIGIENE.....	31
2.7.- ABSORCIÓN DE ELEMENTOS TÓXICOS EN EL CUERPO.....	34
2.7.1.- Absorción Sistémica.....	35
2.7.2.- Absorción Localizada.....	36
2.8.- SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL.....	37
2.8.1.- Alergias.....	37
2.8.2.- Disposición Sistémica.....	43
2.8.3.- Repercusiones.....	44
2.9.- PROTOCOLO CLÍNICO.....	45
2.9.1.- Caso Clínico.....	45
2.9.2.- Manejo Clínico de estas complicaciones.....	47
2.9.3.- Manejo de Brackets Reciclados.....	50
3.- OBJETIVOS.....	51
3.1.- OBJETIVO GENERAL	51
3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	51
4.- HIPOTESIS.....	53
5.- JUSTIFICACIÓN.....	53

6.- MARCO METODOLÓGICO.....	55
6.1.- TIPO DE ESTUDIO	55
6.2.- MUESTRA.....	55
6.2.1 Grupos de Estudio.....	56
6.2.2. Criterios de Inclusión.....	56
6.2.2 Criterios de Exclusión.....	57
6.3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
6.5.- TABLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	67
7.- RESULTADOS.....	69
7.1.- Liberación de iones de níquel en agua destilada.....	69
7.2.- Liberación de iones de níquel en Saliva Submandibular.....	71
7.3.- Liberación de iones de níquel en Saliva Parótida.....	74
7.4.- Liberación de iones de cromo en agua destilada	76
7.5.- Liberación de iones de cromo en Saliva Submandibular.....	78
7.6.- Liberación de iones de cromo en Saliva Parótida.....	81
8.- DISCUSIÓN.....	83
9.- CONCLUSIONES.....	92
10.- RECOMENDACIONES.....	93
11.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

Lista de Figuras

	Pg.
Fig 1. Fotografía de Juego de Brackets 3M.....	58
Fig 2. Fotografía de Juego de Brackets American Orthodontics	58
Fig 3. Fotografía de Juego de Brackets Ortho Organizers.....	59
Fig 4. Fotografía de Balanza Sartorius Modelo CP423S	60
Fig 5. Fotografía de medidor de Ph HANNA INSTRUMENTS 8519	61
Fig 6. Fotografía de los compuestos para elaborar la Saliva Parótida	65
Fig 7. Fotografía de los compuestos para elaborar la Saliva Submandibular ...	65
Fig 8. Fotografía de los envases para las muestras	67
Fig 9. Fotografía de Espectrofotómetro Buck Scientific 210VGP.....	67
Fig 10. Operador observando los resultados en el espectrofotómetro.....	68
Fig 11. Programa Estadístico SPSS 17.0.....	68

Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla de porcentajes de la composición química de los brackets 3M....	58
Tabla 2. Tabla de porcentajes de la composición química de los brackets American Orthodontics.....	59
Tabla 3. Tabla de porcentajes de la composición química de los brackets Ortho Organizers.....	60
Tabla 4. Tabla de peso del níquel de los brackets 3M.....	61
Tabla 5. Tabla de peso del cromo de los brackets 3M.....	62
Tabla 6. Tabla de peso del níquel de los brackets American Orthodontics.....	63
Tabla 7. Tabla de peso del cromo de los brackets American Orthodontics	63
Tabla 8. Tabla de peso del níquel de los brackets Ortho Organizers.....	64
Tabla 9. Tabla de peso del cromo de los brackets Ortho Organizers.....	64
Tabla 10. Composición Saliva Parótida.....	66
Tabla 11. Composición Saliva Submandibular.....	66
Tabla 12. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Agua Destilada.....	70
Tabla 13. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Agua Destilada.....	70

Tabla 14. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Submandibular	72
Tabla 15. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Submandibular.....	73
Tabla 16. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Parótida.....	75
Tabla 17. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Parótida.....	75
Tabla 18. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Agua Destilada.....	77
Tabla 19. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Agua Destilada.....	77
Tabla 20. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Submandibular	79
Tabla 21. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Submandibular.....	80
Tabla 22. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Parótida.....	82

Tabla 23. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Parótida.....	82
--	----

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Cantidad de níquel liberado durante 28 días en Agua Destilada.....	69
Gráfico 2. Cantidad de níquel liberado durante 28 días en Saliva Submandibular.....	72
Gráfico 3. Cantidad de níquel liberado durante 28 días en Saliva Parótida.....	74
Gráfico 4. Cantidad de cromo liberado durante 28 días en Agua Destilada.....	76
Gráfico 5. Cantidad de cromo liberado durante 28 días en Saliva Submandibular.....	79
Gráfico 6. Cantidad de cromo liberado durante 28 días en Saliva Parótida.....	81

1. INTRODUCCIÓN

Los biomateriales en Ortodoncia son de básica importancia dentro de la práctica. Cada uno de los movimientos o cambios a niveles dentoesqueléticos que como Ortodontistas vamos a realizar, lo hacemos por medio de una serie de diferente aparatología que tiene en su composición distintos elementos. Estos elementos podrían bajo ciertas condiciones dejar de ser biocompatibles con el cuerpo humano. De esta aparatología se produce liberación de ácidos e iones que pudieran producir alteraciones locales y sistémicas. La práctica ortodóntica actual exige al profesional el conocimiento de los biomateriales que se utilizan a diario, así como de sus interacciones con el paciente.

La liberación de iones metálicos como consecuencia de la corrosión de los aparatos ortodónticos dentro de un ambiente oral, ha preocupado a los clínicos por algún tiempo. Esta preocupación se ha centrado en dos principales aspectos; que productos se obtienen de la corrosión y como éstos son absorbidos por el cuerpo; y si podrían éstos productos causar afecciones tanto sistémicas como localizadas.¹ Es nuestro propósito poner en consideración esta evidencia.

El comportamiento corrosivo se da por la pérdida de iones metálicos directamente en la solución, la saliva específicamente, o por la disolución progresiva sobre una superficie en modificaciones de iones como en un óxido o un sulfato.¹

La corrosión ocurre por dos procesos simultáneos que son la oxidación y la reducción.² El proceso de corrosión continúa hasta que el metal se encuentra totalmente consumido, a menos que se produzca una capa protectora en la superficie o hasta que la reacción catódica se realice por completo. El nivel de corrosión de cualquier metal depende entonces de la química del solvente en el cual colocamos el metal y de las capacidades del mismo para resistir a dicho proceso.³ La química del solvente en este estudio se basa específicamente en las composiciones químicas de la saliva artificial proveniente de la glándula Parótida y de la Submandibular.

El acero inoxidable, cromo, cobalto, níquel y titanio, juntos como una aleación, se utilizan en Ortodoncia justamente por presentar características de resistencia a la corrosión. Estos elementos en su superficie, presentarán un film óxido resistente pero no infalible y por ende susceptible a la disfunción química y mecánica.¹

Recordemos que el pH salival tiende a volverse ácido especialmente con la dieta alta en calorías típica de nuestro medio. Es necesario acotar que el medio ambiente oral es ideal para esta biodegradación de metales por sus particularidades iónicas, térmicas, microbiológicas y enzimáticas, propias de cada tipo de saliva proveniente de las diferentes glándulas salivales mayores.¹ Cabe resaltar que la saliva humana va a presentar variaciones también específicas en diferentes edades, producto de los cambios hormonales, temperatura y cambios en la dieta.²

El medio ácido puede acelerar un proceso de oxidación progresiva. Por lo tanto una dieta muy carbonatada, nos provee de un medio lleno de agentes corrosivos. Otro agente corrosivo son los productos fluorados, tales como la pasta dental y el enjuague bucal. Varios estudios de laboratorio demuestran que un ambiente fluorado y ácido, conlleva a una corrosión acelerada de los metales, especialmente del titanio.^{1,2}

Los brackets, bandas y alambres son hechos universalmente de acero inoxidable con composiciones de Cromo, Níquel, Carbono, Manganeso, Sílice, Molibdeno y Titanio, en diferentes proporciones según la AISI (American Institute for International Steel)⁴, lo que le da esas cualidades elásticas y anticorrosivas a la Aparatología Ortodóncica. Algunas empresas manufactureras manejan diferentes tipos de aleaciones metálicas, cambiando los porcentajes de cada elemento, dándoles ciertas propiedades específicas a sus productos. Cada una de estas factorías tiene especificado el tipo de aleación metálica en las páginas de MSDS (Material Safety Data Sheets) que se encuentran disponibles abiertamente en línea.^{5,6,7,8}

La más significativa exposición humana al Níquel, Cromo y Titanio, ocurre en la dieta, atmósfera, agua de beber y joyas. La mayor cantidad dietética de estos metales se encuentra en los vegetales, granos y cereales. La dosis diaria de ingesta de estos metales se ha estimado: 200 – 300 pg/día de níquel, 280 pg/día de cromo y de 300 a 2000 µg/día de titanio.³

Los niveles de níquel en el agua de beber contienen medidas bajo los 20 pg/L, y 0,43 ttg/L de cromo.³

Las aleaciones de aceros contienen desde 0,5% a 12% de níquel, 16%-26% de cromo y son usados generalmente como partes metálicas de los aparatos ortodónticos.⁴ Las cantidades de níquel y cromo liberados dependen también de la manipulación de los mismos, y las condiciones físicas y químicas a los que han sido expuestos.

La corrosión de estas aleaciones en el ambiente oral puede disminuir la fuerza de esta aparatología. También existe preocupación por los diversos efectos biológicos que el proceso de oxidación – reducción, puede tener en el paciente, como una hipersensibilidad al níquel. Por otra parte, esta hipersensibilidad no ha demostrado tener mayor incidencia en sujetos, sin embargo debemos tener cada vez mayor cuidado en el manejo de este tipo de pacientes incluso si su porcentaje de visita en la consulta sea muy bajo.⁹

Existen también distintos tipos de corrosión, los cuales van a ser la base para poder entender el proceso de liberación de iones de los distintos metales parte de la aleación de los brackets.³

Por otra parte, las implicaciones de salud con respecto a estas liberaciones de compuestos metálicos son varias. Existen reacciones variadas a nivel de la cavidad oral por la ausencia de las células de Langerhans.² Esto puede ser conclusivo, por la alta eliminación de níquel. Este a su vez es altamente detectable en saliva, más no así en sangre.⁹

Los efectos citotóxicos de los distintos aparatos metálicos ortodónticos, incluyendo bandas en molares, brackets y arcos, se hacen presentes en casos de sensibilidad a uno de los elementos constituyentes, lo que cada vez es más frecuente en nuestro medio.³

2. MARCO TEÓRICO

La Ortodoncia contemporánea se basa en aparatología bondeada, arcos y otros dispositivos para lograr el movimiento dental. Estos materiales poseen gracias a sus distintos componentes, propiedades físicas, químicas y mecánicas diferentes y únicas. Las exigencias de trabajo sobre estos

materiales son complejas, porque dentro de la cavidad oral se ven sometidos a muchas tensiones, entre las cuales podemos destacar la inmersión en la saliva y líquidos ingeridos, las variaciones constantes de la temperatura y las cargas oclusales durante la masticación. En condiciones adversas, todos estos elementos, pueden dar lugar a la corrosión.³

La Biocompatibilidad es la habilidad de un material para producir una respuesta biológica apropiada en una aplicación dada. Es un área compleja y de rápida evolución, la cual aparte de estudiar el comportamiento de los materiales en medios vivos, tiene una gran implicación ética, social, técnica y legal. Dentro de esta área debemos tomar en cuenta la seguridad para el paciente, para el profesional, para el equipo médico, las compilaciones de los servicios regulatorios y la fiabilidad.⁴ Existen por ello las hojas MSDS, las cuales certifican que los elementos utilizados en el ser humano hayan sido sometidos a pruebas que avalen su confiabilidad.^{5, 6, 7, 8}

Dentro de esta área podemos determinar tres puntos importantes que son:

1. No existen biomateriales inertes (todos interactúan en un medio dado causando respuestas biológicas)
2. El proceso es dinámico (los biomateriales pueden cambiar con el tiempo o por la agresividad del medio)
3. No es la propiedad del biomaterial lo que lo hace bueno o malo, sino la interacción de este con el medio y por supuesto, los productos que se obtienen como resultado de esa relación.⁴

Existen varias pruebas para determinar biocompatibilidad de los materiales en ortodoncia. Tenemos las pruebas In vitro, las cuales se realizan en cultivos celulares y tienen dentro de sus ventajas que son experimentalmente controlables, relativamente rápidas, poco costosas, se evita el uso de sujetos humanos y animales, evitando así problemas de índole ético.¹⁰ Sin embargo dentro de sus desventajas encontramos que su relevancia es altamente cuestionable si no se desarrolla correctamente. Otro tipo de prueba son las In Vivo, las cuales se realizan dentro de organismos vivos animales no humanos, pudiendo así medir toda la respuesta biológica completa. Dentro de sus ventajas presenta que se pueden realizar pruebas que no son efectivas In Vitro.¹⁰ Presentan sin embargo varias desventajas entre las que podemos mencionar el mayor uso de tiempo, costosas, difíciles de controlar experimentalmente y complicadas de interpretar. La tercera son las pruebas de ensayos clínicos, las cuales se realizan en humanos. Son altamente relevantes y miden toda la respuesta biológica completa. Presentan las mismas desventajas que las pruebas In Vivo.⁴

La ADA ha establecido parámetros para estas pruebas, los cuales se encuentran dentro de los lineamientos de la Asociación. Los requerimientos biológicos de un material dependen de cuanto y como se haya expuesto al cuerpo. Las condiciones de exposición de los brackets, es de contacto de superficies y de forma permanente (>30 días).⁴

2.1. COMPOSICION QUIMICA DE LA APARATOLOGIA ORTODONTICA

Durante toda la historia de la ortodoncia, desde Kingsley, se ha usado aleaciones metálicas como parte integral de la terapia. La mayoría de estas aleaciones contienen níquel el cual varía desde un 8% - 12% en SS a más del 50% en las aleaciones de NiTi.^{2, 9}

La biodegradación de estos aditamentos toma lugar durante el curso del tratamiento y pequeños iones, incluido el níquel, se liberan en la cavidad oral.²

Existen reglamentos estándar como base para la calidad y el control de los materiales para la salud humana y el medio ambiente. A pesar de que los regímenes de control de calidad no son los mismos, se deben guardar certificaciones de calidad y biocompatibilidad tanto del material en sí como para el paciente. Las composiciones exactas y propiedades de los materiales no se especifican en algunos casos e incluso no están disponibles por parte de los fabricantes.¹⁰

2.1.1 BRACKETS

Existen diferentes aleaciones en la fabricación de los brackets. Cada una de estas aleaciones está dada por la AIIS y se les diferencia por su número. Las aleaciones más usadas de acero inoxidable son los 303, 304, 304L, 316, 316L y 317 de la Asociación Americana de Acero Inoxidable (AIIS). Estas aleaciones contienen entre 8% - 12% de níquel y entre 17% - 22% de cromo. En la producción de estas aleaciones, mientras más cromo, níquel y molibdeno tengan los

brackets y menos sulfuros y carbono, se mejora notablemente la resistencia a la corrosión. ^{10, 11, 12, 13}

Las bandas, brackets y alambres se hacen universalmente de acero inoxidable austenítico que contiene 18% de cromo y 8% de níquel. ^{14,15}

La composición de los brackets metálicos puede ser de acero inoxidable, acero sin níquel o de titanio. Esta vasta gama de materiales utilizados se da a partir de la preocupación por la toxicidad del níquel y por disminuir el potencial de exposición a este material. ¹⁶

Los brackets metálicos que más se utilizan son el 316 y el 318 de acero inoxidable (SS). Este acero contiene menos níquel. Estos brackets fueron introducidos en la ortodoncia como alternativas bajos en níquel. ¹⁴

Estas aleaciones contienen menor cantidad de níquel que los convencionales y la misma o mayor dureza. La aleación 2205 demuestra menor índice de corrosión que el 316L, cuando se unen con alambres de acero, Beta titanio o NiTi. En general, se necesita mayores investigaciones sobre la dureza y resistencia a la corrosión de los brackets ortodónticos. ¹⁶

Los brackets de titanio consisten en aleaciones de titanio o titanio puro (Ti_6Al_4V) y están disponibles en dos tipos: uno que presenta el Vickers Hardness (grado de dureza HV) cerca de grado II comercialmente titanio puro (160 – 350HV) y una aleta de Ti_6Al_4V y otro tipo hecho totalmente de titanio puro grado IV (270HV). La diferencia entre estos es cuando un alambre se introduce en el slot, ya que la dureza de estos (300-400HV), en contraste con el acero inoxidable (600HV), es que se forman obstáculos para transferir el torque adecuado ya que la baja dureza induce desgaste y evita el ajuste completo.¹⁶

2.1.2. BANDAS

Las bandas están formadas por una parte de bracket que tiene entre 8% - 11% de Ni, 19% Cr, 69% - 70% Fe y 1 - 2% Mn, una parte convertible, soldadura y la banda en si.¹⁰ Cada una de las partes presenta una composición distinta referente a los usos que van a tener. Se debe tomar en cuenta que cada marca pone sus propios porcentajes de concentración de cada elemento para darle propiedades de resistencia y dureza únicas en el mercado.

La soldadura de plata contiene Ag 73%, Cu 21%, Ni 1%, Cr 1% y Fe 4%. Algunas soldaduras contienen Zn 15%.¹⁰ Es notable mencionar

que la soldadura de plata ha recibido entre sus características el ser altamente corrosiva.³

2.1.3. ALAMBRES

La composición exacta de las propiedades de cada material de las aleaciones de metal utilizadas en ortodoncia no es de fácil identificación incluso por sus elaboradores.¹⁰

2.1.3.1. NITINOL, ACERO, TMA, NiTiCu

Los alambres de acero inoxidable contienen aproximadamente 18% de cromo y 8% de níquel.¹⁷

Las aleaciones de acero inoxidable pertenecen al grupo de los materiales martensíticos, son antimagnéticos y resistentes a los agentes químicos por la proporción de cromo y níquel que contienen:

- 73,8% de hierro o ferrita
- 18% de cromo, que le proporciona inalterabilidad
- 8% de níquel, que le proporciona brillo y maleabilidad
- 0,20% de carbono, le proporciona dureza¹⁸

El Elgiloy es una aleación de cromo y cobalto desarrollada en los años 70 para la fabricación de arcos ideales, arcos utilitarios y

resortes en la técnica bioprogresiva de Ricketts. Éstas aleaciones fueron diseñadas originalmente para su uso en muelles de relojes en una composición de 40% de cobalto, 20% de cromo, 15% de níquel, 15,8% de hierro, 7% de molibdeno, 2% de manganeso, 0,16% de carbono y 0,04% de berilio.¹⁸

El NITINOL fue desarrollado por el ingeniero metalúrgico William F. Buehler de la NASA, a principios de los años 70, en el laboratorio Naval de Ordinance, en honor a éste laboratorio se nombró a éstas aleaciones NITINOL (Ni- Níquel, Ti – Titanio, N – Naval, O – Ordinance, L – Laboratory) y se introdujo en el área de la ortodoncia en 1.971.¹⁸

La aleación original contiene:

- El 55% de níquel.
- El 42% de titanio.
- El 3% de cobalto.¹⁸

Los alambres de Cooper NiTi fueron desarrolladas para el uso clínico en 1990, y representa el futuro de los alambres con superelasticidad y memoria en ortodoncia. Desarrollan una fuerza menor en 70% a las aleaciones tradicionales de níquel/titanio y se fabrican y comercializan con sensibilidad a 3 temperaturas (27°C, 35°C y 40°C), lo que les proporcionan comportamientos clínicos diferentes.¹⁸

El primer artículo del uso de TMA es en 1979, donde existían dos versiones de la familia del Titanio Molibdeno. Existen artículos sobre sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y químicas desde 1980. Este material se describe por tener gran capacidad de volver a su forma original, baja dureza, habilidad para soldarse directamente.¹⁰

2.1.4. QUADHELIX, BTP, AEO

La composición química de estos aditamentos ortodóncicos es diferente para cada parte del aparato, de esta forma podemos mencionar: Arco externo Ni 8%, Cr 19%, Fe 71%-72% y Mn 1%. Arco interno Ni 8%-9%, Cr 19%, Fe 70%-71% y Mn 1%-2%. Soldadura de plata Ag 60%, Cu 23%, Zn 17%.¹⁹

De los distintos tipos de aditamentos ortodóncicos utilizados (AEO, bandas, brackets y arcos), la mayor cantidad de níquel y cromo luego de 14 días, se libera a partir de los AEO que contienen una cantidad considerable de soldadura de plata.¹⁹

2.1.5. ELÁSTICOS

Las cadenas y los módulos elásticos, a pesar de hoy en día poder ser reemplazados por brackets de autoligado, ligadura metálica, resortes de retracción, siguen siendo la opción número uno en el

cierre de pequeños diastemas en la región anterior. Se conoce que los elásticos pierden su fuerza en las primeras 24 horas.²⁰ Las cadenas están hechas de polímeros cristalinos. La carga principal se lleva a través de las uniones de esta cadena polimérica.¹⁶

En el estudio de las propiedades biológicas²⁰ de los materiales poliméricos se ha determinado que tienen efectos a largo plazo de niveles subtóxicos.

Una preocupación asociada a los adhesivos poliméricos y a los brackets plásticos y cerámicos, es la posibilidad de liberación del bisphenol-A (BPA), el cual es utilizado en la producción de resinas y plásticos policarbonatados. El BPA es un agente contaminante que actúa como un estrógeno en sistemas biológicos. El efecto es la feminización del feto masculino en animales, así como en la interferencia de la producción de estrógenos en las mujeres. Los efectos de este son: pubertad prematura, cáncer de ovarios e interrupción de la maduración de los órganos reproductivos masculinos.¹⁶

2.1.6. MINIIMPLANTES

Los mini-implantes de ortodoncia son una fuente de iones metálicos en el cuerpo humano por la corrosión del titanio en fluidos corporales.²¹

Varios materiales se han utilizado en este sistema de implantes. Los materiales deben ser no tóxicos y biocompatibles, tener buenas

propiedades mecánicas y ser capaces de resistir el stress, tensión y corrosión. Comercialmente el Titanio puro es el material más utilizado en implantología por sus propiedades biocompatibles con los tejidos humanos, no provocar reacciones alérgicas y tener buenas propiedades mecánicas.^{14,21}

Sin embargo en ortodoncia, el uso de mini implantes sugiere otro tipo de consideraciones. Primero el tamaño, ya que estos serán pequeños y segundo la cantidad de fuerzas que deberán soportar. Ambos factores contribuyen a la posible fractura del titanio si fuera puro, por lo que para estos mini implantes se desarrollan aleaciones de Ti, Aluminio y Vanadio (Ti-6Al-4V) para mayor fuerza y resistencia a la fatiga que el titanio puro. Sin embargo esta aleación puede desarrollar corrosión en medio de fluidos corporales.²¹

Cualquier metal o aleación dentro del cuerpo humano es una potencial fuente de toxicidad.³ Se ha observado corrosión en implantes de cadera, placas óseas y tornillos, sin embargo a los mini implantes no se les ha dado la importancia suficiente en corrosión en ortodoncia, y ésta mas bien se ha limitado a los alambres y brackets.²¹

Las concentraciones de Ti en los tejidos de un conejo resultaron estar presentes principalmente en el hígado, riñones y pulmones.²¹

La capa de óxido que se forma sobre la superficie de titanio es estable, dura y compacta y provee de resistencia al desgaste y a la corrosión.³ Sin embargo cuando se implanta dentro del cuerpo, cambia sus propiedades protectoras y puede producirse la liberación

de productos corrosivos.¹⁶ Estos cambios pueden ocurrir por el ambiente dañino corrosivo para materiales metálicos por el alta concentración de iones de cloro, proteínas y amino ácidos, baja concentración de oxígeno disuelto, pH bajo durante 2 semanas después de la cirugía y células que se comportan como cuerpos de carga.²¹

El vanadio puede resultar tóxico para los macrófagos y los fibroblastos y puede afectar las proteínas de hierro (ferritin y transferrin).²¹

2.2. TOXICIDAD DE LOS COMPUESTOS

2.2.1. NIQUEL

El níquel es un elemento metálico natural presente en la corteza terrestre.⁹ Posee propiedades físicas y químicas únicas, por lo que puede ser ampliamente utilizado en su forma metálica o en aleaciones en una amplia gama de productos. Sin embargo, el uso frecuente de productos que contienen níquel, podría causar efectos ambientales y de salud adversos. La exposición al níquel puede ocurrir por vía aérea, digestiva o por superficie de contacto, dependiendo de la exposición al metal, la dieta o la actividad ocupacional.²²

El níquel tiene cinco isótopos naturales y siete isótopos radioactivos. En la dieta se encuentra en mayores cantidades en las grasas y los chocolates. Las personas que fuman también tienen un alto grado de exposición al níquel.²³

La ingesta en altas cantidades de níquel puede ocasionar altas probabilidades de cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata. Pueden presentarse enfermedades y mareos después de la exposición. Embolia de pulmón, fallos respiratorios, asma y bronquitis. Pueden producirse también erupciones cutáneas.²³

De todos los sensibilizadores de piel, el níquel es considerado la causa número uno de la alergia de contacto, especialmente en las mujeres en los países industrializados.^{17, 24} De acuerdo a la prueba del parche, esta condición afecta al 10% - 30% de mujeres y del 1% al 3% en varones^{15,19}, dependiendo de la edad y grupos de población. A pesar de que existen tan altos porcentajes de reacciones de contacto con el níquel, las reacciones a la aparatología ortodóntica son bastante infrecuentes (0.2% - 0.4% de pacientes). Aquellas personas que refieren tener sensibilidad al níquel, pueden beneficiarse de la aparatología ortodóntica sin presentar reacciones de hipersensibilidad.²

El níquel ha sido señalado como un sensibilizador biológico capaz de causar reacciones de sensibilidad a corto y largo plazo (respuesta inmune tipo IV²⁴, mediado por células por los linfocitos T). Anomalías clínicas como gingivitis, hiperplasia gingival, descamación del labio, sabor metálico en boca, eritema multiforme, queilitis angular y periodontitis pueden estar asociadas con la liberación de níquel de la aparatología ortodóntica.^{15, 25}

La liberación de iones metálicos, especialmente del níquel, por parte de las aleaciones dentales, es una preocupación por sus efectos

tóxicos locales y sistémicos, inmunogénicos, mutagénicos y quimiotácticos.^{13,26} El níquel puede activar los monocitos y las células endoteliales suprimiendo o promoviendo la expresión de la adhesión intermolecular intercelular llevada a cabo por las células endoteliales, que dependen de las concentraciones iónicas. Adicionalmente se forman complejos de níquel en forma de arseniuros y sulfuros que son conocidos como carcinogénicos, alergénicos y sustancias mutagénicas, ya que el níquel incluso en concentraciones no tóxicas induce a alteraciones del DNA, causado específicamente por una incisión específica en la cadena.⁹

El cloruro de níquel inhibe la concentración de fibroblastos gingivales y del ligamento periodontal.²⁶

En estudios, cuando se midieron las concentraciones de níquel en varios intervalos, el nivel máximo se encontró el día 7 y todos los niveles de concentración subsecuentes mostraron una disminución progresiva.¹² Se encontró que la corrosión de la aparatología alcanzaba su máximo nivel a los 6 días y que no aumentaba posterior a eso. Existen dos explicaciones para este comportamiento: en primer lugar que el nivel de níquel en la superficie se corroe rápidamente hasta en 7 días y después ya no experimenta cambios. Segundo, que la corrosión ha formado productos que pasados los 7 días ya no se producen. Comparaciones de la liberación de níquel en arcos de acero y de NiTi, no revelaron diferencias significativas excepto en el día 14.

Esto ocurre como una situación al azar. La cantidad total de níquel liberado durante el periodo de 4 semanas en este estudio fue de 13.05 µg/día.¹⁴

La liberación de níquel de las distintas aleaciones se ha reportado en 4.2 pg/cm² por día. También se ha observado que la liberación in vitro para la aparatología ortodóntica en toda la boca ha sido de 40pg/día de níquel y 36pg/día de cromo.¹⁴ Cuando los arcos son sometidos al calor, para darles otras propiedades físicas, la tasa de liberación de níquel se encontró en 0,26 pg/día.¹⁴

2.2.2. TITANIO

Una aleación puede estar compuesta por lo menos por una fase de uno de los metales y puede sufrir transformación de fases, es decir, como el titanio sin alear, que tiene dos formas: a temperatura baja y alta. Esto determina las propiedades físicas y químicas del material. Algunas adiciones a la aleación como hierro, molibdeno, vanadio y cromo estabilizan la fase en las aleaciones de titanio. El circonio, estaño o zinc en la composición de la aleación contribuyen al aumento de fuerza y dureza.²¹

La resistencia a la corrosión del Titanio se da por la fina capa de pasivación que se forma en la superficie. Existe también un proceso que se conoce como ionización del alambre en el cual se adhieren iones de nitrógeno y otros iones de gas que penetran en la superficie del alambre a altas energías, creando una estructura que

se compone de una capa delgada de compuestos (titanio-nitrógeno) en la superficie.¹⁰

Los brackets de titanio demostraron tener mayor acumulación de placa y mayor decoloración que los de acero inoxidable. Esto fue causado por la superficie áspera con una capa de pasivación suave.²⁷

2.2.3. HIERRO

Los alambres de acero inoxidable en ortodoncia se clasifican en el tipo de aleación 304 AISI, donde el 18% al 20% es cromo, 8% al 11% níquel, y las máximas cantidades de carbono, manganeso y silicio en 0.08%, 2%, y 1%, respectivamente.²⁰ El cromo en el SS forma una fina capa, adherente y de pasivación de óxido que da resistencia a la corrosión, bloqueando la difusión del oxígeno en la capa más profunda de la aleación, se requiere un mínimo de 12% de cromo para estas características.¹⁰

La literatura sugiere que los iones metálicos se liberan durante la terapia ortodóntica, pero en niveles muy bajos incluso menores a los de la ingesta diaria, lo que puede por un lado producir una tolerancia del sistema inmune en algunos casos. Sin embargo los mejores indicadores para observar una posible reacción alérgica son la edad del paciente y una anterior sensibilidad presente.³

2.2.4. CROMO

El cromo elemental es un metal que no se encuentra en la naturaleza. Es relativamente dúctil y suave en estado puro.²⁶ Existen cuatro isótopos naturales. Predominantemente existe como trivalente Cr III y hexavalente Cr VI. El segundo, es el más tóxico y en el medio ambiente se da principalmente por la actividad industrial que ha provocado una mayor oxidación del Cr III. Éste es esencial en la dieta, para el metabolismo de los ácidos grasos y la glucosa.²⁸

El Cr VI se transforma rápidamente en Cr III por un proceso de oxidación en el medio oral, sin embargo sigue considerándose hipotético que el Cr hexavalente no posea un riesgo genotóxico y carcinogénico y este riesgo no ha sido descrito claramente. El Cr VI induce a un amplio daño del DNA, con mutaciones, oxidación de las bases, entrecruzamiento de proteínas, aberraciones cromosomales, cambios en las cromátidas hermanas y cambios en el micro núcleo. Este isótopo del Cr se entrelaza rápidamente con las células por su anillo tetraedral que imita al fósforo y sulfatos de sales que ingresan al sistema de transporte activo celular. Ahí inicia su oxidación; sin embargo en este proceso algunas variaciones en el DNA ocurren, incluyendo la formación de radicales libres que alteran la formación normal del material genético celular.²⁹

El nivel de cromo que se libera a partir de la aparatología se ha visto aumentado hasta el día 14, y posterior a este se ve disminuido. Contrario al níquel, la tasa de corrosión del cromo no disminuyó a partir del séptimo día. Como resultado, es poco probable en este punto pensar que la elaboración de productos corrosivos se

produzca cuando a partir del día 7 ya están reducidos. Por esta razón se asume que la concentración de níquel en la superficie de la aparatología está siendo disminuida a un nivel más rápido que el cromo. La cantidad total de liberación de cromo durante un período de 4 semanas fue de 0.35 pg/día. Eso quiere decir una liberación diaria de 0.7 µg. Esto es aproximadamente el 0.25% de lo reportado en la ingesta diaria de cromo que es de 280 pg.^{13,14}

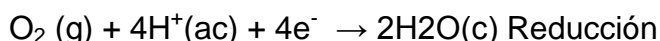
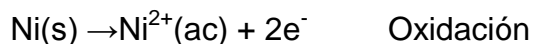
2.3. PROCESO DE CORROSION

La corrosión de la aparatología ortodóntica en el medio bucal ha llamado la atención de los profesionales por algún tiempo. Esta atención especial, se basa en dos hipótesis: si los productos de la corrosión realmente se producen y son absorbidos en el cuerpo y causan efectos localizados o sistémicos y la otra es cuáles son los efectos de la corrosión en las propiedades físicas y el rendimiento clínico de los aparatos de ortodoncia.³

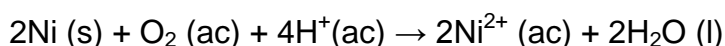
La corrosión es un deterioro de la superficie de los metales o aleaciones metálicas.³⁰ El proceso de corrosión en el caso de los aparatos metálicos utilizados en Ortodoncia, se debe a un mecanismo de oxidación / reducción.³ La etapa de oxidación ocurre cuando el metal, M (metal), cambia su estado de oxidación de cero a un estado de oxidación mayor liberando electrones.³⁰ El metal actúa como el ánodo del proceso. Por otro lado, la saliva que es básicamente una solución acuosa donde están presentes iones

positivos, negativos y contiene en cierta cantidad de oxígeno disuelto, es el medio donde se produce la etapa reducción, en la cual, una especie química disminuirá su estado de oxidación.³⁰

Químicamente, se lo representa todo de la siguiente forma, tomando como ejemplo al níquel:



La reacción global de corrosión es:



El proceso de corrosión básicamente es la formación de una celda galvánica, en términos simples, una pila. Una pila genera una corriente eléctrica que se lo mide como una diferencia de voltaje entre las dos etapas: oxidación y reducción. Para la etapa de oxidación el voltaje es igual a $-0,25 \text{ V}$ y para la reducción es $+1,23 \text{ V}$; luego, el voltaje de la celda galvánica es³⁰:

$$E_{\text{celda}} = E_{\text{cátodo}} - E_{\text{ánodo}}$$

$$E_{\text{celda}} = +1,23 - (-0,25) = -1,48 \text{ V}$$

En una celda galvánica donde el voltaje es positivo el proceso es espontáneo lo que significa que se producirá la corrosión del metal; sin embargo, es necesario tomar en consideración el efecto que produce la presencia del oxígeno disuelto y la concentración de los iones hidronios, H^+ medidos como pH.³⁰

La relación que existe entre el potencial eléctrico de la celda, el pH y la concentración de oxígeno disuelto en la saliva, está determinada por la ecuación de Nernst a 37° de temperatura (boca).³⁰

El nivel de corrosión de cualquier metal depende de la química del solvente en el que se encuentra inmerso.³

El acero inoxidable, el cromo cobalto y las aleaciones de titanio que se utilizan en ortodoncia se basan en la formación de una capa de pasivación, formada por una película de óxido resistente a la corrosión.²⁷ Esta capa protectora no es infalible, es mas bien susceptible a los cambios mecánicos y químicos. Esta capa va perdiendo sus propiedades, pero nuevamente se “repasiva” mientras sigue teniendo interacción con el medio. Las condiciones acídicas y los iones de cloro pueden acelerar el proceso de pasivación.²⁰ Por lo tanto una dieta rica en cloruro de sodio o bebidas carbonatadas ácidas pueden proveer una fuente extra de agentes corrosivos. Otra fuente acidófila son los productos que contienen fluoruros, como la pasta de dientes y enjuagues bucales. Se ha demostrado que en ambientes ácidos la corrosión de ciertos metales, especialmente el titanio, aumenta es estas circunstancias.³

La corrosión del metal puede verse alterada por los elementos de pasivación o por el revestimiento con otro metal. La pasivación del acero se obtiene por la adición del 12% a 20% de cromo que forma una capa de óxido de cromo en la superficie.¹⁹

2.3.1. TIPOS DE CORROSIÓN

2.3.1.1. Ataque Uniforme

Es la forma más común de corrosión. Afecta a todos los metales, a diferentes grados. El metal sufre una reacción de reducción y no se detecta hasta que todo el metal está afectado.¹⁴

2.3.1.2. Corrosión en grietas y fosas

Se forma en las superficies de alambres y brackets, que no se encuentran perfectamente suavizados. Aumentan la susceptibilidad de la corrosión, ya que aumenta la acumulación de placa y microorganismos, los cuales producen reducción localizada del pH y una disminución del oxígeno, lo que afecta el proceso de pasivación. Los alambres que presentan superficies irregulares cuando se introducen en el slot, producen un aumento del índice de corrosión.³

2.3.1.3. Corrosión en grietas

Puede suceder en aparatología removible cuando alambres o componentes de tornillos de expansión entran en el acrílico. Se produce una decoloración marrón por debajo de la superficie del acrílico en contacto con el metal. Esto se atribuye al biofilm producido por bacterias.³¹

2.3.1.4. Corrosión Galvánica

Ocurre cuando dos metales se unen y se colocan en una solución conductiva o electrolítica. Mientras más electronegativos sean los metales, se denomina ánodo y mientras más electropositivos sean los metales nobles se denomina cátodo. En ortodoncia, se focaliza cuando dos metales distintos se unen para formar un bracket por ejemplo, o un arco de alambre. En el caso de aparatología removible, los dos metales pueden influir en la corrosión, pero esto se ve exacerbado por la unión con soldadura. Esto sucede porque la soldadura es mecánicamente activa, haciéndola más susceptible a la corrosión. Con alambres soldados el mayor problema es la liberación de iones de hierro, zinc, cobre y cadmio que contiene la soldadura de plata.³

En un estudio in vitro con fibroblastos para ver el nivel de citotoxicidad, algunos componentes ortodónticos se probaron, ambos nuevos y viejos. Solo las bandas molares de SS viejas con tubos soldados en bucal demostraron potencial citotóxico. Este efecto fue posible por las aleaciones de plata y cobre de la aleación de la suelda.³¹

2.3.1.5. Corrosión intergranular

Esta sucede durante la soldadura, a temperaturas bajas como 350°. El calentamiento lleva a la reacción del

romo con el carbono en el acero formando un carburo de cromo. La precipitación subsecuente de este carburo produce:

- a. La aleación se vuelve frágil debido a la interferencia en el desplazamiento
- b. La aleación es menos resistente a la corrosión porque el cromo se usó en la reacción para formar el carburo, dejando poco para formar la capa de óxido de pasivación.^{3,}

2.3.1.6. Corrosión por fretting

Ocurre en áreas de contacto de metal donde se mantienen fuertes cargas. Un ejemplo ortodóntico es la interfase que sucede entre el alambre y el slot del bracket. Durante la aplicación de la carga, los dos metales sufren un proceso de unión por enfriamiento causado por la presión en la interfase. La continua aplicación de la fuerza en la interfase eventualmente causa que la unión se fragmente, dando como resultado la disrupción de las capas de pasivación y dejando a los metales susceptibles a la corrosión.³¹

2.3.1.7. Corrosión por estrés

Es el aumento de la reacción de la aleación metálica cuando aumentan los sitios de stress debido a la carga

aplicada. Un potencial electroquímico se puede crear a lo largo del alambre, con sitios actuando como ánodos y otros como cátodos, facilitando así la corrosión. ^{3,31}

2.3.1.8. Corrosión por fatiga

Los metales en general tienen una mayor tendencia a fracturarse bajo repetidos ciclos de fatiga. Este fenómeno se acelera si la aleación está expuesta a un medio corrosivo. Ejemplo: cuando se deja alambres ortodónticos en el ambiente oral por largos períodos de tiempo, bajo carga. ¹⁰

2.3.1.9. Corrosión influenciada microbiológicamente

Los microorganismos y sus productos pueden afectar las aleaciones de metales en dos formas:

- Ciertas especies absorben y metabolizan los metales de las aleaciones llevando a la corrosión
- Los productos normales de la producción metabólica de los microorganismos pueden afectar las condiciones del medio, haciéndolos más conductivos a la corrosión.

^{3,31}

2.4. SALIVA

La saliva está formada por las glándulas salivales localizadas en la cavidad oral y en áreas adyacentes. Existen dos glándulas parótidas, submandibulares y sublinguales, al igual que las glándulas labiales y linguales y las demás glándulas mucosas en la superficie anterior del paladar blando, duro y en los bordes de la lengua y en su raíz.²⁶ Más de la mitad de la saliva en reposo se origina en las glándulas submandibulares y más de la mitad de la saliva estimulada se produce en las parótidas. El resto de las glándulas suman el 10% de la producción salival. La composición de las secreciones particulares varía de glándula a glándula e incluso de lado.²³

Los siguientes factores pueden influenciar la concentración de una sustancia en la cantidad de saliva obtenida: flujo, tiempo del día, sexo y condiciones hormonales, uso de anticonceptivos y la concentración de plasma.²³

La producción diaria de saliva se estipula que es de 500 a 1500 mL. La composición de saliva proveniente de las distintas glándulas es diferente. La de saliva parótida es delgada, líquida, no viscosa; posee gran cantidad de agua y enzimas (amilasa). La de submandibular es clara, viscosa y espumosa; también produce enzimas (mucina).²³ La saliva de la glándula parótida se excreta a través de los conductos de Stenon a la altura de los segundos molares superiores, mientras que la glándula submandibular excreta la saliva a través de los conductos de Wharton, a cada lado del frenillo lingual.²⁶

El microambiente de la boca presenta un gradiente clorhídrico que puede contribuir al aumento de la degradación de los metales observada mientras aumenta el profundo progreso en las fosas entre los dientes.¹¹

Las concentraciones en la saliva de níquel y cromo demuestran grandes variaciones. Las concentraciones de metal detectadas fueron todas muy bajas, generalmente menos de 0,2 ppm. Grandes variaciones han sido también encontradas en reportes previos concernientes a la concentración de metales en la saliva.¹²

Se encontró níquel en la saliva de pacientes con variaciones entre 0,001 y 0,19 μ g/m durante diferentes fases del tratamiento ortodóntico.³²

La composición de la saliva puede verse afectada por variables como la dieta, condiciones de salud, y hora del día. Uno de los factores más importantes es el flujo de la saliva y su densidad. A pesar de que la aparatología ortodóntica no tiene un amplio efecto en el nivel de níquel en la saliva, no puede dejar de tomarse en cuenta, ya que cantidades menores de níquel disuelto de la aparatología pueden ser de gran importancia en casos de hipersensibilidad.²⁶ Las concentraciones locales de níquel en la mucosa oral puede ser suficiente para ejercer una reacción alérgica, a pesar de a veces no poder detectarse en al saliva.¹²

En una muestra pequeña (18 pacientes), hubo un aumento significativo en la concentración de iones de níquel en las muestras de saliva, luego de colocar las bandas y brackets a cuando se comparó con los valores de pretratamiento (P 0.006). También hubo un incremento posterior a la colocación de alambres de NiTi (P 0.002).⁹

La saliva también contiene elementos orgánicos que pueden influir significativamente en el proceso de corrosión. Las condiciones del medio bucal varían dependiendo de las aleaciones metálicas y por ende variando así su potencial de corrosión.¹⁹

2.5. ALIMENTOS

El mayor camino de entrada de níquel al cuerpo es por la dieta y la inhalación, siendo esta de 74 gr/día aproximadamente. El níquel se transporta principalmente por la sangre al unirse al suero y en un menor grado por la histadina. El ion del níquel puede unirse también a proteínas del cuerpo para formar una metaloproteína rica en níquel.⁹

Las fuentes de contacto del ser humano con el níquel, cromo, titanio ocurren principalmente por la dieta, la atmósfera, el agua en la ingesta, los cierres en la ropa, joyas, y usos iatrogénicos de artículos que contienen estos elementos.¹⁴

La mayor fuente alimenticia viene de los vegetales, granos y cereales. La ingesta diaria de estos tres metales se estima entre 200 a 300 pg/día de níquel, 280 pg/ día de cromo y de 300 a 2000 µg/día de titanio. Las

concentraciones de níquel en el agua generalmente se encuentran por debajo de 20 pg/L, 0.43 tg/L, de cromo y 0.5 to 15 gg/L. de titanio.¹⁷

Los cierres, botones, joyas, etc, son las fuentes más comunes de exposición al níquel. El sudor juega un rol importante en la liberación del níquel, proveniente de estos elementos.^{14, 17} El contacto de estos elementos, ya sea a través del sudor o solo del contacto directo, con la dermis, provoca lo que se conoce como dermatitis de contacto que es el tipo IV de hipersensibilidad y alergias en los pacientes que presentan esta sensibilidad.²

2.6. ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA HIGIENE

En las aplicaciones dentales, los enjuagues, dentífricos y geles profilácticos que contienen flúor o clorhexidina, se utilizan generalmente para evitar las caries dentales o para reducir la sensibilidad dental. Los iones de flúor degradan la capa protectora de óxido de titanio con pequeñas cantidades de óxido de nitrógeno. Puede ocasionarse entonces una corrosión del arco de NiTi, por la liberación de los iones de flúor.³³

La topografía de la superficie de los alambres comerciales de NiTi que poseen una estructura química idéntica en la superficie (TiO_2 y pequeñas cantidades de NiO), no se corresponden con las variaciones de la resistencia a la corrosión en saliva artificial con flúor.³³

A pesar de que se produce una capa de protección de óxido de titanio, la degradación sigue, causada por un pH ácido, saliva, agua y comida en el medio ambiente, que pueden diluir la concentración de los iones de flúor. Por lo tanto, clínicamente, el rol del flúor en la corrosión dentro de la aparatología ortodóntica puede no ser tan importante como se sugiere en estudios in vitro.³

Los niveles de fluoruros dentro de la cavidad oral varían de acuerdo al tratamiento profiláctico. El flúor se usa en concentraciones de 1% en pasta dental y 2% en enjuagues bucales. Estas sustancias presentan un pH de 3.5 a 7. Los productos fluorados para la higiene dental pueden liberar iones que atacan la película de óxido que se forma sobre las superficies de titanio y esto sugiere por lo tanto una complicación. En un medio ácido, una pequeña cantidad de fluoruros induce a la formación de ácido hidrofluorhídrico (HF), el cual puede disolver la capa superficial de óxido, produciendo una serie de productos corrosivos, como el fluoruro de titanio u oxifluoruro de titanio.³⁴

Los iones de fluoruro de los productos profilácticos se reportaron como causantes de la corrosión y decoloración del titanio y sus aleaciones. La fuerza de fricción del TMA se ve aumentada en 0,2% con el uso de estos agentes. En una muestra de saliva al 6,5 de pH se observa cierto grado de corrosión de los alambres de NiTi, los cuales se ven igualmente afectados por los agentes profilácticos. En el movimiento dental ortodóntico, las aleaciones de alambres de titanio dan fuerzas ligeras y continuas con grandes cantidades de activación por largos períodos de

tiempo. Por lo tanto si el alambre se corroe por productos fluorados, va a aumentar la resistencia friccional sin importar el bracket que se utilice, causando que el movimiento dental no sea el esperado, o sea incluso más lento.³⁴

Los agentes fluorados profilácticos, en bajas cantidades, pueden afectar a las propiedades mecánicas de los arcos de Nitinol, ya que a pesar de la capa de óxido que se produce sobre estos alambres, los compuestos de fluoruros ionizados, como el fluoruro de sodio y el fluoruro de hidrógeno, pueden activar la superficie y causar una rápida corrosión.³⁵

Existen otros componentes que nos ayudan a la higiene oral. Uno de ellos es la clorhexidina. Esta se va a encontrar en el 0,2% en enjuagues bucales. La clorhexidina se utiliza ampliamente en la eliminación de *S. mutans* y *lactobacilli*, por medio de la suspensión de la glicólisis de las bacterias.³⁶

Otro componente novedoso es el xilitol. Uno de los métodos de prevención de caries es sustituir las sustancias endulzantes por sucrosa. Sin embargo, puede interferir en la producción de la capa de pasivación sobre brackets y alambres y producir interferencias en el movimiento por aumentar la fricción.³⁷

2.7. ABSORCIÓN DE ELEMENTOS TÓXICOS EN EL CUERPO

Es importante considerar realmente que cantidades de iones producto de un proceso de corrosión se liberan durante el tratamiento ortodóntico a partir de la aparatología utilizada.

El determinante crítico del metabolismo y de la acción tóxica de los metales es su vida media biológica, es decir, el tiempo que el organismo se toma para excretar la mitad de una cantidad acumulada.³⁸

2.7.1. ABSORCION SISTEMICA

La absorción sistémica se da por vía estomacal. Las rutas de administración y eliminación de sustratos, son aspectos importantes para el entendimiento de la reacción a los metales. El níquel no es una toxina acumulativa, se absorbe en el tracto gastrointestinal y se elimina a través de su ruta metabólica principal que son los riñones. Cerca del 90% se elimina a través de la orina.³⁸

Para pacientes sin exposición ocupacional al níquel, es decir, personas que no trabajan en áreas donde existe contacto con este elemento, el nivel medio de excreción de níquel es de 4.5 g/L (rango 1.9 - 9.6 g/L) según unos autores y hasta 50 g/L según otros. El níquel puede ser también eliminado a través del sudor y de la saliva, lo que puede contribuir al aumento de la excreción en áreas de alta temperatura.³⁸

En sujetos hipersensibles al níquel, se observa una clara respuesta posterior a la exposición de níquel en la cavidad oral, que se manifiesta principalmente con inflamación gingival. Se observaron reacciones con exposición de 4.0 mg de níquel, lo cual es una cantidad 10 veces más grande que la ingesta diaria. Algunos pacientes pueden reaccionar con cantidades menores, hasta de 1 mg y otros incluso con 0,3 mg. Antes de la exposición no se midió una diferencia significativa en el nivel de níquel en la orina o suero de las personas hipersensibles.¹ Las diferencias en los cambios de concentración en los niveles de excreción de estos iones metálicos, se debe probablemente al proceso de corrosión que es diferente en cada persona, a los coeficientes de solubilidad o a los mecanismos de excreción.³⁸

En la sangre y orina, la concentración de un metal son dependientes de parámetros individuales de cada paciente. Por ejemplo, en conejos el Ni tiende a tener alta afinidad por los riñones, mientras que el Mb es acumulado selectivamente en el bazo.¹

2.7.2. ABSORCIÓN LOCALIZADA

A nivel bucal se produce este tipo de absorción. Debido a la frecuencia elevada de hipersensibilidad cutánea al níquel, se han reportado algunos casos de lesiones orales en la literatura. Esto

puede ser explicado parcialmente por el hecho de que la concentración de níquel debe ser de 5 a 12 veces más grande para producir lesiones en la mucosa que en la piel.²⁵

Se plantea una duda para estas inquietudes. El níquel y el cromo se liberan durante el tratamiento ortodóntico y se absorben a través de la saliva y la corriente sanguínea. Se realizó un estudio³ en sujetos entre los 12 y 33 años, donde se recolectó muestras de saliva y sangre en una semana, un mes, un año y dos años posteriores al tratamiento ortodóntico. Los resultados demostraron que si había un aumento de la cantidad de Ni y Cr en el primer mes, comparados con la primera semana. Los niveles disminuyeron estadísticamente a los 2 años. Esto indica que el níquel puede ser detectado en la saliva pero no es capaz de absorberse a nivel de la corriente sanguínea.³

2.8. SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL

2.8.1. ALERGIAS

La prevalencia de alergias a metales es relativamente alta en la población en general. Se estima que el 17% de las mujeres y el 3% de los hombres son alérgicos al níquel y del 1-3% son alérgicos al cromo. Entre los pacientes que llegan a presentar dermatitis de contacto, estos porcentajes son mayores. En general, la alergia a los metales es básicamente un desorden

medioambiental a pesar de que varios estudios no han podido observar una mutación genómica asociada a ésta alteración. La interrogante que se plantea actualmente es si la dermatitis de contacto puede incluso desarrollarse como una dermatitis alérgica sistémica, lo cual conllevaría a complicaciones mayores, como implicaciones en los procesos de implantes o colocación de válvulas intracoronarias.³⁹

La sensibilización por contacto al níquel y al cromo se da básicamente por la influencia de sexo, edad, factores geográficos e históricos.³⁹

Durante el tratamiento de ortodoncia, los pacientes que presentan sensibilidad, presentan molestias en la cavidad oral, lo que perjudica al tratamiento y a la higiene oral. La humedad, calidez y estado aeróbico de la boca ofrece un ambiente favorable para la actividad de microorganismos. El biofilm bacteriano se adhiere con mayor facilidad en los pacientes con ortodoncia, volviéndose más grueso y de mayor permanencia en boca, favoreciendo la corrosión de la aparatología.¹⁵

La prevalencia de la alergia al níquel en el estudio de Janson en el 2008, fue de 17.2%, y la mayoría de individuos alérgicos fueron mujeres.²⁴ En el grupo alérgico presentado solo había un hombre que fue positivo en la prueba del parche.²⁴

La mayor sensibilidad del níquel por parte de las mujeres se debe al mayor contacto en el medio ambiente, como contactos con el detergente, joyas y otros objetos metálicos. En los hombres a pesar de no tener este tipo de contacto, pueden trabajar con níquel y presentar alergia al elemento.¹⁵

El níquel puede influir en la producción de reacciones inflamatorias a través del tratamiento ortodóntico. Dichas reacciones se caracterizan por hiperplasia gingival, cambios en el color, encías sangrantes.^{15,19}

De la misma forma, el níquel puede inducir a la producción de citoquinas interferon IF, incluyendo monocitos, macrófagos, células dendríticas incluyendo linfocitos T, al igual que interleuquinas IL2, IL5, IL10; esto quiere decir que se está produciendo una sobreestimulación del tejido de proliferación, lo que ocasiona hiperplasia gingival.¹⁵

La respuesta inflamatoria, desde un punto de vista inmunológico, se considera un tipo IV de hipersensibilidad. Esto se manifiesta como nickel allergic contact stomatitis (NiACS) (Estomatitis Alérgica de Contacto al Níquel), y su etiología y diagnóstico son de difícil establecimiento. En su fase inicial, las lesiones clínicas tienen diversas características dependiendo de la concentración e intensidad de la exposición, la presencia de barreras locales y el área involucrada.²⁵

El síntoma patognomónico es una sensación de quemazón en el cual el aspecto de la mucosa se vuelve incluso variable. Puede ir de un ligero eritema a lesiones brillantes con o sin edema. Rara vez se observan vesículas, pero si estuvieran presentes, se produce un área de rápida ruptura formando áreas de erosión. En casos crónicos la mucosa afectada está en contacto inmediato con el agente causal y aparece eritematosis o hiperqueratosis e incluso ulceraciones. Otro síntoma que puede estar presente es la dermatitis perioral y raramente parestesia.²⁵

El diagnóstico de los NiACS es complicado en la mucosa oral, sin embargo en la piel no es tan difícil. Las lesiones causadas por este tipo de alergia pueden confundirse con heridas mecánicas, lesiones autoinmunes, estomatitis aftosa o higiene oral pobre. La sensibilidad al níquel se ha evaluado a través de exámenes de biocompatibilidad, incluyendo tests de sensibilidad cutánea y reactividad al níquel en ensayos in vitro. Si el paciente ortodóntico presentase este tipo de sintomatología, la aparatología deberá ser removida inmediatamente.²⁵

Una historia alérgica previa puede ser un dato muy importante de los NiACS. La alergia al uso de ciertos aretes ha sido un dato de suma importancia para la historia alérgica del paciente. Una historia previa de alergia nos indica un paciente hipersensible al

níquel y por lo tanto a la aparatología ortodóntica. La mayoría de pacientes (69.2%) con manifestaciones clínicas de NiACS tenían una historia alérgica previa, solo 30.8% no reportaron alergias anteriores.²⁵

La reacción de hipersensibilidad al níquel se relaciona directamente con la presencia de este metal en el ambiente y puede ser causada por la ingestión o contacto directo con la piel o la mucosa. Se estima que entre el 4.5% al 28.5% de la población puede tener hipersensibilidad al níquel, con una mayor prevalencia en las mujeres. Mientras mayor sea el tiempo de contacto, mayor será el riesgo a sensibilizarse antes este elemento. El rango de edad en el que se observa mayor tendencia a esta hipersensibilidad es entre los 10 y 20 años de edad, que corresponde con el tiempo en que generalmente se realizan los tratamientos ortodónticos. Sin embargo no hay evidencia de que realmente sea el SS de la aparatología lo que induce a este tipo de reacción alérgica.²⁴

Se ha sugerido que el níquel tiene muchos efectos adversos, como se ha mencionado ya con anterioridad y hoy en día se ha enfatizado entre los pacientes que estén alertas a los posibles efectos adversos de ciertos materiales que contienen este elemento. Existe una lista en el estado de California (Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act), en la cual se

enumera los compuestos de níquel y cromo, como compuestos causantes de defectos al nacimiento, cáncer y otros daños al sistema reproductivo.³

La incidencia de reacciones adversas en pacientes ortodónticos se estimó en 1:100, con un 85% de estos incidentes atribuidos en su mayoría a dermatitis de contacto, incluyendo elementos extraorales como un AEO.³

El Cromo es el cuarto elemento más frecuente en el mundo y el tercero en causar sensibilización al metal. La frecuencia de esta sensibilización al Cr se estima en 0,6% - 1,5%, y se relaciona con la exposición al Cr III o VI el cual está presente en la industria del metal y el cual en medio húmedo puede volverse soluble.⁴⁰

La alergia al Cromo (dicromato potásico) es usualmente causal de dermatitis de contacto, ya que este se encuentra presente en gran cantidad de sustancias de uso industrial y doméstico. La primera reacción alérgica que se produce es un eczema que puede producir molestias al paciente ya que puede limitar su vida cotidiana y disminuir su rendimiento escolar.⁴¹

El cromo VI es bien conocido por ser un alergeno de contacto, siendo el principal causal de la dermatitis en bajas

concentraciones. El cromo VI en estado de oxidación en un medio húmedo y ácido (pH menor a 7), como el medio intraoral, se vuelve inestable y se transforma en Cr III.⁴²

El cloruro de Cr induce a una transformación de los linfocitos en relación a la alergia. En los cultivos celulares donde se realizan las pruebas de alergia, éstas se sensibilizan con 12,5µg/mL de cloruro de Cr y las respuestas de proliferación máxima se dan alrededor del día 7. Se produce una proliferación de linfocitos, producción de citoquinas de interferón y una menor respuesta en la actividad de las células T. Se produce así un estrés oxidativo que conlleva a la producción de especies reactivas al oxígeno, que consecuentemente causarán un daño al DNA y una oxidación de deterioro de los lípidos y las proteínas.⁴⁰

2.8.2. DISPOSICIÓN SISTÉMICA

Algunos factores predisponentes para los NiACS son:

- Predisposición familiar
 - La alergia de contacto puede ser heredada como un tipo de hipersensibilidad. Los hijos de padres hipersensibles a los metales níquel y cromo, presentan un 70% más de propensión a desarrollar este tipo de alergia.²⁴
- Sexo

- Mayor en mujeres que en hombres. Estadísticamente la diferencia es de (.076). Esto se da porque las mujeres tienen más contacto con alérgenos sensibilizadores.²⁵
- Edad²⁵
 - El grupo más predisponente va desde los 12 años a los 19 años, ya que ocurren el mayor número de cambios hormonales en ambos sexos.¹⁶
- Tiempo de contacto
 - Estimado en 23 a 29 meses en pacientes con aparatología fija
- Grupo Sanguíneo
 - Existe una asociación entre la susceptibilidad y el desarrollo de reacciones liquenoides con el grupo sanguíneo A, y esto ha elevado el interés asociado a la dermatitis de contacto, grupos sanguíneos y el factor Rh. Sin embargo no hay datos definitivos sobre esta suposición.²⁴

2.8.3. REPERCUSIONES

Existen diferencias en la forma en que la piel y la cavidad oral responden a los estímulos alérgenos. La rápida y completa formación de una película salival glicoproteínica puede actuar como una barrera de difusión. Esto sugiere que los iones de metal liberados de los brackets pueden no resultar en ningún

efecto biológico. Sin embargo se recomienda que las personas que presenten hipersensibilidad al níquel no debieran ser expuestas a este ion.¹¹

Para evitar la liberación de níquel, algunos fabricantes han diseñado brackets de cromo cobalto con porcentajes mínimos de níquel. Al ser este libre de níquel, va a reducir substancialmente la liberación de níquel in vivo, en comparación con los brackets de SS y va a ser más aceptable para el paciente hipersensible.¹¹

2.9. PROTOCOLO CLÍNICO

2.9.1. REPORTE DE UN CASO CLÍNICO

Mujer de 34 años es referida a la clínica Vaasa Central Hospital en Finland Oriental, por los síntomas de DTM y desórdenes oclusales. El diagnóstico oclusal determinó la presencia de mordida cruzada bilateral incluyendo los segundos premolares, y los primeros y segundos molares a ambos lados, así como apiñamiento severo de los incisivos mandibulares. Apiñamiento moderado de los incisivos superiores, Clase I con tendencia a clase III. Al análisis funcional presenta click de la ATM izquierda en apertura y ablandamiento de los músculos principales de la masticación a la palpación y durante la masticación. La historia médica refiere fiebre por administración de antihistamínicos, sospecha de alergia al níquel y fumadora regular.²

El plan de tratamiento, según Ehrnrooth en el 2009, consiste en una ERM seguida por tratamiento quirúrgico y ortodóntico. La ERM consistía en un tornillo de Hyrax II (Dentaurum 1.000SS; 1.003 DD/remanium; 1.002 SS, contenido de níquel del 8% al 10% Dentaurum Ispringen, Alemania). Cuatro bandas 18/8 SSOrmco.

Antes de la inserción del aparato, se probó la respuesta alérgica de la paciente al material, con las bandas en molares y premolares por 7 días y no se observó ninguna reacción adversa.

Una semana más tarde, posterior a la cementación del Hyrax, la paciente se despertó en la noche con una picazón en la cara y detectó un rash rojizo con pequeñas pápulas en la barbilla, mejillas y cuello. Reportó también síntomas en ojos y describió sensaciones similares a la alergia al polen de abedul. Sin embargo no presentó ningún síntoma o manifestación a nivel intraoral.

El aparato de Hyrax se removió inmediatamente y los síntomas desaparecieron en 4 o 5 días.²

A pesar de que el níquel es un alérgeno de contacto común, reacciones de hipersensibilidad fuertes que conlleven a la discontinuación de tratamiento son muy raras. Las precauciones

clínicas comunes son pruebas de sensibilidad antes de dar tratamiento fijo con bandas y brackets.²

Se ha sugerido que los pacientes fumadores juegan un role importante en mecanismos y reacciones alérgicas de contacto.

El aparato de Hyrax soldado a bandas, contiene soldadura de plata, que ha demostrado aumentar la liberación de níquel de arcos de SS.²

Es sorprendente no encontrar reacciones a nivel intraoral, sin embargo otros estudios han demostrado que las reacciones alérgicas al níquel se pueden dar a nivel de piel y no intraoral. Esto puede suceder por que el flujo salival puede reducir la concentración de iones de níquel liberados en la mucosa oral. Sin embargo, la inmunología de la mucosa oral puede diferir de la de la piel, porque la mucosa oral es potencialmente menos reactiva que la piel a contactos con alérgenos como el níquel.

El tratamiento ortodóncico no aumenta el riesgo de alergia al níquel, ni tampoco la alergia al níquel es un obstáculo para el tratamiento.²

2.9.2. MANEJO CLÍNICO DE ESTAS COMPLICACIONES

Los fabricantes están bien enterados de la susceptibilidad que presentan las aleaciones en sus varias formas a la corrosión y

han tomado en cuenta algunos pasos para combatir este proceso potencialmente destructivo incluyendo los siguientes:³

A. Sustitución o adición de las aleaciones

La adición de ciertos metales a una aleación puede reducir la susceptibilidad a la corrosión. La resistencia a la corrosión de los compuestos de NiTi es por la cantidad de titanio que va de 48% al 54%. El titanio puede formar distintas configuraciones de óxidos (TiO, TiO₂, Ti₂O₅). El dióxido de titanio es el óxido más estable y comúnmente formado.¹⁴

En el caso de aleaciones de SS, la adición del cromo y níquel aumenta la resistencia a la corrosión, contribuyendo a la formación de una capa de óxido mediante la pasivación y repasivación en el medio oral.²⁶

El níquel ayuda a la resistencia a la corrosión, compitiendo con el cromo a la formación de sales, aumentando los niveles de cromo para la pasivación. El oxígeno es necesario para iniciar lapasivación y mantener la capa de óxido formada sobre la aleación.³⁴

La adición de molibdeno al bracket 316L, ha reducido la cantidad de corrosión de fisuras.³³

El uso de soldadura de plata ya sea en la unión de la base y el cuerpo del bracket, produce mayor corrosión galvánica, la cual se ve disminuida si se utiliza suelda de láser.³

B. Recubrimientos

Los arcos y brackets pueden estar cubiertos con nitrato de titanio o con una resina epóxica. El primero se utiliza para mejorar la dureza y reducir la fricción; el segundo se usa para mejorar la estética. Se realizó un estudio para determinar cual de las dos opciones es la más viable y se determinó que la opción de la resina epóxica disminuye realmente la tendencia a la corrosión. Sin embargo el desgaste de la resina lleva a que en algún punto el alambre se vea al descubierto provocando el mismo patrón de corrosión que en el SS.³⁴

Existen algunos brackets con un finalizado dorado producido por un electrodeposición de oro o plasma de nitrato de titanio sobre la superficie metálica.³¹

A pesar de que estos recubrimientos no están estudiados ampliamente, si se consideran opciones para mejorar los niveles de corrosión y la resistencia al desgaste del bracket.³

C. Microestructura

Algunos fabricantes usan diferentes grados de SS para la malla y otro para el bracket para evitar la corrosión galvánica, durante los cortes del slot y diseño de la malla por otra parte. Algunos por otra parte pulen eléctricamente los brackets para mejorar sus apariencias y reducir la susceptibilidad a la corrosión.³

D. Adición de un inhibidor a la corrosión dentro de la solución en la cual el material se va a desenvolver

En el medio bucal se crea un efecto similar gracias a algunas proteínas salivales, como amilasa y globulina, formando un biofilm que actúa como un inhibidor de la corrosión.³

La composición y grosor de este biofilm depende de las condiciones individuales de cada paciente. Los componentes orgánicos serían amidas, alcoholes y carbonatos con otras precipitaciones de cloruro de sodio, cloruro de potasio, y fosfato de calcio. Estos elementos “mineralizan” las superficies actuando como capa protectora especialmente en medios ácidos.³

E. Manejo del stress en alambres de NiTi y beta Titanio

Las alteraciones en el stress se traducen a transformaciones en la fase súper elástica, que puede verse alterada por la corrosión en diferentes formas. A pesar de que el alambre puede llevar a acabo todas estas funciones, se ven alteradas sus transformaciones de fase en un 67 % - 166%, lo cual es de extrema importancia en los requerimientos especiales del tratamiento, especialmente en las fases de alineación y nivelación.⁴³

2.9.3. MANEJO DE BRACKETS RECICLADOS

El reciclado de brackets metálicos es un tema actual de interés para nuestra profesión. Los efectos adversos presentados por el

reuso de estos brackets se analizan en varios estudios, que incluyen análisis de la fuerza tensil, corrosión y la propensión a la liberación de iones metálicos que pueden manchar los dientes o producir una reacción de hipersensibilidad en el tejido oral.¹¹

Estos son capaces de liberar mayores cantidades de cromo, sin embargo este sigue protegiendo a la capa superficial de la corrosión por su capacidad de pasivación.¹³

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar, mediante el análisis químico de espectroscopia de absorción atómica, la influencia que la aparatología ortodóntica produce sobre la liberación de iones metálicos de níquel y cromo, en saliva artificial de glándula parótida y en saliva artificial preparada de glándula submandibular, mediante varias mediciones a lo largo de 30 días.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1. Evaluar, mediante el uso del espectrofotómetro, si se produce liberación de níquel en la saliva artificial producida por la glándula Parótida, como consecuencia de la corrosión de la aparatología ortodóntica fija durante 30 días.

3.2.2. Evaluar, mediante el uso del espectrofotómetro, si se produce liberación de níquel en la saliva artificial producida por la glándula Submandibular, como consecuencia de la corrosión de la aparatología ortodóntica fija durante 30 días.

3.2.3. Evaluar, mediante el uso del espectrofotómetro, si se produce liberación de cromo en la saliva artificial producida por la glándula Parótida, como consecuencia de la corrosión de la aparatología ortodóntica fija durante 30 días.

3.2.4. Evaluar, mediante el uso del espectrofotómetro, si se produce liberación de cromo en la saliva artificial producida por la glándula Submandibular, como consecuencia de la corrosión de la aparatología ortodóntica fija durante 30 días.

3.2.5. Comparar, por medio de gráficos y tablas estadísticas el comportamiento de 3 marcas de brackets, 3M, Ortho Organizers y American Orthodontics, frente a la liberación de níquel durante 30 días.

3.2.6. Comparar, por medio de gráficos y tablas estadísticas el comportamiento de 3 marcas de brackets, 3M, Ortho Organizers y American Orthodontics, frente a la liberación de cromo durante 30 días.

3.2.7 Determinar, por medio de los porcentajes de liberación de níquel diario y en promedio, que marca de bracket liberó más cantidad de este elemento en saliva artificial submandibular.

3.2.8. Determinar, por medio de los porcentajes de liberación de níquel diario y en promedio, que marca de bracket liberó más cantidad de este elemento en saliva artificial parótida.

3.2.9. Determinar, por medio de los porcentajes de liberación de cromo diario y en promedio, que marca de bracket liberó más cantidad de este elemento en saliva artificial submandibular.

3.2.10. Determinar, por medio de los porcentajes de liberación de cromo diario y en promedio, que marca de bracket liberó más cantidad de este elemento en saliva artificial parótida.

4. HIPÓTESIS

La aparatología ortodóncica fija por un tiempo de 30 días en contacto con saliva artificial procedente de la glándula Parótida y de la glándula Submandibular, refleja mayor elevación en el porcentaje de iones metálicos libres de Níquel y Cromo en ambos tipos de saliva artificial.

5. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio tiene como finalidad determinar la cantidad diaria de níquel y cromo que liberan los brackets de la marca 3M, American

Orthodontics y Ortho Organizers, en relación a la solución a la cual son expuestos.

Mediante la liberación diaria de níquel y cromo, se podrá determinar la cantidad de estos elementos que los pacientes están recibiendo a más de los ingeridos en la dieta regular.

La importancia de este estudio radica en que en la actualidad algunos pacientes pueden presentar reacciones alérgicas y de sensibilización a varios elementos que constituyen parte importante en la elaboración de la aparatología ortodóntica. Para que los ortodoncistas puedan ofrecer el mejor tratamiento a sus pacientes, es necesario poner en su conocimiento que, ciertas reacciones cutáneas a ciertas aleaciones metálicas pueden ser indicio de alergia al níquel o al cromo. Es entonces imperativo para el clínico, añadir al examen clínico inicial una prueba de alergia a metales, para así poder brindar varias opciones de tratamiento a los pacientes.

La saliva Parótida y la saliva Submandibular en boca no pueden separarse, sin embargo cada una de éstas presenta un conducto de excreción diferente que se localiza en zonas anatómicas distintas. El objetivo de separar a éstas salivas en el estudio es determinar si existe una mayor liberación de níquel y/o cromo de los brackets que se encuentran más cerca de cada uno de estos conductos que excretan estas salivas de diferente composición.

De esta forma se podría entonces determinar el tipo de aparatología más conveniente para cada paciente. Individualizando cada caso, no solo en su diagnóstico y plan de tratamiento, sino en todo lo que abarca el tratamiento, podemos evitar reacciones alérgicas y de sensibilización que causan alteraciones a nivel de la mucosa y que pueden influir directamente en el tratamiento ortodóntico. El tipo de bracket que se recomiende a cada paciente, por lo tanto, debe ser más que una opción económica una opción de salud, ya que es nuestro objetivo primordial darles la mejor calidad de atención a nuestros pacientes.

Los pacientes que presentan cierta sensibilización ante alguno de estos elementos van a presentar inflamación gingival, que puede ser confundida con falta de higiene. Si la encía se presenta hipertrófica y el paciente refiere que su higiene es prolija, es necesario investigar las posibles razones de estos acontecimientos.

6. MARCO METODOLÓGICO

6.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio es experimental ya que las muestras serán sometidas al espectrofotómetro, observacional ya que realizamos varias observaciones de las muestras, analítico porque establecemos relaciones entre las variables de asociación y las comparamos. Longitudinal porque se realiza en un periodo de tiempo determinado y

de cohorte porque se realizan comparaciones de la frecuencia de determinado desenlace entre dos o más muestras.

6.2. MUESTRA

La muestra consiste en 3 marcas de brackets diferentes, 3M, Ortho Organizers y American Orthodontics, las cuales según el tipo de bracket proveniente del fabricante, se le asignó un tipo de saliva artificial específico para la zona en la boca en la cual ese bracket debería ser posicionado. Así obtenemos 3 grupos. El primer grupo corresponde al de saliva artificial de submandibular en el cual se colocaron los brackets para incisivos, El segundo grupo corresponde al de saliva artificial parótida en el cual se colocaron los brackets de premolares. El tercer grupo corresponde al de agua destilada donde se colocaron los brackets de caninos. El agua destilada nos sirve como muestra control para la comparación con los otros tipos de saliva artificial.

6.2.1. GRUPOS DE ESTUDIO

Las muestras fueron divididas en 3 grupos de estudio repartidos según la marca de los brackets. Cada juego de brackets tiene 20 unidades, las cuales se dividieron en 3 soluciones, según la zona en la cual el bracket debería ser posicionado. Las soluciones fueron saliva artificial de glándula submandibular, saliva artificial de glándula parótida y agua destilada en las muestras del grupo control para poder determinar una diferencia más clara.

GRUPO 1 3M

- 4 muestras Grupo Control en Agua Destilada (brackets de caninos)
- 8 muestras Grupo de Saliva Submandibular (brackets de incisivos)
- 8 muestras Grupo de Saliva Parótida (Brackets de premolares)

GRUPO 2 AMERICAN ORTHODONTICS

- 4 muestras Grupo Control en Agua Destilada (brackets de caninos)
- 8 muestras Grupo de Saliva Submandibular (brackets de incisivos)
- 8 muestras Grupo de Saliva Parótida (brackets de premolares)

GRUPO 3 ORTHO ORGANIZERS

- 4 muestras Grupo Control en Agua Destilada (brackets de caninos)
- 8 muestras Grupo de Saliva Submandibular (brackets de incisivos)
- 8 muestras Grupo de Saliva Parótida (brackets de premolares)

6.2.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Brackets metálicos marca 3M ESPE Unitek Miniature Twin Metal Brackets slot 0,022”
- Brackets metálicos marca Ortho Organizers Elite Opti MIM Low Profile Set slot 0,022”
- Brackets metálicos marca American Orthodontics Master / Mini Master Series slot 0,022”

6.2.3. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Brackets metálicos de otras marcas
- Brackets cerámicos
- Brackets con otras especificaciones en hojas MSDS (Material Safety Data Sheets)

6.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Tres juegos de brackets de marcas distintas se utilizaron para medir la cantidad de iones libres de níquel y cromo que se liberan a partir de la aparatología ortodóntica en contacto con una solución ácida como la saliva. La primera marca es 3M ESPE Unitek Miniature Twin Metal Brackets slot 0,022" Roth (Figura 1), la segunda es American Orthodontics Master / Mini Master Series slot 0,022" Roth (Figura 2) y la tercera marca es Ortho Organizers Elite Opti MIM Low Profile Set slot 0,022" Roth (Figura 3).

Las especificaciones de los porcentajes de cada uno de los metales dentro de las aleaciones de estos brackets se encuentran en las hojas MSDS, que corresponden a las hojas de datos de seguridad del material. (Tablas 1–3).

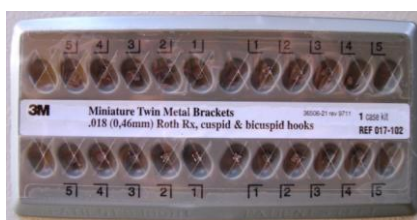


Figura 1. Fotografía de juego de brackets 3M

- MSDS ^{6,7, 44} MATERIAL SAFETY DATA SHEETS

Cobre	3,84%
Cromo	16,84%
Manganeso	Rastro
Silicon	1,65 %
Níquel	4,45 %
Hierro	73,12 %
Titanio	Rastro

Tabla 1. Tabla de porcentajes de la composición química de los brackets 3M



Figura 2. Fotografía de juego de brackets American Orthodontics

- MSDS⁵

Cobalto	0 – 5%
Cromo	13 – 23%
Molibdeno	0 – 5 %
Silicon	0 – 5 %
Níquel	3 – 15 %
Hierro	50 – 80 %
Manganeso	0 – 5 %
Cobre	0 – 5%

Aluminio	0 – 5%
----------	--------

Tabla 2. Tabla de porcentajes de la composición química de los brackets American Orthodontics



Figura 3. Fotografía de juego de brackets Ortho Organizers

- MSDS⁸

Cobalto	60 – 70%
Cromo	22 – 30%
Molibdeno	4 – 8 %
Silicon	0,1 – 2 %
Níquel	0 – 0,5 %
Hierro	0,2 – 2 %
Manganeso	0 – 0,5 %
Carbono	Rastro

Tabla 3. Tabla de porcentajes de la composición química de los brackets Ortho Organizers

El día antes de colocar las muestras del estudio se procedió a pesar cada uno de los brackets en la balanza digital Sartorius modelo CP423S (Figura 4) para poder sacar el peso del níquel y del cromo en base a los porcentajes de estos elementos según las hojas MSDS de los fabricantes. El peso del níquel y cromo se obtuvieron en base a una regla de tres en la cual se multiplica el peso del bracket por el

porcentaje del elemento según el fabricante y se divide para 100, y se obtiene el peso de Níquel o Cromo en gramos. ^{5,6,7,8,44}



Figura 4. Fotografía de Balanza Sartorius Modelo CP423S



Figura 5. Fotografía de medidor de Ph HANNA INSTRUMENTS 8519

				Peso Bk	% Ni	Peso Ni	
		Marca	# Muestra	Gr	4,45%	Gr	
Grupo Control	C1	3M	3	0,051		0,0022695	
	C2	3M	8	0,052		0,002314	
	C3	3M	13	0,052		0,002314	
	C4	3M	18	0,051		0,0022695	
Saliva	S1	3M	4	0,052		0,002314	
	Submandibular	S2	3M	5	0,046		0,002047
		S3	3M	6	0,045		0,0020025
	S4	3M	7	0,052		0,002314	
	S5	3M	14	0,048		0,002136	
Saliva Parótida	S6	3M	15	0,047		0,0020915	
	S7	3M	16	0,048		0,002136	
	S8	3M	17	0,047		0,0020915	
Saliva Parótida	P1	3M	1	0,05		0,002225	
	P2	3M	2	0,05		0,002225	

	P3	3M	9	0,05		0,002225
	P4	3M	10	0,05		0,002225
	P5	3M	11	0,045		0,0020025
	P6	3M	12	0,047		0,0020915
	P7	3M	19	0,047		0,0020915
	P8	3M	20	0,049		0,0021805

Tabla 4. Tabla de peso del níquel de los brackets 3M

				Peso Bk	% Cr	Peso Cr
				Gr	16,84%	Gr
Grupo Control	C1	3M	3	0,051		0,0085884
	C2	3M	8	0,052		0,0087568
	C3	3M	13	0,052		0,0087568
	C4	3M	18	0,051		0,0085884
Saliva	S1	3M	4	0,052		0,0087568
Submandibular	S2	3M	5	0,046		0,0077464
	S3	3M	6	0,045		0,007578
	S4	3M	7	0,052		0,0087568
	S5	3M	14	0,048		0,0080832
	S6	3M	15	0,047		0,0079148
	S7	3M	16	0,048		0,0080832
	S8	3M	17	0,047		0,0079148
Saliva Parótida	P1	3M	1	0,05		0,00842
	P2	3M	2	0,05		0,00842
	P3	3M	9	0,05		0,00842
	P4	3M	10	0,05		0,00842
	P5	3M	11	0,045		0,007578
	P6	3M	12	0,047		0,0079148
	P7	3M	19	0,047		0,0079148
	P8	3M	20	0,049		0,0082516

Tabla 5. Tabla de peso del cromo de los brackets 3M

				Peso Bk	% Ni	Peso Ni
				Gr	9%	Gr
	C1	AO	3	0,054		0,00486
	C2	AO	8	0,055		0,00495
Grupo Control	C3	AO	13	0,058		0,00522
	C4	AO	18	0,057		0,00513
	S1	AO	4	0,054		0,00486
	S2	AO	5	0,055		0,00495
Saliva	S3	AO	6	0,056		0,00504
Submandibular	S4	AO	7	0,056		0,00504

	S5	AO	14	0,051		0,00459
	S6	AO	15	0,051		0,00459
	S7	AO	16	0,051		0,00459
	S8	AO	17	0,051		0,00459
	P1	AO	1	0,066		0,00594
	P2	AO	2	0,066		0,00594
Saliva Parótida	P3	AO	9	0,065		0,00585
	P4	AO	10	0,066		0,00594
	P5	AO	11	0,061		0,00549
	P6	AO	12	0,065		0,00585
	P7	AO	19	0,066		0,00594
	P8	AO	20	0,066		0,00594

Tabla 6. Tabla de peso del níquel de los brackets American Orthodontics

				Peso Bk	% Cr	Peso Cr
				Gr	18%	Gr
Grupo Control	C1	AO	3	0,054		0,00972
	C2	AO	8	0,055		0,0099
	C3	AO	13	0,058		0,01044
	C4	AO	18	0,057		0,01026
Saliva	S1	AO	4	0,054		0,00972
Submandibular	S2	AO	5	0,055		0,0099
	S3	AO	6	0,056		0,01008
	S4	AO	7	0,056		0,01008
	S5	AO	14	0,051		0,00918
	S6	AO	15	0,051		0,00918
	S7	AO	16	0,051		0,00918
	S8	AO	17	0,051		0,00918
Saliva Parótida	P1	AO	1	0,066		0,01188
	P2	AO	2	0,066		0,01188
	P3	AO	9	0,065		0,0117
	P4	AO	10	0,066		0,01188
	P5	AO	11	0,061		0,01098
	P6	AO	12	0,065		0,0117
	P7	AO	19	0,066		0,01188
	P8	AO	20	0,066		0,01188

Tabla 7. Tabla de peso del cromo de los brackets American Orthodontics

				Peso Bk	% Ni	Peso Ni
				Gr	0,25	gr
Grupo Control	C1	OO	3	0,081		0,0002025
	C2	OO	8	0,073		0,0001825

	C3	OO	13	0,085		0,0002125
	C4	OO	18	0,085		0,0002125
Saliva	S1	OO	4	0,07		0,000175
Submandibular	S2	OO	5	0,068		0,00017
	S3	OO	6	0,07		0,000175
	S4	OO	7	0,066		0,000165
	S5	OO	14	0,059		0,0001475
	S6	OO	15	0,059		0,0001475
	S7	OO	16	0,059		0,0001475
	S8	OO	17	0,059		0,0001475
Saliva Parótida	P1	OO	1	0,088		0,00022
	P2	OO	2	0,088		0,00022
	P3	OO	9	0,088		0,00022
	P4	OO	10	0,088		0,00022
	P5	OO	11	0,076		0,00019
	P6	OO	12	0,084		0,00021
	P7	OO	19	0,079		0,0001975
	P8	OO	20	0,081		0,0002025

Tabla 8. Tabla de peso del níquel de los brackets Ortho Organizers

				Peso Bk	% Cr	Peso Cr
				Gr	26%	Gr
Grupo Control	C1	OO	3	0,081		0,02106
	C2	OO	8	0,073		0,01898
	C3	OO	13	0,085		0,0221
	C4	OO	18	0,085		0,0221
Saliva	S1	OO	4	0,07		0,0182
Submandibular	S2	OO	5	0,068		0,01768
	S3	OO	6	0,07		0,0182
	S4	OO	7	0,066		0,01716
	S5	OO	14	0,059		0,01534
	S6	OO	15	0,059		0,01534
	S7	OO	16	0,059		0,01534
	S8	OO	17	0,059		0,01534
Saliva Parótida	P1	OO	1	0,088		0,02288
	P2	OO	2	0,088		0,02288
	P3	OO	9	0,088		0,02288
	P4	OO	10	0,088		0,02288
	P5	OO	11	0,076		0,01976
	P6	OO	12	0,084		0,02184
	P7	OO	19	0,079		0,02054
	P8	OO	20	0,081		0,02106

Tabla 9. Tabla de peso del cromo de los brackets Ortho Organizers

El primer día del estudio se preparó saliva artificial de Parótida (Figura 6) y Submandibular (Figura 7) según las tablas de Ciba Geigy²³ con el Dr. Carlos Fabara, Coordinador del Departamento de Química de la USFQ. Se utilizan 2 balones volumétricos de 1L, agitador Magnetic Stirrer WD 00689 – 00 OAKTON, el medidor de pH HANNA Instruments 8519 (Figura 5).



Figura 6. Fotografía de los compuestos para elaborar saliva Parótida



Figura 7. Fotografía de los compuestos para elaborar saliva Submandibular

Las composiciones de cada saliva se observan en las tablas 10 y 11.

Saliva Parótida

Bicarbonato de Sodio	NaHCO_3	2,856 g
Cloruro de Potasio	KCl	0,99 g
Cloruro de Calcio	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,190 g
Cloruro de Magnesio	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	7,1 mg

Agua Destilada		1 L
pH	6,76	Ajustado con ácido láctico

Tabla 10. Composición Saliva Parótida

Saliva Submandibular

Bicarbonato de Sodio	NaHCO_3	1,201 g
Cloruro de Potasio	KCl	1,072g
Cloruro de Calcio	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,243 g
Cloruro de Magnesio	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	7 mg
Fosfato	Na_2HPO_4	0,280 g
Agua Destilada		1 L
pH	6,66	Ajustado con ácido láctico

Tabla 11. Composición Saliva Submandibular

Se obtuvieron 60 envases de orina para colocar las muestras con las salivas artificiales preparadas. (Figura 8). Se coloca 40 ml de solución de saliva Submandibular en cada uno de 8 envases. Se coloca 40 ml de solución de saliva Parótida en cada uno de 8 envases. Se coloca 40 ml de agua destilada en cada uno de 4 envases, para poder comparar las muestras de las diferentes salivas con un grupo control para darnos datos importantes en los valores liberados de los iones analizados. Dándonos así un total de 20 muestras de la marca 3M. El mismo procedimiento se realiza para las otras dos marcas, American Orthodontics y Ortho Organizers. Estas muestras se colocan en el laboratorio de Química de la USFQ a las 3

pm a una temperatura ambiente de 21°, en dos cajones oscuros sin contaminación de luz o aire.



Figura 8. Fotografía de los envases de las muestras

A los cuatro días de iniciado el estudio, se procede a determinar, luego de hacer la curva de calibración en el espectrofotómetro Buck Scientific modelo 210VGP (Figura 9), mediante absorción atómica, la cantidad de níquel y cromo presente en la saliva por medio de lámparas de cátodo hueco (HCL), de níquel y cromo.



Figura 9. Fotografía de Espectrofotómetro Buck Scientific 210VGP



Figura 10. Investigador observando los resultados en el espectrofotómetro

El níquel se mide en una longitud de onda de 232 nm (nanómetros) y el cromo en una longitud de onda de 357.9 nm.

Se continúa haciendo mediciones pasando un día, hasta 30 días después, obteniendo 10 observaciones. Todas las mediciones se realizaron en el laboratorio de Química de la USFQ a cargo del Dr. Carlos Fabara, entre las 10 am y 12 am, ya que en ese horario se podía utilizar el laboratorio. (Figura 10)

Posteriormente se introducen los datos en el programa SPSS 17.0 (Figura 11) y se analizan estadísticamente.



Figura 1. Programa Estadístico SPSS 17.0

6.4. TABLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ANEXOS

7. RESULTADOS

7.1. Liberación de iones de níquel en Agua destilada

El gráfico 1 y las tablas 18 y 19 demuestran como se comportan las muestras en presencia de Agua destilada, constituyendo así la muestra control. Las 3 marcas demostraron un incremento en el peso del elemento en la solución a partir del primer día de observación, que corresponde al cuarto día de permanecer bajo estudio.

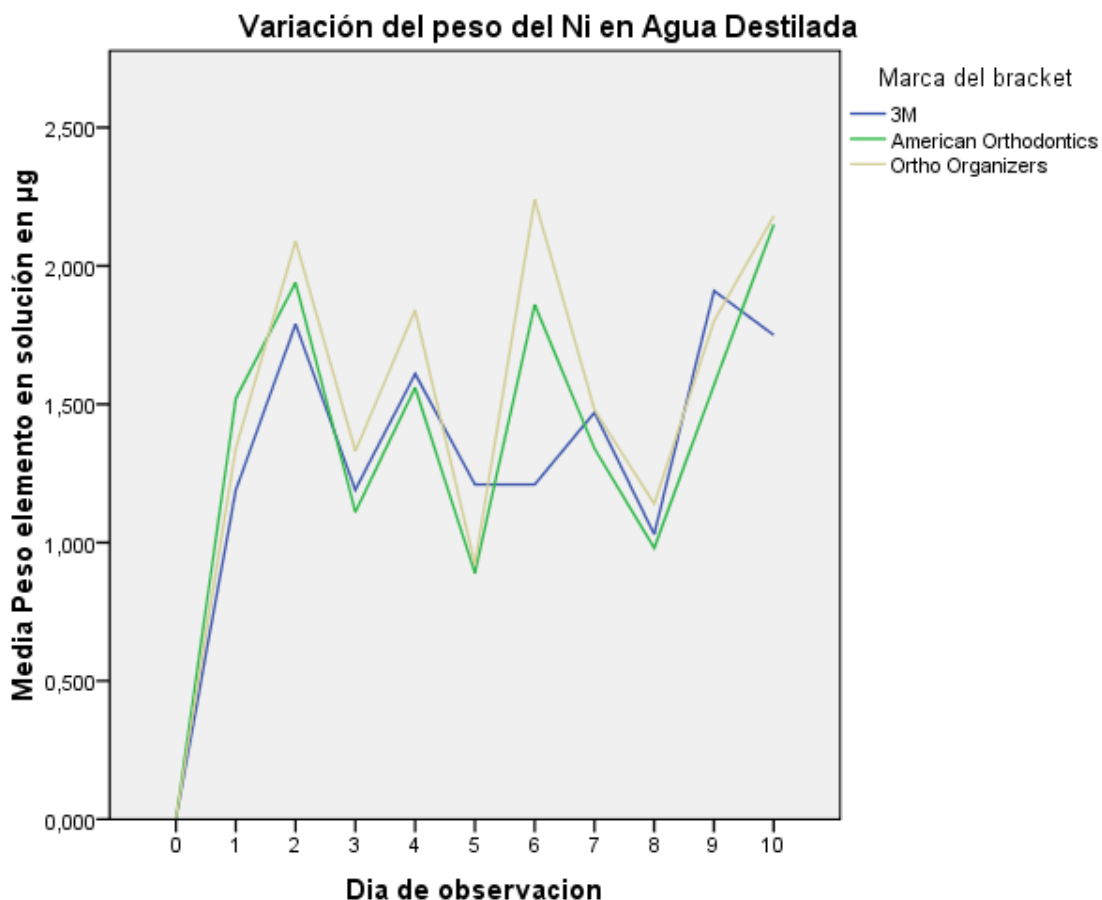


Gráfico 1. Cantidad de níquel liberado durante 28 días en Agua Destilada

		Dia de observacion											Promedio	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	
		Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	
Marca del bracket	3M	,000	1,190	1,790	1,190	1,610	1,210	1,210	1,470	1,030	1,910	1,750	1,436	
	American Orthodontics	,000	1,520	1,940	1,110	1,560	,890	1,860	1,340	,980	1,570	2,150	1,492	
	Ortho Organizers	,000	1,340	2,090	1,330	1,840	,920	2,240	1,480	1,140	1,800	2,180	1,636	

Tabla 12. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Agua Destilada

AGUA DESTILADA	
Marca del bracket	Promedio de la media
3M	1,436 µg

American Orthodontics	1,492 μg
Ortho Organizers	1,636 μg
Promedio de las 3 marcas	1,521 μg

Tabla 13. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Agua Destilada

El promedio de liberación de la marca 3M es 1,436 μg por día durante 28 días de observaciones. La marca American Orthodontics tuvo en promedio 1,492 μg ; mientras Ortho Organizers demostró 1,636 μg .

3M tuvo la mayor eliminación de níquel el noveno día de observación, correspondiente al día 26 con 1,910 μg . American Orthodontics presentó 2,150 μg el día 28 como la mayor cantidad liberada mientras Ortho Organizers liberó 2,340 μg el día 17. La marca que dentro de este estudio tuvo mayor liberación de níquel fue Ortho Organizers cuando sus brackets seleccionados para esta muestra se relacionaron con Agua destilada, sin embargo en promedio la marca que demuestra mayor liberación de níquel en agua destilada es American Orthodontics. Las tres marcas se comportan de manera similar aumentando progresivamente hasta el segundo día de observación y posteriormente se comportan de manera similar pero con incrementos y descensos en las lecturas de absorción atómica del espectrofotómetro.

Si realizamos un promedio de la media de la liberación diaria de Níquel en Agua destilada observamos que este es 1,521 μg entre las tres marcas de los brackets utilizados como muestra en este estudio.

7.2. Liberación de iones de níquel en Saliva artificial Submandibular

El gráfico 2 y las tablas 20 y 21, demuestran como se comportan las muestras en presencia de Saliva Submandibular. Las 3 marcas demostraron un incremento en el peso del elemento en la solución a partir del primer día de observación, que corresponde al cuarto día de permanecer bajo estudio.

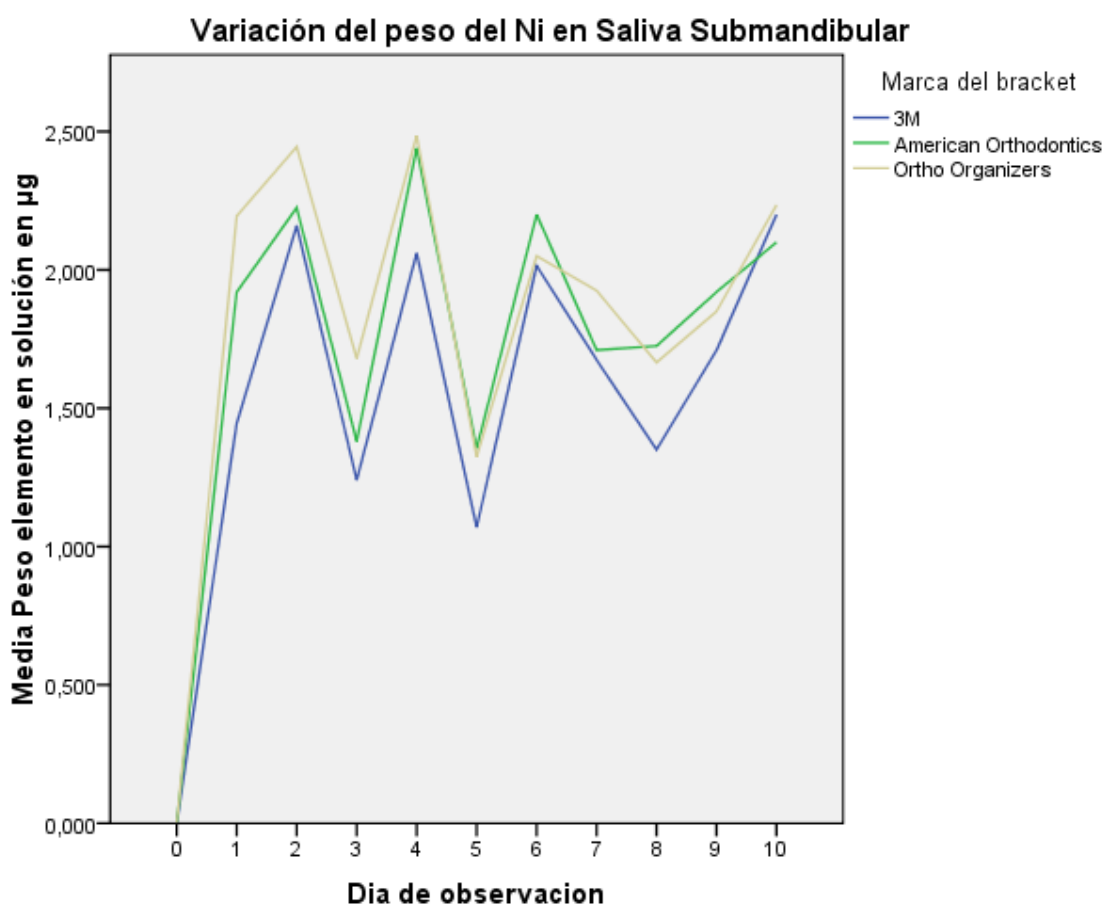


Gráfico 2. Cantidad de níquel liberado durante 28 días en Saliva Submandibular

		Dia de observacion											Promedio
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	
		Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Marca del bracket	3M	,000	1,445	2,160	1,240	2,060	1,070	2,015	1,675	1,350	1,710	2,200	1,693
	American Orthodontics	,000	1,920	2,225	1,380	2,440	1,355	2,200	1,710	1,725	1,920	2,100	1,898
	Ortho Organizers	,000	2,195	2,445	1,680	2,485	1,325	2,050	1,925	1,665	1,850	2,235	1,986

Tabla 14. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Submandibular

SALIVA SUBMANDIBULAR	
Marca del bracket	Promedio de la media
3M	1,693 µg
American Orthodontics	1,898 µg
Ortho Organizers	1,986 µg
Promedio de las 3 marcas	1,859 µg

Tabla 15. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Submandibular

El promedio de liberación de la marca 3M es 1,693 µg por día durante 28 días de observaciones. La marca American Orthodontics tuvo en promedio 1,898 µg; mientras que Ortho Organizers obtuvo 1,986 µg. 3M tuvo la mayor eliminación de níquel el décimo día de observación, correspondiente al día 28 con 2,200 µg. American Orthodontics presentó 2,440 µg el día 12 mientras Ortho Organizers liberó 2,485 µg el día 12, correspondiente al cuarto día de observaciones ambos. Ortho Organizers es la marca que dentro de este estudio manifiesta la mayor liberación de níquel de los brackets participantes en esta muestra cuando se exponen a Saliva Submandibular.

Las muestras de las tres marcas en promedio en Saliva Submandibular liberaron durante 28 días de observación 1,859 μg en este estudio.

7.3. Liberación de iones de níquel en Saliva artificial Parótida

El gráfico 3 y las tablas 22 y 23, demuestran como se comportan las muestras en presencia de Saliva Parótida. Las 3 marcas demostraron un incremento en el peso del elemento en la solución a partir del primer día de observación, que corresponde al cuarto día de permanecer bajo estudio.

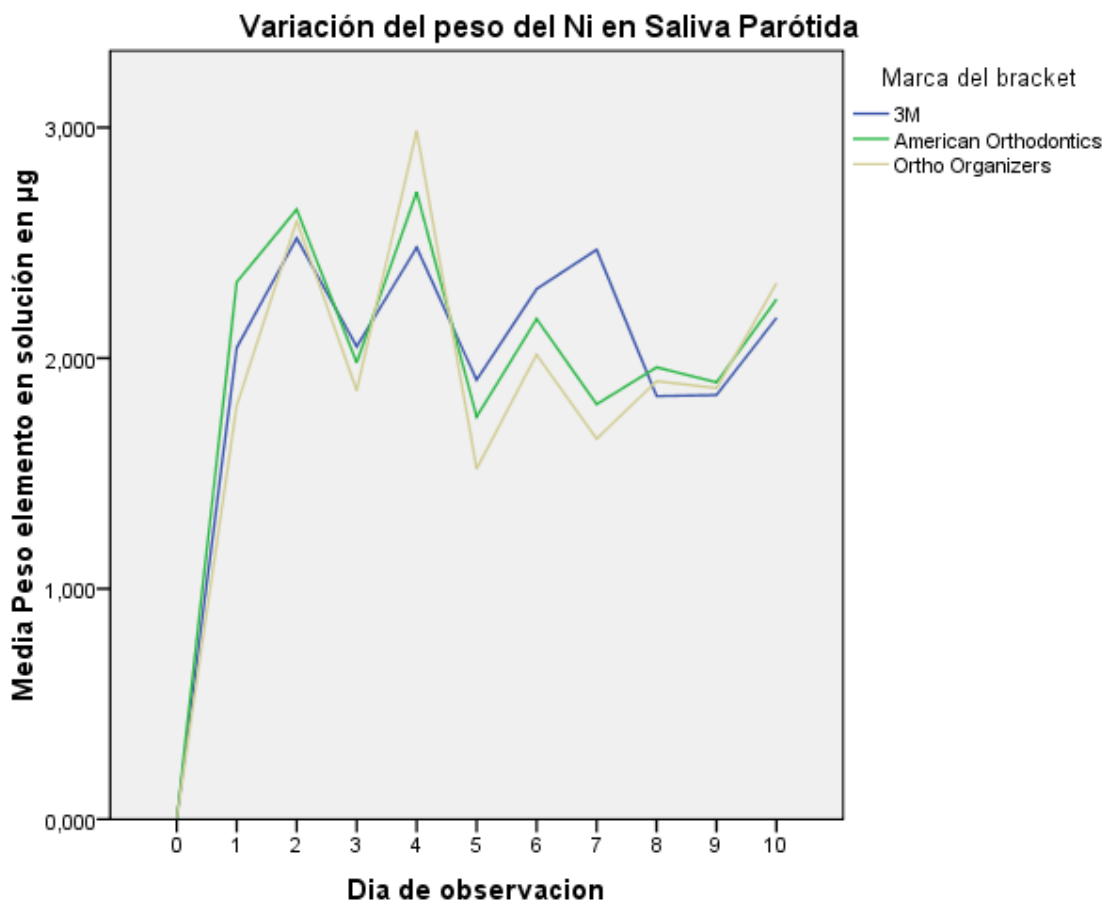


Gráfico 3. Cantidad de níquel liberado durante 28 días en Saliva Parótida

		Dia de observacion											Promedio	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	
		Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	
Marca del bracket	3M	,000	2,045	2,520	2,050	2,480	1,905	2,300	2,470	1,835	1,840	2,175	2,162	
	American Orthodontics	,000	2,330	2,645	1,980	2,720	1,745	2,170	1,800	1,960	1,895	2,255	2,150	
	Ortho Organizers	,000	1,795	2,595	1,860	2,985	1,520	2,015	1,650	1,900	1,870	2,325	2,052	

Tabla 16. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Parótida

SALIVA PARÓTIDA	
Marca del bracket	Promedio de la media
3M	2,162 µg
American Orthodontics	2,150 µg

Ortho Organizers	2,052 μg
Promedio de las 3 marcas	2,121 μg

Tabla 17. Tabla de promedios diarios de liberación de níquel durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Parótida

El promedio de liberación de la marca 3M es 2,162 μg por día durante 28 días de observaciones. La marca American Orthodontics tuvo en promedio 2,150 μg ; mientras que Ortho Organizers obtuvo 2,052 μg .

3M tuvo la mayor eliminación de níquel el segundo día de observación, correspondiente al día 7 con 2,520 μg . American Orthodontics presentó 2,720 μg el día 12 mientras Ortho Organizers liberó 2,985 μg el día 12, correspondiente al cuarto día de observaciones ambos. Ortho Organizers es la marca que dentro de este estudio manifiesta la mayor liberación de níquel de los brackets participantes en esta muestra cuando se exponen a Saliva Parótida.

Las muestras de las tres marcas en promedio en Saliva Parótida liberaron durante 28 días de observación 2,121 μg en este estudio.

7.4. Liberación de iones de cromo en agua destilada

El gráfico 4 y las tablas 24 y 25, demuestran como se comportan las muestras en presencia de Agua Destilada. Las 3 marcas demostraron un incremento en el peso del elemento en la solución a partir del primer día de observación, que corresponde al cuarto día de permanecer bajo estudio.

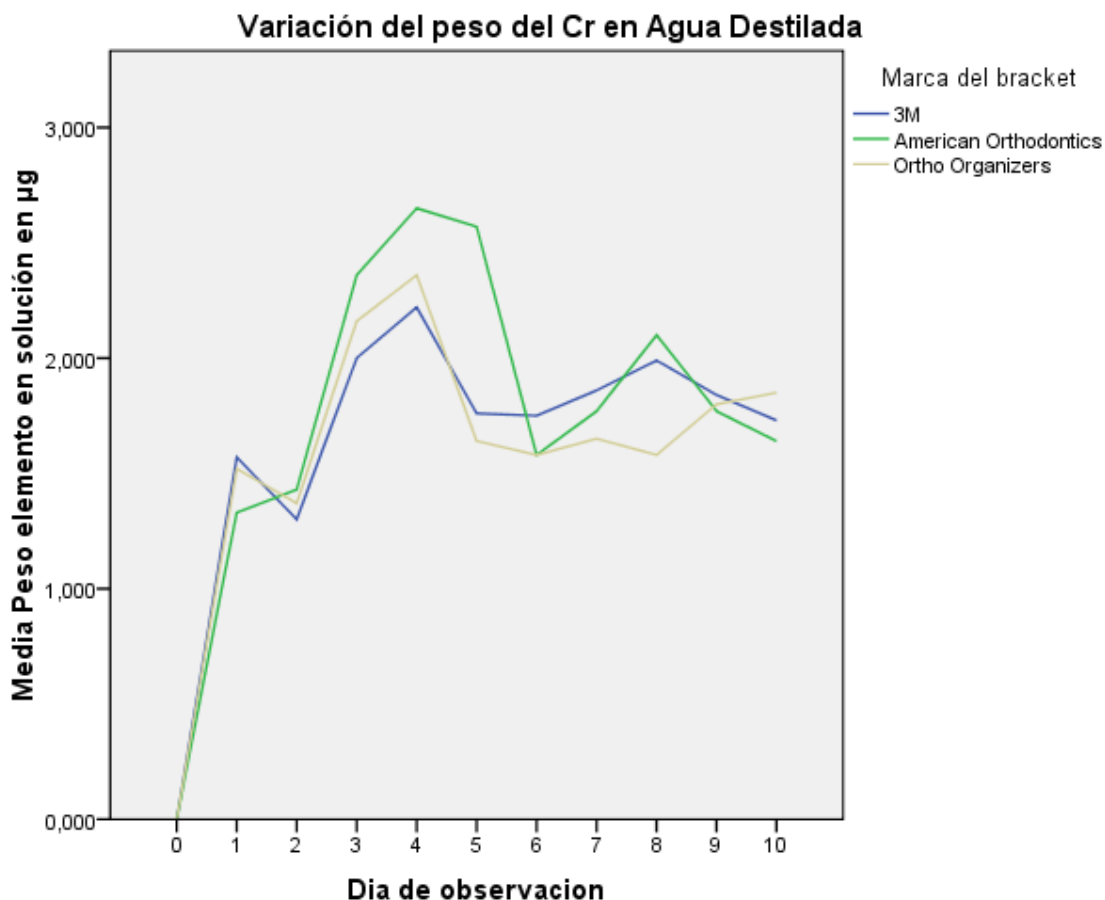


Gráfico 4. Cantidad de cromo liberado durante 28 días en Agua Destilada

Marca del bracket	Dia de observacion													Promedio
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
3M	.000	1,570	1,300	2,000	2,220	1,760	1,750	1,860	1,990	1,840	1,730	1,802		
American Orthodontics	.000	1,330	1,430	2,360	2,650	2,570	1,580	1,770	2,100	1,770	1,640	1,920		
Ortho Organizers	.000	1,520	1,370	2,160	2,360	1,640	1,580	1,650	1,580	1,800	1,850	1,751		

Tabla 18. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Agua Destilada

AGUA DESTILADA	
Marca del bracket	Promedio de la media
3M	2,220 µg
American Orthodontics	2,650 µg

Ortho Organizers	1,751 μg
Promedio de las 3 marcas	1,824 μg

Tabla 12. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Agua Destilada

El promedio de liberación de cromo en agua destilada, de la marca 3M es 1,802 μg por día durante 28 días de observaciones. La marca American Orthodontics tuvo en promedio 1,920 μg ; mientras que Ortho Organizers obtuvo 1,751 μg . 3M tuvo la mayor eliminación de cromo el cuarto día de observaciones, al igual que American Orthodontics y Ortho Organizers. Este día se corresponde con el doceavo día de colocadas las muestras. El valor de 3M fue de 2,220 μg , American Orthodontics presentó 2,650 μg y Ortho Organizers liberó 2,360 μg . American Orthodontics es la marca que en este estudio libera mayor cantidad de cromo de los brackets correspondientes a estas muestras cuando se exponen a Agua destilada.

Las muestras de las tres marcas en promedio en Agua Destilada liberaron durante 28 días de observación 1,859 μg en este estudio.

7.5. Liberación de iones de cromo en Saliva artificial Submandibular

El gráfico 5 y las tablas 26 y 27, demuestran como se comportan las muestras en presencia de Saliva Submandibular. Las 3 marcas demostraron un incremento en el peso del elemento en la solución a partir del primer día de observación, que corresponde al cuarto día de permanecer bajo estudio.

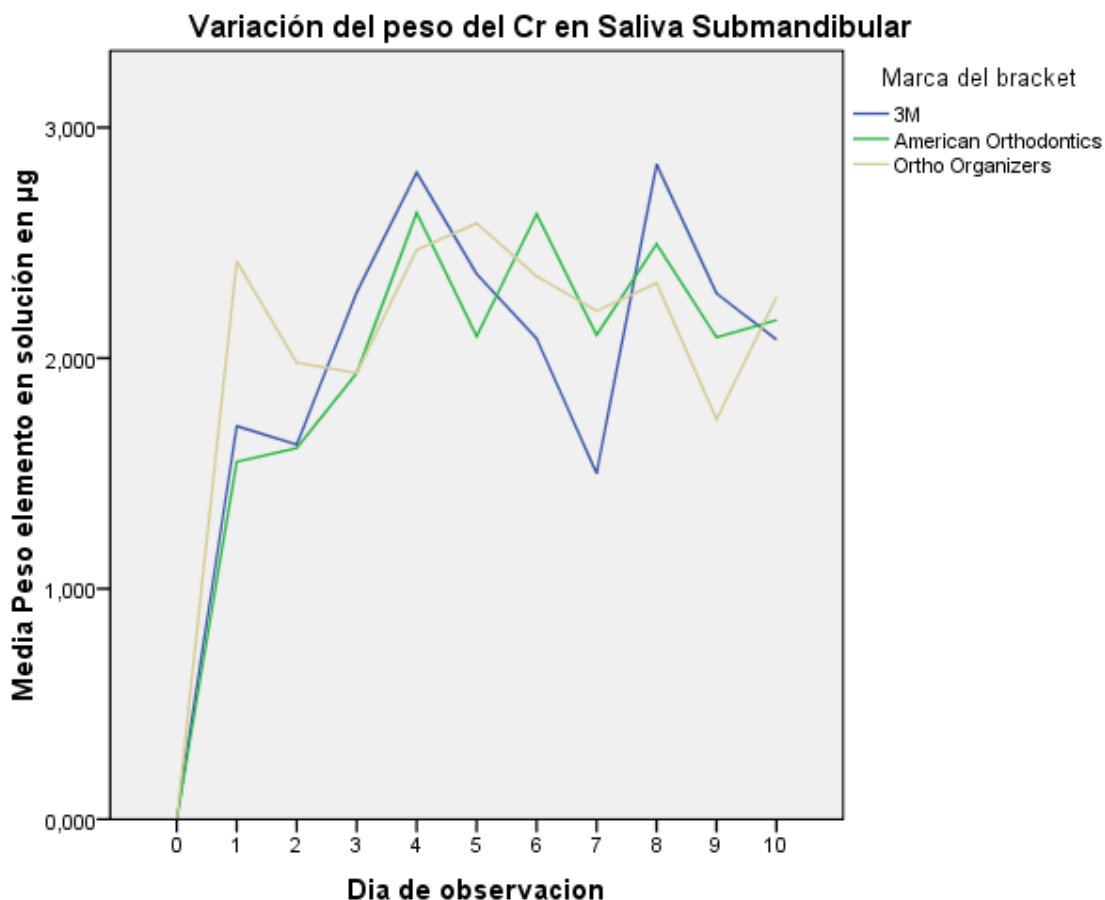


Gráfico 5. Cantidad de cromo liberado durante 28 días en Saliva Submandibular

		Dia de observacion											Promedio	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	
		Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	
Marca del bracket	3M	,000	1,705	1,625	2,285	2,805	2,365	2,085	1,500	2,840	2,280	2,080	2,157	
	American Orthodontics	,000	1,550	1,610	1,935	2,630	2,095	2,625	2,100	2,495	2,090	2,165	2,130	
	Ortho Organizers	,000	2,420	1,980	1,935	2,470	2,585	2,355	2,205	2,325	1,735	2,265	2,228	

Tabla 20. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Submandibular

SALIVA SUBMANDIBULAR	
Marca del bracket	Promedio de la media
3M	2,157 µg

American Orthodontics	2,130 µg
Ortho Organizers	2,228 µg
Promedio de las 3 marcas	2,060 µg

Tabla 21. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Submandibular

El promedio de liberación de cromo en Saliva Submandibular, de la marca 3M es 2,157 µg por día durante 28 días de observaciones. La marca American Orthodontics tuvo en promedio 2,130 µg; mientras que Ortho Organizers obtuvo 2,228 µg.

3M tuvo la mayor eliminación de cromo el octavo día de observaciones, correspondiente al día 24 de colocadas las muestras con 2,840 µg. American Orthodontics manifestó la mayor liberación el cuarto día de observaciones (12vo día de colocadas las muestras) con 2,630 µg y Ortho Organizers logró 2,585 µg el quinto día de observaciones correspondiente al día 14. 3M tuvo la mayor liberación de cromo en Saliva Submandibular dentro de las 3 marcas en este estudio.

Las muestras de las tres marcas en promedio en Saliva Submandibular liberaron durante 28 días de observación 2,060µg en este estudio.

7.6. Liberación de iones de cromo en Saliva artificial Parótida

El gráfico 6 y las tablas 28 y 29, demuestran como se comportan las muestras en presencia de Saliva Parótida. Las 3 marcas demostraron

un incremento en el peso del elemento en la solución a partir del primer día de observación, que corresponde al cuarto día de permanecer bajo estudio.

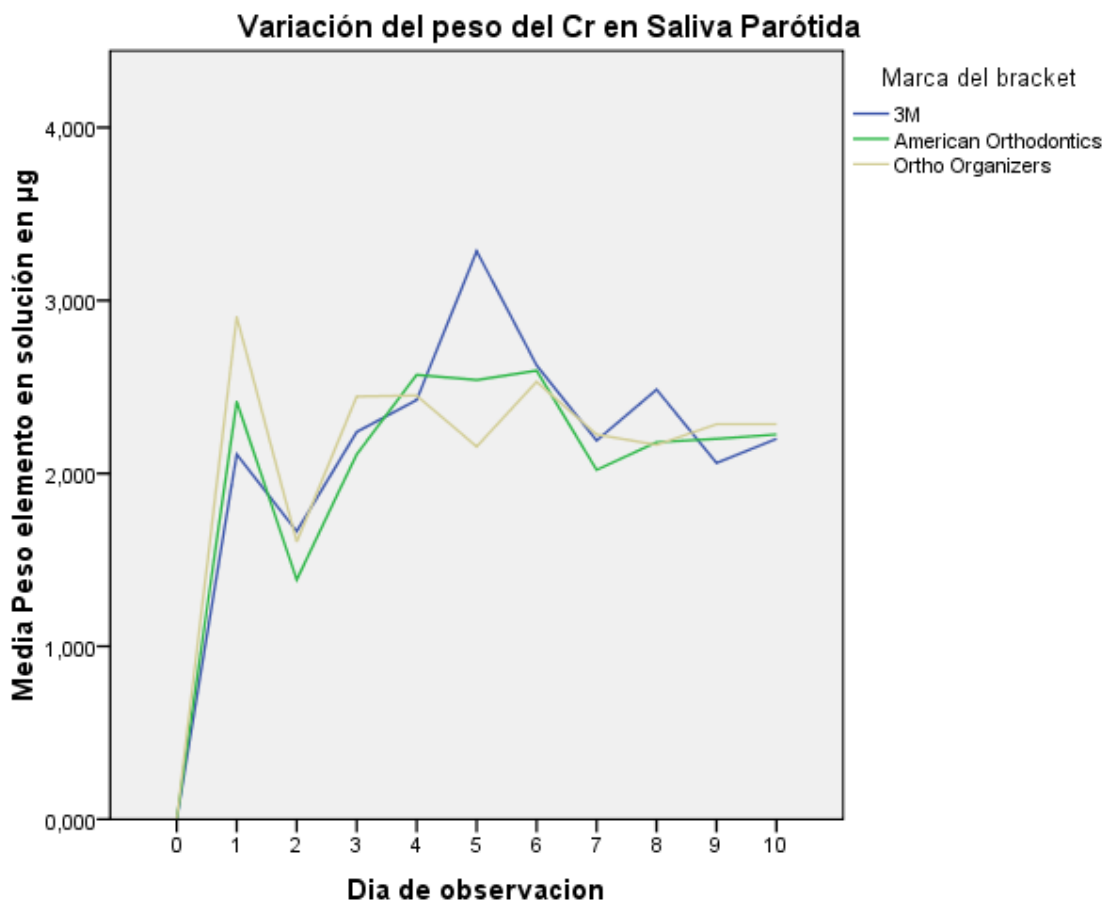


Gráfico 6. Cantidad de cromo liberado durante 28 días en Saliva Parótida

Marca del bracket	Dia de observacion												Promedio
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	Peso elemento en solución en µg	
3M	,000	2,110	1,665	2,240	2,425	3,285	2,625	2,190	2,485	2,060	2,200	2,200	2,224
American Orthodontics	,000	2,415	1,385	2,110	2,570	2,540	2,595	2,020	2,180	2,200	2,225	2,305	
Ortho Organizers	,000	2,905	1,605	2,445	2,450	2,155	2,530	2,225	2,165	2,285	2,285		

Tabla 22. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días (10 observaciones) de 3M, American Orthodontics y Ortho Organizers) en Saliva Parótida

Saliva Parótida

Marca del bracket	Promedio de la media
3M	2,329 μg
American Orthodontics	2,224 μg
Ortho Organizers	2,305 μg
Promedio de las 3 marcas	2,313 μg

Tabla 23. Tabla de promedios diarios de liberación de cromo durante 28 días y promedio de las 3 marcas en Saliva Parótida

El promedio de liberación de cromo en Saliva parótida, de la marca 3M es 2,329 μg por día durante 28 días de observaciones. La marca American Orthodontics tuvo en promedio 2,224 μg ; mientras que Ortho Organizers obtuvo 2,305 μg .

3M tuvo la mayor eliminación de cromo el quinto día de observaciones, correspondiente al día 14 de colocadas las muestras con 3,285 μg . American Orthodontics manifestó la mayor liberación el sexto día de observaciones, correspondiente al 17 día de colocadas las muestras con 2,595 μg y Ortho Organizers logró 2,905 μg el primer día de observaciones correspondiente al día 4. 3M tuvo la mayor liberación de cromo en Saliva Parótida dentro de las 3 marcas en este estudio, cuando los brackets seleccionados para esta muestra se testean en esta solución.

Las muestras de las tres marcas en promedio en Saliva Parótida liberaron durante 28 días de observación 2,313 μg en este estudio.

8. DISCUSIÓN

El tratamiento ortodóncico actualmente requiere de un estudio cada vez más amplio del paciente. La parte diagnóstica se ha convertido en un mayor número de exámenes para poder dar a los pacientes la posibilidad de obtener el mejor plan de tratamiento con los mejores resultados posibles, ya que en ello radica el verdadero éxito del tratamiento.

La mayor parte de la corrosión que sucede con la aparatología ortodóncica se basa en la corrosión galvánica.⁴⁴ Este tipo de corrosión ocurre cuando dos metales se unen y se colocan en una solución conductiva. En ortodoncia, se focaliza cuando dos metales distintos se unen para formar un bracket por ejemplo, por lo que podemos definir que en este estudio el tipo de corrosión que sucede es la Galvánica.^{3,31}

El potencial de colapso o ruptura electroquímica indica el punto en el cual la capa de óxido se destruye y se inicia la descomposición de la aleación. Un nivel bajo de ruptura indica un nivel de corrosión alto.⁴⁵ Se advierte que la presencia de bacterias y la microflora oral, con la producción de sus desechos y interacción de éstos con gases como oxígeno y dióxido de carbono contribuyen a que esta descomposición química se vea incrementada, acelerando el proceso corrosivo. A esto debemos sumarle las variaciones de pH por dieta, hormonas, susceptibilidad individual y la presencia de ácidos orgánicos y enzimas que en particular pueden afectar a varios metales.⁴⁶ La duración del tiempo de inmersión de estos metales (Fe, Cr, Ni, Ti, Zn) se relaciona directamente con la cantidad de iones liberados.⁴⁷

A diferencia de las compañías farmacéuticas, la manufactura de brackets es libre de cambiar los materiales y técnicas de procesamiento sin tener que cumplir con estándares o regulaciones. Por lo tanto, los resultados del proceso corrosivo pueden tener una variación amplia incluso entre brackets del mismo tipo. Estas diferencias son atribuidas a los cambios térmicos o a la composición de cada muestra, más que a un error en el método de medir las muestras.⁴⁸ Cada marca de brackets tiene un porcentaje diferente de níquel y cromo, y sin embargo liberan cantidades similares de estos elementos. La razón es que en primer lugar se recalca que no conocemos exactamente como está hecha la aleación de estos brackets ni como están dispuestos los metales dentro de esta aleación, pero conocemos que por el potencial eléctrico que se obtiene el momento de la corrosión de estos metales, el níquel se encuentra en la superficie de estos elementos para evitar una mayor corrosión del cromo, por lo que en el momento de oxidarse, van a liberar cantidades similares pero no por el mismo período de tiempo.

Es de vital importancia conocer todas las implicaciones biológicas que posee la aparatología ortodóntica y como pueden inferir en el ser humano. Chung Ju-Hwang⁴⁹ et col, refiere que las cantidades de iones liberados de los metales que forman parte de la aparatología son de gran interés actual, y muchos autores han hecho varias investigaciones al respecto, ya que algunos iones como el Fe, Cr y Ni han sido asociados con efectos alérgicos, tóxicos o carcinogénicos.⁴⁴

El tratamiento ortodóncico puede iniciar manifestaciones intraorales como descamación labial, eritema multiforme, gingivitis y agrandamiento gingival, manifestaciones que se relacionan directamente con la liberación de iones de níquel y cromo. El agrandamiento fibroso gingival parecería ser transitorio a pesar de tener un aspecto de engrosamiento. La encía se presenta roja y de aspecto inflamado. Aparentemente es el níquel, con su reacción de hipersensibilidad tipo IV, que induce a la activación de monocitos y de las células epiteliales suprimiendo o promoviendo la expresión de la adhesión molecular. Las células que más se ven afectadas en la mucosa son los queratinocitos. Los iones libres pueden también acumularse en la mucosa oral y pueden inducir una apoptosis *in vivo*.^{3, 50}

La saliva tiene una composición dinámica que puede ser afectada por varias variables fisiológicas como la dieta, el pH salival, condiciones de salud y el flujo salival.⁵¹ En este estudio se decidió eliminar estos factores ya que las muestras se vuelven muy complicadas de manejar y mantener estables con tantas variables, por lo que las muestras fueron sometidas a salivas preparadas en el laboratorio únicamente, las cuales se podrían llamar estériles ya que no tienen ningún tipo de contaminación y evitando la desventaja de la precipitación. Las salivas utilizadas fueron exclusivamente las detalladas en la parte de Materiales y Métodos.

El método utilizado fue la determinación de absorción atómica por medio de espectrofotometría, el cual es el método más utilizado para medir estos parámetros en la Literatura. ^{44, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55}

En la dieta humana normal existe una alta ingesta de Níquel (300 µg) y Cromo (280 µg) provenientes especialmente de verduras, granos y agua. ¹⁴

Si la ingesta de estos metales, añadida a la exposición física a estos dos metales puede causar reacciones de hipersensibilidad en algunos pacientes, una dosis añadida de estos metales por parte de la aparatología ortodóntica podría ser causal del desencadenamiento de reacciones alérgicas secuenciales o de reacciones del epitelio oral en contacto; es por ello que el objetivo de este estudio fue demostrar que si existe un incremento considerable en la liberación de iones por parte de estos dos metales que no están siendo valorados adecuadamente.

Los resultados demostraron que existe un incremento marcado en la cantidad de iones libres de níquel y cromo en las diferentes soluciones testeadas.

Las muestras del grupo control en Agua destilada cuando fueron sometidas a espectrofotometría para medir la cantidad de iones libres de níquel, demostraron haber sufrido corrosión ya que existían iones libres del elemento observado. El promedio de liberación fue de 1,521µg durante 28 días que duró la observación. La marca que en este estudio en presencia

de Agua destilada cuando se midió Níquel presentó la mayor cantidad de iones liberados fue Ortho Organizers en el día 17.

Cuando fueron examinadas las muestras de saliva submandibular para níquel, se determinó que la marca Ortho Organizers liberó en promedio durante los 28 días la mayor cantidad de este elemento con 1,986 μg de promedio diario. Esto no se corresponde con el menor porcentaje de níquel en esta marca. En promedio las 3 marcas de brackets liberaron 1,859 μg diario, siendo 3M la que menor cantidad liberó con 1,693 μg . Las mayores liberaciones de Ni sucedieron para 3M el día 28, mientras que para American Orthodontics y Ortho Organizers fue el día 12. Según Huang Chung-Ju,⁴⁹ el Ni solo aumenta a partir de la segunda semana de examinadas las muestras, lo que se corroboraría con nuestro estudio, concordando con las mayores liberaciones del elemento.

Las siguientes muestras de Saliva Parótida se sometieron a examinación para níquel, concluyendo que la marca 3M es la que tuvo mayor promedio de liberación diaria del elemento con 2,162 μg , que tiene un porcentaje intermedio entre las 3 marcas sometidas al estudio. Ortho Organizers y American Orthodontics tuvieron la mayor liberación de níquel el día 12, sin embargo Ortho Organizers tuvo mayor cantidad de iones presentes con 2,985 μg en la fecha indicada. El promedio de liberación de las 3 marcas de níquel en saliva Parótida es de 2,121 μg por día, durante 28 días.

Cuando las mismas muestras se sometieron a examinación bajo la lámpara de Cr, se observó que las muestras que se encuentran en Agua destilada tienen una liberación de 1,824 μg en promedio diario durante 28 días de observación. Valor mayor al 1,521 μg que se exhibía para el níquel. Esta variación estuvo dada por el peso inicial del elemento, que en este caso el Cr está presente en mayor cantidad. Se debe también esclarecer el porque sucede una oxidación de estos elementos si se encuentran en un medio sin contaminación. Esto sucede por el oxígeno presente y disuelto en el agua que puede producir corrosión galvánica sin tener presencia de cloruros disueltos en la solución. American Orthodontics liberó la mayor cantidad de Cromo en Agua destilada con 2,650 μg el día 12, sin embargo 3M y Ortho Organizers tienen también sus mayores liberaciones el mismo día.

Cuando colocamos la lámpara de Cr y medimos las cantidades de elemento disuelto en la solución de Saliva Submandibular, se observa que Ortho Organizers es la marca que en promedio en este estudio liberó mayor cantidad de Cromo con 2,228 μg diario durante 28 días, que se corresponde con el mayor porcentaje de este elemento que presenta esta marca dentro de este estudio. Por otra parte, 3M que tiene un promedio de liberación menor (2,157 μg) tiene la mayor liberación de Cr el día 24 con 2,840 μg . El promedio de liberación de las 3 marcas es de 2,060 μg diarios durante 28 días. Según Huang Chung-Ju,⁴⁹ el Cr aumenta a partir de la cuarta semana de observación, lo que concuerda con nuestro estudio, en cuanto a los tiempos de mayor liberación del elemento.

Y cuando las muestras de saliva Parótida son sometidas a examinación con la lámpara de Cr, se observó que en promedio las 3 marcas tienen una liberación aumentada de este elemento con 2,313 μg de eliminación diaria durante los 28 días de este estudio. 3M resultó ser la marca que dentro de las condiciones establecidas, presenta un mayor promedio de liberación diaria con 2,329 μg y también presenta la mayor liberación de Cr con 3,285 correspondiente al día 14 de colocadas las muestras. Sin embargo, esto no se corresponde con el porcentaje más bajo de cromo que posee 3M en su composición, en comparación con American Orthodontics y Ortho Organizers.

La mayor parte de estudios corroboran las observaciones realizadas y los datos encontrados, llegando a concluir que en todos los estudios realizados se observó un aumento en la cantidad de iones libres de Ni y Cr, como liberación de estos por parte de la aparatología ortodóntica. ^{47, 49, 50, 55, 56}

La gran mayoría de estudios demuestran que el mayor incremento de estos elementos fue en la primera o segunda observación, que corresponde a los primeros 7 días de estudio (desde los primeros 10 minutos hasta una semana), lo que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, en los cuales los incrementos en la cantidad de iones libres de estos metales se dio a partir de la primera observación. ^{47, 50, 52, 55, 56}

Tenemos mayor liberación de Cromo, el cual ya hemos descrito como un agente carcinogénico, mutagénico y teratogénico, que sin embargo en las

dosis liberadas no produciría ningún daño ya que son valores mucho menores incluso a la ingesta diaria. Sin embargo debemos recordar que las reacciones de hipersensibilidad tanto al níquel como al cromo se dan por susceptibilidad individual, es decir, no está demostrado cuanto de estos elementos debe ponerse en contacto con una persona en especial, para producir el desencadenamiento de reacciones alérgicas.⁵⁰

En saliva submandibular la liberación de níquel fue de 1,859 µg diario en promedio mientras que la liberación de cromo fue 2,060 µg diario en promedio durante los 28 días.

En saliva parótida la liberación de níquel fue de 2,121 µg diario en promedio mientras que la liberación de cromo fue de 2,313 µg diario en promedio durante los 28 días.

Las muestras funcionan como una relación dosis respuesta en la cual a mayor dosis del elemento mayor respuesta de oxidación.⁴⁷ Esto puede ocasionar daños a largo plazo, ya que sabemos que la aparatología permanece en boca por períodos prolongados de tiempo. Maja Kuhta proclama que estos elementos se van acumulando así en las células y conllevan a efectos dañinos como quimiotaxis de los leucocitos, cambios en la síntesis de DNA y alteraciones en la actividad enzimática.⁴⁷

No existe una cantidad exacta que pueda determinarse como tóxica. En algunos pacientes la exposición al níquel en cantidades como 4 mg pueden

considerarse perjudiciales, pero incluso algunos pacientes han demostrado sensibilidad a este elemento en cantidades mínimas como 0,3mg.¹

Nuestros resultados muestran amplias variaciones dentro de la absorción atómica de los elementos. La literatura demuestra que estas variaciones pueden presentarse como consecuencia de la precipitación de los elementos, que como sabemos es como obtenemos a los iones de níquel y cromo en la solución.⁵³ Estos elementos se obtienen a través de una disolución por una reacción química de óxido reducción. Al existir varios elementos que afectan un precipitado (temperatura, disolvente, tamaño de la partícula, efecto del ion común y efecto del ion salino), podemos concluir que por ello existen estas variaciones en las mediciones del espectrofotómetro.⁵¹ Debemos recordar también que el proceso de oxidación reducción es un proceso cinético y de equilibrio en el cual entran y salen átomos para estabilizar la solución, lo cual es otro factor influyente en las lecturas variadas. Por último debemos conocer que el níquel y cromo que sirven para las lecturas del espectrofotómetro son los iones metálicos libres; cuando estos se encuentran en la solución tienden a formar óxidos con el oxígeno disuelto y ahí se transforman en solutos que se dirigen hacia el fondo del recipiente y ya no son calificables para mediciones. La temperatura sin embargo cuando es mantenida en 20° en condiciones estériles las muestras, el Cr y el Ni son estables, sin embargo no podemos controlar las reacciones redox.^{45, 58}

Cabe resaltar que este estudio se realizó observando la liberación de Ni y Cr de cada bracket de cada juego de 3 marcas diferentes, a diferencia de los otros estudios *in vitro* que utilizan varios brackets y alambres para medir la cantidad de eliminación de iones de estos elementos. Por lo tanto si multiplicamos cada promedio de cada solución por 28 que sería el número mínimo de elementos en boca, nos dan resultados similares a los expuestos por la literatura. ^{55, 56}

En la consulta, no existe un porcentaje real de la cantidad de pacientes que pueden presentar alergia al níquel o al cromo, ya que la mayoría de los casos pasan desapercibidos por no presentar mayores alteraciones y éstas, en el caso de presentarse, se diagnostican erróneamente. La bibliografía revisada no determina una cantidad exacta de pacientes en el consultorio que presenten esta condición.

9. CONCLUSIONES

1. La hipótesis de este estudio queda comprobada, demostrando que existe una liberación de iones de níquel y cromo por parte de la aparatología ortodóntica a partir del primer día de colocada en boca.
2. La cantidad de níquel que se libera de las 3 marcas de brackets en este estudio, es menor a la cantidad de cromo que se libera de las mismas 3 marcas de brackets.
3. La mayor cantidad de níquel liberado en las muestras de Saliva Submandibular en este estudio, fue de la marca Ortho Organizers.
4. La mayor cantidad de níquel liberado en las muestras de Saliva Parótida en este estudio, fue de la marca 3M.
5. La mayor cantidad de cromo liberado en las muestras de Saliva Submandibular en este estudio, fue de la marca 3M.
6. La mayor cantidad de cromo liberado en las muestras de Saliva Parótida en este estudio, fue de la marca 3M.

10. RECOMENDACIONES

1. La corrosión de la aparatología ortodóntica es un hecho. Se produce liberación de iones de los metales envueltos en las distintas aleaciones que se usan en Ortodoncia, que tienen propiedades citotóxicas y mutagénicas.
2. No todos los compuestos formados a partir del proceso corrosivo van a producir el mismo daño tanto a nivel sistémico como localizado, y se determinó que la capacidad de producir una reacción alérgica a nivel cutáneo es mayor que a nivel bucal, por la capacidad de la saliva de actuar como un agente limpiador.
3. Los pacientes que buscan tratamiento de Ortodoncia que podrían tener mayor susceptibilidad pueden tratarse con materiales alternativos, como alambres cubiertos por resina o el uso de otras aleaciones diferentes a las que presentan sensibilidad. El titanio, vanadio y aluminio, podrían también evitar reacciones alérgicas.
4. No todos los pacientes de la consulta van a presentar hipersensibilidad o alergia a las sustancias que se producen. Debemos ser capaces de diagnosticar eficientemente a este tipo de pacientes para evitar futuras complicaciones.

5. Existe gran cantidad de artículos bibliográficos que validan la preocupación del profesional por evitar las complicaciones de alergias e hipersensibilidad a los distintos compuestos de la aparatología ortodóntica, sin embargo se debería realizar mayor investigación acerca del tema y tratar de que se hable más de estos tópicos en congresos y simposios científicos.
6. Antes de plantearle las posibilidades de tratamiento al paciente ortodóntico se le debería realizar pruebas de alergia al níquel y al cromo por medio de la prueba del parche para asegurarle un tratamiento completamente individualizado.
7. En las historias clínicas se debe incluir una parte de cuestionario que investigue sobre posibles susceptibilidades a ciertos metales, como por ejemplo, preguntar si tiene el paciente alergia a joyas que no sean de oro.
8. Investigar en un futuro la interacción de los fluoruros (pasta dental, enjuague dental, aplicaciones de flúor tópico), sobre el níquel y el cromo y si incidencia de una mayor corrosión e incluso el aumento de fricción de la aparatología.
9. Realizar la misma investigación pero incluyendo bandas, arcos, y aparatología removible, como Quahhelix, BTP, AEO, Hyrax, Palatal Expander)

10. Evitar el uso de elementos que contengan soldadura de plata en sus componentes, ya que está demostrado que estos son altamente corrosivos y pueden inducir mayor liberación de iones de Ni y Cr.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eliades Theodore, Trapalis C, Eliades G, Katsavrias E, Salivary metal levels of Orthodontic patients: a novel methodological and analytical approach, *European Journal of Orthodontics*, Vol. 25, pgs. 103 – 106, 2003.
2. Ehrnrooth M, Kerosuo H, Face and Neck dermatitis from stainless steel orthodontic appliance, *Angle Orthodontics*, Vol. 79, pgs. 1194–1196, 2009.
3. House K, Semetz F, Dymock D, Sandy J, Ireland A, Corrosion of Orthodontic appliances – should we care?, *AJODO*, Vol. 133, pags. 84 – 92, 2008.
4. Eliades T., *Orthodontic Materials*, Ed. Thieme Stuttgart, pags. 270 – 291, NY USA, 2001.
5. MSDS American Orthodontics (Medical Safety Data Sheets)
6. MSDS 3M (Medical Safety Data Sheets)
7. MSDS 17-4 3M (Medical Safety Data Sheets)
8. MSDS Ortho Organizers Elite OptiMIM
9. Petomenou E, Arndt M, Keilig L, Reimann S, Hoederath H, Eliades T, Jager A, Bourauel C, Nickel concentration in the saliva of patients with nickel titanium orthodontic appliances, Vol 135, pags. 59 – 65, 2009.
10. Verstryngge A, Humbeeck J, Willems G, In-Vitro evaluation of the material characteristics of stainless steel and beta- titanium orthodontic wires, *AJODO*, Vol 130, pags 460 – 470, 2006.
11. Huang Tsui-Hsien, Yen Chen-Chieh, Kao Chia-Tze, Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets, *AJODO*, Vol 120, pags. 68 – 75, 2001.

12. Kerosuo H, Moe G, Hensten-Pettersen A, Salivary nickel and chromium in subjects with different types of fixed orthodontic appliances, Vol 111, pags. 595 – 598, 1997.
13. Sfondrini F, Cacciafesta V, mafia E, Massironi S, Scribante A, Alberti G, Biesuz R, Klersy C, Chromium release from new stainless steel recycled and nickel free orthodontic brackets, Angle Orthodontics, Vol 79, pags. 361 – 367, 2008.
14. Barrett R, Bishara S, Quinn J, Biodegradation of orthodontic appliances: Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro, AJODO, Vol 103, pgs. 8-14, 1993.
15. Pazzini C, Oliveira G, Marques L, Pereira C, Pereira L, Prevalence of Nickel allergy and longitudinal evaluation of periodontal abnormalities in orthodontic allergic patients, Angle Orthodontics, Vol 79, pags. 922-927, 2009
16. Eliades Theodore, Orthodontic materials research and applications: Part 2. Current status and projected future developments in materials and biocompatibility, Vol 131, pags. 253 – 262, 2007.
17. Eliades T, Pratsinis H, Kletsas D, Eliades G, Makou M, Characterization and cytotoxicity of ions released from stainless steel and nickel-titanium orthodontic alloys, AJODO, Vol 125, pags. 24 – 29, 2004.
18. Uribe A. ORTODONCIA Teoría y Clínica. Colombia. Ediciones Corporación para Investigaciones Biológicas. Págs. 226- 245. 2004.
19. Grimadottir M, Gjerdet N, Hensten-Pettersen A, Composition and in vitro corrosion of orthodontic appliances, AJODO, Vol 101, pags. 525 – 532, 1992.

20. Eliades T, Bourauel Cristoph, Intraoral aging of orthodontic materials: the picture we miss and its clinical relevance, AJODO, Vol 127, pags. 403 – 412, 2005.
21. Siquiera de Moraes L, Guimaraes G, Fernandes E, Rodriguez L, Muller C, Meyers M, Elias C, Systemic levels of metallic ions released from orthodontic mini-implants, AJODO, Vol 135, pags. 522 -529, 2009
22. Klara Midander, Jinshan Pan, Inger Odnevall Wallinder, Katherine Helm and Christopher Leygraf, Division of Oral Science, Nickel Release from nickel particles in artificial sweat, Journal Compilation Contact Dermatitis, 2007, 56: 32J – 330. Singapore
23. Tablas Ciba-Geigy, Ed. Cornelius Lenter, Associate ed. Charlotte lenter and Anthony Wink, Int. medical and pharmaceutical / West Caldwell, N.J. Basle Switzweland. Pp 114 – 122
24. Janson G, Alvares E, Consolaro A, Woodside D, de Freitas R, Nickel Hipersensitivity reaction before, during, and after orthodontic therapy, AJODO, Junio, pgs. 650 – 655, 2008.
25. Leite Santos Genelhu M, Marigo M, Alves Oliveira L, Cotta Malaquias L, Gomez S, Characterization of nickel-induced allergic contact stomatitis associated with fixed orthodontic appliances, AJODO, Vol 128, pags. 378 – 381, 2005.
26. Agaoglu Gunseli, izgu B, Yarat A, Nickel and chromium levels in the saliva and serum of patients with fixed orthodontic appliances, Angle Orthodontics, Vol 71, pags. 375 – 379, 2001.

27. Harzer W, Schoter A, Gedrange T, Muschter F, Sensitivity of titanium brackets to the corrosive influence of fluoride – containing toothpaste and tea, *Angle Orthodontics*, Vol 71, pags. 318 – 323, 2001.
28. David Wood, Jervoise Andreyev, Kishor Raja y Paul Dargan, Factitiously elevated blood chromium, *Journal of Clinical Toxicology*, 2010, 48: 388 – 389, UK London
29. Richard M. Sedman, Jay Beaumont, Thomas McDonald, Review of the evidence rearding the carcinogenicity of hexavalent chromium in drinking water, *Journal of environmental science and health part C*, 24: 155 – 182, 2006
30. Raymond Chang, *Chemistry*, Fifth edition, Mc Graw Hill, 2007: Chapter 20 Electrochemistry.
31. Eliades T, Athanasiou A, In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility, *Angle Orthodontics*, Vol 72, pags. 222-237, 2002.
32. Fors R, Persson M, Nickel in dental plaque and saliva in patients with and without orthodontic appliances, *European Journal of Orthodontics*, January, pags. 292-297, 2006.
33. Lee Tzu-Hsin, Huang Ta-Ko, Lin Shu-Yuan, Chen Li-Kai, Chou Ming-Yung, Huang Her-Hsiung, Corrosion Resistance of different nickel titanium archwires in acidic fluoride-containing artificial saliva, *Angle Orthodontics*, Vol 80, pags. 547 – 553, 2010.
34. Kao Chia-Tze, Ding Shinn-Jyh, Wang Chich-Kang, He Hong, Chou Ming-Yung, Huang Tsui, Comparison of frictional resistance after

- immersion of metal brackets and orthodontic wires in a fluoride-containing prophylactic agent, *AJODO*, Vol 130, pags. 568 – 569, 2006.
35. Walker M, White R, Kula K, Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of nickel-titanium-based orthodontic wires, *AJODO*, Vol 127, pags. 662 – 669, 2005.
36. Sari E, Birinci I, Microbiological evaluation of 0,2% Clorhexidine Gluconate mouth rinse in orthodontic patients, *Angle Orthodontics*, Vol 77, pags. 881 – 884, 2007
37. Sengun A, Sari Z, Ramoglu S, Malkoc S, Duran I, Evaluation of the Dental Plaque pH Recovery Effect of a Xylitol Lozenge on Patients with Fixed Orthodontic Appliances, *Angle Orthodontics*, Vol 74, pags. 240 – 244, 2004
38. Macedo L, Abdo C, Bolognese A, Urinary excretion levels of nickel in orthodontic patients, *AJODO*, Vol 131, pgs. 635 – 638, 2007
39. Thyssen J.P. Mennét, Metal allergy – a review on exposure, penetration, genetics, prevalence and clinical implications, *Clinical Research in Toxicology*, 2010, 23: 309 – 318
40. M. Lindermann, F. Rietschel, M. Zabei, H. Grosse-Wilde, Detection of Chromium allergy by cellular in Vitro methods, *Clinical Mechanisms in Allergic Disease*, 2008, 38: 1469 - 1475
41. José M^a Negro Alvarez, *Alergia al cromo y níquel*, sección alergología, H.U. “Virgen de la Pixaça”, Murcia, España, 2004
42. Chromium allergy: Significance of both Cr (III) and Cr (VI), M.B. Hansen, J.B. Johansen , *The national Contact Dermatitis*, 2003, 49: 206 – 212

43. Siegal N, Hell J, Berzins D, Influence of stress and phase on corrosion of a superelastic nickel titanium orthodontic wire, *AJODO*, Vol 135, pages 764 – 770, 2009.
44. Barbara Siargos, Thomas G. Bradley, Myrsini darabara, George Papadimitriou, Spiros Zinelis, Galvanic Corrosion of MIM and Conventional Brackets with Nickel-Titanium and Copper-Nickel-Titanium Archwires, *Angle Orthodontist*, Vol. 77 N. 2, 2007, 355 - 361
45. Hera Kim, Jeffery Johnson, Corrosion of SS, NiTi, Coated NiTi and Titanium orthodontic wires, *The Angle Orthodontist*, Vol. 69, N. 1, 1999, 39 - 44
46. Maljer Rolf, Biodegradation of the Orthodontic Bracket System, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics*, 90: 195 - 198, 1986.
47. Maja Kuhta; Dubravko Pavlin; Martina Slaj Varga; Marina Lapter – Varga; Mladen Slaj; Type of Archwire and level of Acidity: Effects on the Release of Metal Ions from Orthodontics Appliances, *Angle Orthodontics*, 2009, 79: 102 – 110.
48. Matasa Claude G., Attachment Corrosion and Its testing, *Journal of Clinical Orthodontics*, Vol 20 N.1; 16 – 23, 1995
49. Chung-Ju Hwang, Ji-Soo Shin, Jung-Yul Cha, Metal release from simulated fixed orthodontic appliances, *American Journal Of Orthodontic Dentofacial Orthopedics*, 2001, 120:383-391.
50. Kahraman Gursoy Ulvi, Oral Sokucu, Veli-Jukka Uitto, Ahmet Aydin, Serhat Demirer, Hulya Toker, Onur Erdem, Ahmet Sayal, The role of

nickel accumulation and epithelial cell, 2007, European Journal of Orthodontics, 29: 555 – 558

51. Günseli Aolu, Tülin Arun, Belgin Zgü, Ayen Yarat, Nickel and Chromium Levels in the Saliva and Serum of Patients with Fixed Orthodontic Appliances, The Angle Orthodontist: Vol. 71, N. 5, pp. 375 – 379.
52. Rodrigo Matos de Souza, Luciane Macedo de Menezes, Nickel, Chromium and Iron levels in the Saliva of Patients with Simulated Fixed Orthodontic Appliances, The Angle Orthodontist, Vol. 70 N. 2, 345 - 351
53. Seda Gürsoy, Ahu Güngör Acar, Cagla Sesen, Comparison of metal release from new and recycled Bracket-Archwire Combinations, Angle Orthodontist, 2004; 75; 92 – 92.
54. Sfondrini Maria F., Cacciafesta Vittorio, Maffia Elena, Scribante Andrea, Alberti G., Biesuz R., Klersy C., Nickel release from new conventional stainless steel, recycled, and nickel-free orthodontic brackets: An IN Vitro Study, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Othopaedics 2010, 137: 809 – 815.
55. Kerouso H., Grete Moe, Kleven Erik, In Vitro release of Nickel and Chromium from different types of simulated orthodontic appliances, The Angle Orthodontist, 1995, 65(2):111-116
56. Ilken Kocaderelli, Atilla Atac, Selin Kale, Durisehvar Özer, Salivary Nickel and Chromium in patients with fixed Orthodontic Appliances, Angle Orthodontist, 2000; 70: 431- 434
57. Jeffrey Platt, Andrés Guzmán, Arnaldo Zuccari, David W. Thornburg, Barbara F. Rhodes, Yokishi Oshida, Keith Moore, Corrosion behavior of

2205 duplex Stainless Steel, American Journal of Orthodontic
Dentofacial Orthopedics, 1997; 112 : 69 – 79

58. Hideki Kitaura, Yuji Fujimura, Noriko Nakao, Toshiko Eguchi, Noriaki
Yoshida, Treatment of a patient with Metal Hypersensitivity after
Orthognatic Surgery, Angle Orthodontist, Vol 77, N. 5, 2007: 923 - 931

ANEXOS

Tabla de recolección de datos de cantidad de níquel de 3M liberado durante 28 días/ lectura de espectrofotometría ecuación para transformar a $\mu\text{g}/\text{día}$ de observación con 10 observaciones / fecha / número de muestra C= control, S= Submandibular P= Parótida

Día de Observación	Lectura de espectrofotómetro		40ml xlectura de espectrofotómetro x 1L/1000ml x 1000 microgramos/1mg		mg/L		μg		mg/L		μg		mg/L		μg	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Fecha	15/03/2011	microgramos de Ni	18/03/2011	21/03/2011	23/03/2011	25/03/2011	28/03/2011	01/04/2011	04/04/2011							
C1	0,029	1,16	0,046	1,84	0,028	1,12	0,051	2,04	0,045	1,8	0,038	1,52	0,041	1,64	0,02	0,02
C2	0,028	1,12	0,047	1,88	0,024	0,96	0,035	1,4	0,027	1,08	0,037	1,48	0,033	1,32	0,02	0,02
C3	0,029	1,16	0,043	1,72	0,025	1	0,04	1,6	0,028	1,12	0,024	0,96	0,035	1,4	0,02	0,02
C4	0,033	1,32	0,043	1,72	0,042	1,68	0,035	1,4	0,021	0,84	0,022	0,88	0,038	1,52	0,02	0,02
S1	0,024	0,96	0,061	2,44	0,031	1,24	0,048	1,92	0,017	0,68	0,054	2,16	0,047	1,88	0,03	0,03
S2	0,047	1,88	0,056	2,24	0,024	0,96	0,046	1,84	0,026	1,04	0,064	2,56	0,037	1,48	0,02	0,02
S3	0,035	1,4	0,053	2,12	0,032	1,28	0,056	2,24	0,021	0,84	0,053	2,12	0,047	1,88	0,02	0,02
S4	0,027	1,08	0,051	2,04	0,034	1,36	0,059	2,36	0,031	1,24	0,053	2,12	0,043	1,72	0,02	0,02
S5	0,037	1,48	0,046	1,84	0,037	1,48	0,051	2,04	0,03	1,2	0,045	1,8	0,048	1,92	0,02	0,02
S6	0,031	1,24	0,051	2,04	0,03	1,2	0,057	2,28	0,025	1	0,049	1,96	0,036	1,44	0,04	0,04
S7	0,043	1,72	0,054	2,16	0,029	1,16	0,044	1,76	0,036	1,44	0,039	1,56	0,036	1,44	0,05	0,05
S8	0,045	1,8	0,06	2,4	0,031	1,24	0,051	2,04	0,028	1,12	0,046	1,84	0,041	1,64	0,04	0,04
P1	0,069	2,76	0,048	1,92	0,042	1,68	0,057	2,28	0,031	1,24	0,038	1,52	0,049	1,96	0,04	0,04
P2	0,054	2,16	0,062	2,48	0,048	1,92	0,061	2,44	0,032	1,28	0,06	2,4	0,067	2,68	0,04	0,04
P3	0,03	1,2	0,062	2,48	0,054	2,16	0,062	2,48	0,043	1,72	0,054	2,16	0,053	2,12	0,04	0,04
P4	0,05	2	0,069	2,76	0,047	1,88	0,05	2	0,066	2,64	0,065	2,6	0,045	1,8	0,04	0,04
P5	0,059	2,36	0,063	2,52	0,05	2	0,066	2,64	0,043	1,72	0,068	2,72	0,073	2,92	0,04	0,04
P6	0,042	1,68	0,071	2,84	0,052	2,08	0,065	2,6	0,053	2,12	0,055	2,2	0,06	2,4	0,04	0,04
P7	0,042	1,68	0,065	2,6	0,054	2,16	0,075	3	0,066	2,64	0,064	2,56	0,068	2,72	0,04	0,04
P8	0,063	2,52	0,064	2,56	0,063	2,52	0,06	2,4	0,047	1,88	0,056	2,24	0,079	3,16	0,04	0,04

Tabla de recolección de datos de cantidad de cromo de 3M liberado durante 28 días/ lectura de espectrofotometría ecuación para transformar a $\mu\text{g}/\text{día}$ de observación con 10 observaciones / fecha / número de muestra C= control, S= Submandibular P= Parótida

Día de Observación	Lectura de espectrofotómetro		40ml xlectura de espectrofotómetro x 1L/1000ml x 1000 microgramos/1mg		mg/L		μg		mg/L		μg		mg/L		μg	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Fecha	16/03/2011		18/03/2011	21/03/2011	23/03/2011	25/03/2011	28/03/2011	01/04/2011	04/04/2011							
C1	0,042	1,68	0,039	1,56	0,042	1,68	0,06	2,4	0,052	2,08	0,035	1,4	0,052	2,08		
C2	0,034	1,36	0,032	1,28	0,059	2,36	0,049	1,96	0,035	1,4	0,041	1,64	0,046	1,84		

C3	0,057	2,28	0,031	1,24	0,045	1,8	0,065	2,6	0,057	2,28	0,058	2,32	0,045	1,8
C4	0,024	0,96	0,028	1,12	0,054	2,16	0,048	1,92	0,032	1,28	0,041	1,64	0,043	1,72
S1	0,037	1,48	0,037	1,48	0,066	2,64	0,078	3,12	0,085	3,4	0,047	1,88	0,038	1,52
S2	0,047	1,88	0,048	1,92	0,073	2,92	0,074	2,96	0,075	3	0,053	2,12	0,036	1,44
S3	0,049	1,96	0,048	1,92	0,06	2,4	0,062	2,48	0,042	1,68	0,063	2,52	0,033	1,32
S4	0,036	1,44	0,032	1,28	0,049	1,96	0,068	2,72	0,042	1,68	0,046	1,84	0,038	1,52
S5	0,033	1,32	0,044	1,76	0,042	1,68	0,077	3,08	0,059	2,36	0,041	1,64	0,039	1,56
S6	0,044	1,76	0,044	1,76	0,04	1,6	0,076	3,04	0,056	2,24	0,048	1,92	0,046	1,84
S7	0,04	1,6	0,036	1,44	0,063	2,52	0,061	2,44	0,061	2,44	0,051	2,04	0,034	1,36
S8	0,055	2,2	0,036	1,44	0,064	2,56	0,065	2,6	0,053	2,12	0,068	2,72	0,036	1,44
P1	0,039	1,56	0,059	2,36	0,054	2,16	0,064	2,56	0,087	3,48	0,086	3,44	0,053	2,12
P2	0,06	2,4	0,042	1,68	0,062	2,48	0,057	2,28	0,087	3,48	0,05	2	0,069	2,76
P3	0,07	2,8	0,049	1,96	0,056	2,24	0,047	1,88	0,07	2,8	0,052	2,08	0,052	2,08
P4	0,064	2,56	0,049	1,96	0,058	2,32	0,048	1,92	0,085	3,4	0,056	2,24	0,052	2,08
P5	0,041	1,64	0,037	1,48	0,06	2,4	0,067	2,68	0,086	3,44	0,055	2,2	0,049	1,96
P6	0,056	2,24	0,032	1,28	0,063	2,52	0,073	2,92	0,081	3,24	0,052	2,08	0,051	2,04
P7	0,053	2,12	0,03	1,2	0,063	2,52	0,064	2,56	0,073	2,92	0,088	3,52	0,068	2,72
P8	0,039	1,56	0,035	1,4	0,032	1,28	0,065	2,6	0,088	3,52	0,086	3,44	0,044	1,76

Tabla de recolección de datos de cantidad de níquel de American Orthodontics liberado durante 28 días/ lectura de espectrofotometría ecuación para transformar a µg/ día de observación con 10 observaciones / fecha / número de muestra C= control, S= Submandibular P= Parótida

	Lectura de espectrofotómetro		40ml xlectura de espectrofotómetro x 1L/1000ml x 1000 microgramos/1mg											
	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg
Día de observación	1		2	2	3		4		5		6		7	
Fecha	15/03/2011		18/03/2011	18/03/2011	21/03/2011		23/03/2011		25/03/2011		28/03/2011		01/04/2011	
C1	0,019	0,76	0,036	1,44	0,011	0,44	0,039	1,56	0,025	1	0,029	1,16	0,033	1,32
C2	0,052	2,08	0,046	1,84	0,023	0,92	0,036	1,44	0,022	0,88	0,043	1,72	0,038	1,52
C3	0,033	1,32	0,05	2	0,033	1,32	0,037	1,48	0,024	0,96	0,049	1,96	0,035	1,4
C4	0,048	1,92	0,062	2,48	0,044	1,76	0,044	1,76	0,018	0,72	0,065	2,6	0,028	1,12
S1	0,04	1,6	0,051	2,04	0,024	0,96	0,044	1,76	0,029	1,16	0,042	1,68	0,037	1,48
S2	0,053	2,12	0,048	1,92	0,024	0,96	0,069	2,76	0,042	1,68	0,058	2,32	0,037	1,48
S3	0,054	2,16	0,048	1,92	0,039	1,56	0,069	2,76	0,031	1,24	0,061	2,44	0,043	1,72
S4	0,036	1,44	0,052	2,08	0,042	1,68	0,065	2,6	0,043	1,72	0,047	1,88	0,043	1,72
S5	0,028	1,12	0,061	2,44	0,038	1,52	0,055	2,2	0,035	1,4	0,049	1,96	0,049	1,96
S6	0,061	2,44	0,06	2,4	0,034	1,36	0,05	2	0,029	1,16	0,063	2,52	0,044	1,76
S7	0,044	1,76	0,063	2,52	0,039	1,56	0,066	2,64	0,03	1,2	0,051	2,04	0,04	1,6
S8	0,068	2,72	0,062	2,48	0,036	1,44	0,07	2,8	0,032	1,28	0,069	2,76	0,049	1,96
P1	0,057	2,28	0,067	2,68	0,054	2,16	0,06	2,4	0,035	1,4	0,048	1,92	0,052	2,08
P2	0,067	2,68	0,065	2,6	0,05	2	0,072	2,88	0,04	1,6	0,054	2,16	0,052	2,08
P3	0,082	3,28	0,071	2,84	0,047	1,88	0,069	2,76	0,037	1,48	0,048	1,92	0,044	1,76

P4	0,055	2,2	0,066	2,64	0,055	2,2	0,072	2,88	0,038	1,52	0,058	2,32	0,041	1,64
P5	0,059	2,36	0,07	2,8	0,046	1,84	0,073	2,92	0,042	1,68	0,06	2,4	0,043	1,72
P6	0,066	2,64	0,062	2,48	0,05	2	0,067	2,68	0,047	1,88	0,061	2,44	0,034	1,36
P7	0,04	1,6	0,064	2,56	0,046	1,84	0,069	2,76	0,065	2,6	0,057	2,28	0,037	1,48
P8	0,04	1,6	0,064	2,56	0,048	1,92	0,062	2,48	0,045	1,8	0,048	1,92	0,057	2,28

Tabla de recolección de datos de cantidad de cromo de American Orthodontics liberado durante 28 días/ lectura de espectrofotometría ecuación para transformar a µg/ día de observación con 10 observaciones / fecha / número de muestra C= control, S= Submandibular P= Parótida

	Lectura de espectrofotómetro		40ml xlectura de espectrofotómetro x 1L/1000ml x 1000 microgramos/1mg											
	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg
Día de observación	1		2		3		4		5		6		7	
Fecha	16/03/2011		18/03/2011		21/03/2011		23/03/2011		25/03/2011		28/03/2011		01/04/2011	
C1	0,034	1,36	0,032	1,28	0,048	1,92	0,069	2,76	0,077	3,08	0,041	1,64	0,044	1,76
C2	0,034	1,36	0,034	1,36	0,053	2,12	0,055	2,2	0,052	2,08	0,035	1,4	0,035	1,4
C3	0,038	1,52	0,034	1,36	0,069	2,76	0,073	2,92	0,067	2,68	0,047	1,88	0,055	2,2
C4	0,027	1,08	0,043	1,72	0,066	2,64	0,068	2,72	0,061	2,44	0,035	1,4	0,043	1,72
S1	0,041	1,64	0,038	1,52	0,051	2,04	0,081	3,24	0,049	1,96	0,077	3,08	0,05	2
S2	0,05	2	0,031	1,24	0,048	1,92	0,061	2,44	0,043	1,72	0,052	2,08	0,049	1,96
S3	0,035	1,4	0,034	1,36	0,05	2	0,073	2,92	0,039	1,56	0,055	2,2	0,052	2,08
S4	0,061	2,44	0,044	1,76	0,047	1,88	0,069	2,76	0,052	2,08	0,046	1,84	0,066	2,64
S5	0,027	1,08	0,054	2,16	0,055	2,2	0,063	2,52	0,046	1,84	0,079	3,16	0,059	2,36
S6	0,023	0,92	0,034	1,36	0,041	1,64	0,061	2,44	0,037	1,48	0,088	3,52	0,049	1,96
S7	0,037	1,48	0,049	1,96	0,049	1,96	0,059	2,36	0,07	2,8	0,065	2,6	0,041	1,64
S8	0,036	1,44	0,038	1,52	0,046	1,84	0,059	2,36	0,083	3,32	0,063	2,52	0,054	2,16
P1	0,075	3	0,034	1,36	0,044	1,76	0,061	2,44	0,074	2,96	0,086	3,44	0,053	2,12
P2	0,069	2,76	0,037	1,48	0,052	2,08	0,059	2,36	0,062	2,48	0,075	3	0,069	2,76
P3	0,056	2,24	0,034	1,36	0,073	2,92	0,059	2,36	0,059	2,36	0,057	2,28	0,046	1,84
P4	0,052	2,08	0,034	1,36	0,043	1,72	0,062	2,48	0,067	2,68	0,056	2,24	0,046	1,84
P5	0,062	2,48	0,039	1,56	0,043	1,72	0,071	2,84	0,057	2,28	0,061	2,44	0,042	1,68
P6	0,046	1,84	0,033	1,32	0,061	2,44	0,068	2,72	0,054	2,16	0,061	2,44	0,041	1,64
P7	0,066	2,64	0,041	1,64	0,055	2,2	0,071	2,84	0,059	2,36	0,056	2,24	0,051	2,04
P8	0,057	2,28	0,025	1	0,051	2,04	0,063	2,52	0,076	3,04	0,067	2,68	0,056	2,24

Tabla de recolección de datos de cantidad de níquel de Ortho Organizers liberado durante 28 días/ lectura de espectrofotometría ecuación para transformar a µg/ día de observación con 10 observaciones / fecha / número de muestra C= control, S= Submandibular P= Parótida

	Lectura de espectrofotómetro		40ml xlectura de espectrofotómetro x 1L/1000ml x 1000 microgramos/1mg											
--	------------------------------	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg
Día de observación	1		2		3		4		5		6		7	
Fecha	15/03/2011		18/03/2011		21/03/2011		23/03/2011		25/03/2011		28/03/2011		01/04/2011	04/04/2011
C1	0,044	1,76	0,058	2,32	0,024	0,96	0,034	1,36	0,021	0,84	0,031	1,24	0,033	1,32
C2	0,035	1,4	0,058	2,32	0,031	1,24	0,04	1,6	0,029	1,16	0,063	2,52	0,036	1,44
C3	0,023	0,92	0,041	1,64	0,03	1,2	0,049	1,96	0,02	0,8	0,068	2,72	0,044	1,76
C4	0,032	1,28	0,052	2,08	0,048	1,92	0,061	2,44	0,022	0,88	0,062	2,48	0,035	1,4
S1	0,051	2,04	0,051	2,04	0,046	1,84	0,068	2,72	0,023	0,92	0,061	2,44	0,044	1,76
S2	0,05	2	0,064	2,56	0,03	1,2	0,063	2,52	0,023	0,92	0,039	1,56	0,051	2,04
S3	0,059	2,36	0,063	2,52	0,046	1,84	0,063	2,52	0,034	1,36	0,068	2,72	0,035	1,4
S4	0,04	1,6	0,072	2,88	0,056	2,24	0,06	2,4	0,038	1,52	0,057	2,28	0,043	1,72
S5	0,059	2,36	0,063	2,52	0,039	1,56	0,068	2,72	0,035	1,4	0,043	1,72	0,048	1,92
S6	0,054	2,16	0,071	2,84	0,042	1,68	0,057	2,28	0,032	1,28	0,062	2,48	0,058	2,32
S7	0,056	2,24	0,052	2,08	0,029	1,16	0,06	2,4	0,036	1,44	0,035	1,4	0,047	1,88
S8	0,07	2,8	0,053	2,12	0,048	1,92	0,058	2,32	0,044	1,76	0,045	1,8	0,059	2,36
P1	0,025	1	0,073	2,92	0,043	1,72	0,074	2,96	0,042	1,68	0,046	1,84	0,041	1,64
P2	0,05	2	0,069	2,76	0,048	1,92	0,078	3,12	0,05	2	0,044	1,76	0,039	1,56
P3	0,032	1,28	0,069	2,76	0,045	1,8	0,063	2,52	0,038	1,52	0,056	2,24	0,034	1,36
P4	0,039	1,56	0,053	2,12	0,039	1,56	0,071	2,84	0,032	1,28	0,052	2,08	0,043	1,72
P5	0,05	2	0,055	2,2	0,056	2,24	0,081	3,24	0,038	1,52	0,063	2,52	0,049	1,96
P6	0,052	2,08	0,065	2,6	0,05	2	0,081	3,24	0,032	1,28	0,049	1,96	0,04	1,6
P7	0,05	2	0,079	3,16	0,045	1,8	0,086	3,44	0,039	1,56	0,048	1,92	0,042	1,68
P8	0,061	2,44	0,056	2,24	0,046	1,84	0,063	2,52	0,033	1,32	0,045	1,8	0,042	1,68

Tabla de recolección de datos de cantidad de cromo de Ortho Organizers liberado durante 28 días/ lectura de espectrofotometría ecuación para transformar a µg/ día de observación con 10 observaciones / fecha / número de muestra C= control, S= Submandibular P= Parótida

	Lectura de espectrofotómetro	40ml xlectura de espectrofotómetro x 1L/1000ml x 1000 microgramos/1mg												
	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg	mg/L	µg
Día de observación	1		2		3		4		5		6		7	
Fecha	16/03/2011		18/03/2011		21/03/2011		23/03/2011		25/03/2011		28/03/2011		01/04/2011	
C1	0,031	1,24	0,028	1,12	0,058	2,32	0,055	2,2	0,039	1,56	0,042	1,68	0,038	1,52
C2	0,037	1,48	0,047	1,88	0,061	2,44	0,069	2,76	0,03	1,2	0,035	1,4	0,033	1,32
C3	0,041	1,64	0,028	1,12	0,042	1,68	0,05	2	0,029	1,16	0,044	1,76	0,049	1,96
C4	0,043	1,72	0,034	1,36	0,055	2,2	0,062	2,48	0,066	2,64	0,037	1,48	0,045	1,8
S1	0,058	2,32	0,057	2,28	0,046	1,84	0,051	2,04	0,073	2,92	0,066	2,64	0,047	1,88
S2	0,073	2,92	0,038	1,52	0,039	1,56	0,052	2,08	0,057	2,28	0,053	2,12	0,061	2,44
S3	0,046	1,84	0,048	1,92	0,038	1,52	0,064	2,56	0,078	3,12	0,076	3,04	0,046	1,84
S4	0,061	2,44	0,066	2,64	0,035	1,4	0,073	2,92	0,058	2,32	0,042	1,68	0,047	1,88
S5	0,07	2,8	0,066	2,64	0,049	1,96	0,067	2,68	0,054	2,16	0,048	1,92	0,059	2,36

S6	0,074	2,96	0,048	1,92	0,054	2,16	0,058	2,32	0,057	2,28	0,063	2,52	0,06	2,4
S7	0,056	2,24	0,031	1,24	0,05	2	0,059	2,36	0,088	3,52	0,063	2,52	0,059	2,36
S8	0,046	1,84	0,042	1,68	0,076	3,04	0,07	2,8	0,052	2,08	0,06	2,4	0,062	2,48
P1	0,072	2,88	0,057	2,28	0,058	2,32	0,062	2,48	0,056	2,24	0,059	2,36	0,041	1,64
P2	0,058	2,32	0,05	2	0,041	1,64	0,069	2,76	0,073	2,92	0,063	2,52	0,05	2
P3	0,056	2,24	0,037	1,48	0,059	2,36	0,067	2,68	0,052	2,08	0,055	2,2	0,047	1,88
P4	0,07	2,8	0,05	2	0,063	2,52	0,058	2,32	0,039	1,56	0,052	2,08	0,063	2,52
P5	0,071	2,84	0,03	1,2	0,056	2,24	0,047	1,88	0,052	2,08	0,071	2,84	0,063	2,52
P6	0,088	3,52	0,032	1,28	0,065	2,6	0,048	1,92	0,058	2,32	0,074	2,96	0,063	2,52
P7	0,081	3,24	0,026	1,04	0,078	3,12	0,077	3,08	0,051	2,04	0,067	2,68	0,059	2,36
P8	0,085	3,4	0,039	1,56	0,069	2,76	0,062	2,48	0,05	2	0,065	2,6	0,059	2,36