



**CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA FÍSICA LUEGO DE SOMETER Y VALIDAR
PROCESOS DE DESINFECCIÓN EN ARCOS ORTODÓNTICOS DE NITI PARA
SU REUSO EN UN MISMO PACIENTE**

ANDRÉS FELIPE ALDANA JARAMILLO

JAIRO ANDRÉS SUÁREZ GRISALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

ESPECIALIZACIÓN EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOFACIAL

MANIZALES

2022

**CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA FÍSICA LUEGO DE SOMETER Y VALIDAR
PROCESOS DE DESINFECCIÓN EN ARCOS ORTODÓNTICOS DE NITI PARA
SU REUSO EN UN MISMO PACIENTE**

Autores

ANDRÉS FELIPE ALDANA JARAMILLO, O.D.

JAIRO ANDRÉS SUÁREZ GRISALES, O.D.

**Proyecto de grado para optar al título de Especialista en Ortodoncia y Ortopedia
Dentofacial**

Tutor

JORGE EDUARDO BARRERA RODRIGUEZ, O.D, Ortod.

Co-tutor

ADALUCY ALVAREZ ALDANA, BSc, MSc, PhD.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

ESPECIALIZACIÓN EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOFACIAL

MANIZALES

2022

RESUMEN DEL PROYECTO

Objetivo: Identificar los cambios en las propiedades físicas de los alambres de níquel-titanio después de aplicar desinfección en frío para su reuso en un mismo paciente.

Metodología: Investigación de tipo experimental *in vitro* para identificar si las técnicas de desinfección con jabón enzimático y desinfección en frío con glutaraldehído al 2% son técnicas apropiadas para la reutilización de arcos de NiTi considerando las condiciones topográficas y eliminación de bacterias.

Resultados: El estudio encontró que los cambios en las propiedades físicas de los alambres de NiTi son insignificantes y que la técnica de desinfección en frío con glutaraldehído al 2% requiere un abordaje de la metodología diferente para evaluar la efectividad de la eliminación de los microorganismos, ya que la utilizada no generó resultados reproducibles, pero si promisorios.

Conclusiones: Con la investigación se observa que la reutilización de los alambres de NiTi no representaría un alto nivel de riesgo para los pacientes en la calidad del tratamiento y se recomienda realizar cambios en la metodología de evaluación de efectividad de la desinfección con la técnica en frío de glutaraldehído al 2% para confirmar que la desinfección es segura y se pueda recomendar la reutilización de los arcos NiTi.

Palabras Clave: Alambres de NiTi, Esterilización, Reutilización, Riesgo

ABSTRACT

Objective: To identify the changes in the physical properties of nickel-titanium wires after applying a cold disinfection technique to be able to be reused in the same patient.

Methodology: In vitro experimental type research to identify if the disinfection techniques with enzymatic soap and cold disinfection with 2% glutaraldehyde are appropriate techniques for the reuse of NiTi arches considering the topographic conditions and elimination of bacteria.

Results: The study found that the changes in the physical properties of NiTi wires are insignificant and that the cold disinfection technique with 2% glutaraldehyde requires a different methodological approach to evaluate the effectiveness of the elimination of the 2% glutaraldehyde. microorganisms, since the one used did not generate reproducible results, but promising ones.

Conclusions: With the investigation it is observed that the reuse of NiTi wires would not represent a high level of risk for patients in the quality of treatment and it is recommended to make changes in the methodology for evaluating the effectiveness of disinfection with the technique. 2% glutaraldehyde cold test to confirm that disinfection is safe and reuse of NiTi wires can be recommended.

Keywords: NiTi wires, Sterilization, Reuse, Risk

TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN	10
2	ANTECEDENTES	11
3	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
4	JUSTIFICACIÓN	18
5	REFERENTE TEÓRICO	19
6	IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS EN LOS ARCOS	32
7	OBJETIVOS	34
7.1	OBJETIVO GENERAL	34
7.1.1	Objetivos Específicos	34
8	METODOLOGÍA	35
8.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
8.1.1	Criterios De Inclusión	35
8.1.2	Criterios De Exclusión	35
8.1.3	Procedimiento General	36
8.1.4	Análisis Estadístico	36
9	DETERMINACIÓN DE LA DESINFECCIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS Y DE LOS CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE LOS ARCOS.	38
10	RESULTADOS DE LA SUPERFICIE TOPOGRÁFICA DE LOS ALAMBRES DE NÍQUEL-TITANIO LUEGO DE APLICAR TÉCNICAS DE DESINFECCIÓN CON GLUTARALDEHÍDO AL 2%	40
11	RESULTADOS DE LA DESINFECCIÓN EN FRÍO EN ALAMBRES DE NÍQUEL-TITANIO DESPUÉS DE CONTAMINARLOS CON BACTERIAS PATÓGENAS.	45
12	RIESGO DEL RE-USO DE LOS ALAMBRES DE ARCOS DE ORTODONCIA, CONSIDERANDO LOS CAMBIOS EN LA SUPERFICIE Y LA CONTAMINACIÓN MICROBIANA.	58

13	DISCUSIÓN	59
14	CONCLUSIONES	73
15	RECOMENDACIONES	74
16	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de Presencia de microorganismos.....	28
Tabla 2 Dosificador de los productos	29
Tabla 3 Niveles de desinfección de acuerdo con el microorganismo.....	30
Tabla 4 Mecanismos de acción de los compuestos	31
Tabla 5 Clasificación cualitativa de arcos Bioforce	42
Tabla 6 Clasificación cualitativa de arcos Copper NiTi.....	43
Tabla 7 Resultados de la desinfección de los arcos tipo B en agar Chromocult, BPA, PCA, PDA	45
Tabla 8 Resultados de la desinfección de los arcos tipo C en agar Chromocult, BPA, PCA, PDA	51
Tabla 9 Proporción de arcos evaluados que presentaron una reducción en el recuento de unidades formadoras de colonia (UFC/cm ²) de acuerdo con el tipo de microorganismo y tipo de arco	54
Tabla 10 Valores del recuento de unidades formadoras de colonia cuando el proceso de desinfección redujo la carga bacteriana.....	55
Tabla 11 Categorización del Recuento de unidades formadores de colonia (%) de acuerdo con el tipo de arco y microorganismo después del proceso de desinfección	57
Tabla 12 Clasificación de los arcos Copper Ni-Ti y Bioforce de acuerdo con su riesgo de infección o de alteraciones	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 División de cada medio de cultivo (PCA, Chromocult, ABP, PDA).....	39
Figura 2 Evaluación microscópica de muestra de alambres Bioforce sometidos con glutaraldehído al 2%	40
Figura 3 Evaluación microscópica de muestra de alambres Bioforce Nuevos.....	41
Figura 4 Medio de cultivo Chromocult. Se observa crecimiento de UFC en el control y ninguna UFC en los segmentos de siembra después de la desinfección	47
Figura 5 Medio de cultivo Chromocult. Se observa crecimiento de UFC de coliformes y E. coli en el control y de coliformes en los tres segmentos de siembra después de la desinfección	48
Figura 6 Medio de cultivo BPA. Se observa crecimiento de UFC en el control y ninguna UFC en los segmentos de siembra después de la desinfección	48
Figura 7 Medio de cultivo BPA. Se observa crecimiento de UFC en el control y UFC en menor proporción en los segmentos de siembra después de la desinfección	49
Figura 8 Medio de cultivo BPA. Se observa crecimiento en el control y también en todos los segmentos de siembra después de la desinfección.....	49
Figura 9 Medio de cultivo PCA. Se observa crecimiento de UFC en el control y ninguna UFC en los segmentos de siembra después de la desinfección	50
Figura 10 Medio de cultivo PCA. Se observa crecimiento en el control y también en todos los segmentos de siembra después de la desinfección.....	50
Figura 11 Medio de cultivo Chromocult. Se observa crecimiento de UFC de coliformes y E. coli en el control y de coliformes y en menos proporción E. coli en los tres segmentos de siembra después de la desinfección (Arco 3C) y UFC en un solo segmento de los tres (A. 53	
Figura 12 Medio PCA. No hay UFC después de la desinfección en ninguna de las repeticiones (Arco 8C), otros con UFC en uno de los segmentos de las tres repeticiones (Arco 1C) o UFC en todos los segmentos (Arco 10C).....	53

LISTA DE SIGLAS

NiTi	Níquel-Titanio
CuNiTi	Cobre Níquel Titanio
DHS	Esterilización con calor seco
CR	Reciclaje clínico
SEM	Microscopía óptica de barrido de electrones
AFM	Microscopía de fuerza atómica
VHB	Hepatitis B
VHC	Hepatitis C
VIH	Virus de inmunodeficiencia humana
CDC	Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades –en inglés Center for Diseases Control and Prevention
QAC	Amonio cuaternario
psi	Libras por pulgada cuadrada
DAN	Desinfección de alto nivel
DNI	Desinfección de nivel intermedio
DBN	Desinfección de bajo nivel
IAAS	Infección asociada a la atención en salud
UFC	Unidades formadoras de colonias
mL	Mililitros
mm	Milímetro
s	Segundos
ATCC	Tipos de cultivo de la colección americana –en inglés American Type Culture Collection
PCA	Plate Count Agar
PDA	Agar de papa y dextrosa –en inglés Potato Dextrose Agar
TMA	Titanio molibdeno
PSE	Niti Pseudoelástico
TE	Niti Termoelástico

1 PRESENTACIÓN

La presente investigación realiza un análisis relacionado con los procesos de desinfección de los alambres de Níquel-Titanio (NiTi) de la marca comercial Bioforce y Cooper NiTi (CuNiTi) con un método de desinfección en frío con jabón enzimático y glutaraldehído al 2 %. La investigación analiza este método de esterilización de los alambres de NiTi considerando que los profesionales de salud bucal han ido generalizando una práctica de reutilización de los arcos de NiTi debido a los altos costos asociados con este producto.

Es así, que esta investigación pretende analizar la efectividad de este método de desinfección con el objetivo de determinar el riesgo que presenta el proceso de reutilización de los alambres de NiTi y CuNiTi al evaluar las condiciones topográficas de los alambres y la efectividad de la desinfección bacteriana en los mismos para no afectar ni la calidad del tratamiento ortodóntico ni la salud de los pacientes.

Para cumplir con este objetivo se presentarán los antecedentes investigativos y el planteamiento del problema con una sustentación teórica del tema. El diseño metodológico fue un estudio de tipo descriptivo transversal que permitió realizar una serie de procesos en el laboratorio para determinar los cambios topográficos y la efectividad de la desinfección bacteriana en dos diferentes marcas de arcos de NiTi: Bioforce y Cooper NiTi. Después de describir los resultados se planteó una discusión para llegar a las conclusiones y recomendaciones.

2 ANTECEDENTES

La Ortodoncia es la rama de la Odontología encargada de prevenir, diagnosticar, interceptar y tratar las mal posiciones dentales y trastornos maxilofaciales, esto se logra por medio de la utilización de diferentes dispositivos como lo son la aparatología ortopédica (que puede ser fija o removible) o por medio de aparatología fija como los Bracket.

Para realizar la atención de los pacientes sometidos a cualquier tipo de tratamiento se utiliza instrumental que entra en contacto directo con la cavidad oral y sus fluidos, puntualmente durante los tratamientos de ortodoncia además de usar instrumental se requiere la utilización de insumos como lo son los arcos de materiales como NiTi, CuNiTi, acero y demás que son los que permiten entre otros lograr los objetivos del tratamiento. Dentro de lo normal estos arcos permanecen en boca durante un mes que es el tiempo que transcurre entre controles, pero, por diferentes motivos, estos arcos podrían durar más tiempo en la cavidad oral o se ve la necesidad de reutilizarlos debido a que el costo de algunos de los arcos como los de Cooper NiTi (CuNiTi) o los de NiTi termoactivos (Bioforce) es más elevado en comparación con arcos de NiTi convencionales.

Existen investigaciones en las cuales se han evaluado diferentes agentes para la desinfección y procesos de esterilización de instrumental odontológico y alambres de ortodoncia, mostrando resultados en cuanto a la eliminación de microorganismos, pero la presente investigación también evalúa las diferencias en las propiedades físicas y topográficas de la superficie de los arcos de ortodoncia NiTi y CuNiTi.

En el 2013, M. Oshagh et al (1) evaluaron los efectos en las propiedades mecánicas de los alambres de ortodoncia al ser reciclados o esterilizados en autoclave, evaluando 30 alambres de ortodoncia de acero inoxidable, que dividieron en tres grupos iguales de la siguiente forma: control, autoclave (esterilizado en autoclave) y grupo de reciclaje (los alambres se usaron para pacientes de ortodoncia hasta 4 semanas, se limpiaron con alcohol isopropílico y se esterilizaron en autoclave). En esta investigación se determinaron las

propiedades mecánicas (prueba de tracción, prueba de carga de tres puntos para la curva de carga-deflexión). El estudio concluye que, aunque los alambres reciclados fueron más suaves ya que ejercen menos fuerza que los del grupo de control, las diferencias fueron relativamente pequeñas. Las diversas propiedades de los alambres disponibles han disminuido la predictibilidad clínica de su aplicación, sin embargo, aparentemente no hay problema en términos de propiedades mecánicas para reciclar alambres de ortodoncia.

S. Kapila et al. en 1990 (2), analizaron los cambios en la curva carga-deflexión de los alambres de NiTi al ser esterilizados con calor seco o reciclaje clínico, en la cual sometieron a una prueba de flexión de tres puntos dos tipos de alambres de NiTi en tres condiciones: la primera tal como se recibió (T0), después de un ciclo (T1) y dos ciclos (T2) de esterilización con calor seco (DHS) o reciclaje clínico (CR). Diez alambres comprendieron cada submuestra. En esta investigación concluyeron que tanto la esterilización con calor seco (DHS) como el reciclaje clínico (CR) produjeron cambios significativos en las características de carga y descarga de los alambres de NiTi. Sin embargo, los cambios en las características de deflexión de la carga de estos alambres después del DHS solo fueron relativamente pequeños, y la importancia clínica de estos cambios es cuestionable.

Autores como Sreekanth. et al. en el 2012 (3), evaluaron los efectos de diferentes tipos de esterilización sobre el módulo de elasticidad y la superficie topográfica de arcos de Cooper NiTi, en la que se realizó una prueba de flexión de tres puntos junto con una prueba de tracción para evaluar el módulo de elasticidad. Se usaron imágenes del microscopio electrónico de barrido para evaluar los cambios en la topografía de la superficie. En dicha investigación concluyeron que la esterilización con calor seco y la esterilización en autoclave tienen cambios mínimos en las propiedades de tracción de estos alambres después de uno o dos ciclos de procedimientos de esterilización, pero no son estadísticamente significativos y además no se encontraron efectos perjudiciales en la topografía de la superficie con calor seco o autoclave. Los resultados respaldan el uso de estos procedimientos de esterilización como parte del proceso de control de infección si el

clínico elige reutilizar estos arcos por una sola vez. Sin embargo, dado que últimamente existe una fácil disponibilidad y un costo modesto de estos alambres, ellos recomiendan utilizar arcos nuevos que se suministran con paquetes esterilizados sellados para que cada paciente cumpla con los estándares de higiene y esterilización actualmente admisibles.

B. Ramazanzadeh et al. en el 2014 (4), evaluaron la curva de carga-deflexión de arcos de NiTi superelásticos que estuvieron en un ambiente similar al medio oral y posteriormente fueron esterilizados. En dicha investigación tomaron treinta muestras de N-Ti de una sola cadena (Rematitan "Lite"), Multi-strand Ni-Ti (SPEED Superalambre) y CuNiTi (Damon Copper NiTi). Diez arcos de cada material fueron sometidos a una prueba de flexión de tres puntos en la condición tal como se recibió (T0). Los arcos restantes se mantuvieron en un entorno oral simulado durante 2 meses. Luego, la mitad de estos arcos se probaron para determinar sus propiedades de carga deflexión (T1), mientras que otros fueron esterilizados en autoclave antes de la prueba (T2). Desde el estudio se reconoce que el súper alambre es útil cuando se requiere de una fuerza muy ligera durante el tratamiento de ortodoncia, por ejemplo, en casos de apiñamiento severo y dientes traumatizados. Damon Copper NiTi puede ser adecuado para el tratamiento de ortodoncia de rutina en pacientes adolescentes y adultos. Sugirieron que los clínicos que deseen reciclar alambres de NiTi utilicen la esterilización en autoclave.

Isac J. et al en el año 2015 (5), evaluaron los efectos del uso clínico y la esterilización en la superficie topográfica y la rugosidad superficial de los alambres de acero inoxidable, NiTi y TMA. En este estudio realizaron un protocolo de esterilización de 134°C durante 18 minutos utilizando autoclave. La topografía de la superficie de las muestras de cada subgrupo se examinó utilizando un microscopio electrónico de barrido ambiental (modelo ESEM Quanta 200, Países Bajos) con aumentos de $\times 100$, $\times 1000$ y $\times 2500$. La rugosidad de la superficie se midió utilizando los valores de la rugosidad media aritmética (Ra) obtenidos del escaneo profilométrico óptico (Taylor Hobson, Leicester, Reino Unido). Encontraron que la rugosidad de la superficie de los arcos de acero inoxidable aumentó significativamente después del uso clínico, sin embargo, la esterilización en autoclave no

afectó considerablemente las características de la superficie de ningún arco. Ellos en su investigación no informan si existe viabilidad para la reutilización de dichos alambres.

C. Pernier et al. en el 2005 (6), analizaron la influencia que tenía la esterilización en autoclave sobre los parámetros de la superficie y las propiedades mecánicas de seis tipos de arcos de ortodoncia. Las diferentes aleaciones fueron analizadas en el momento de la recepción y después de la esterilización, utilizando técnicas de observación de la estructura de la superficie, incluidas microscopía óptica de barrido de electrones (SEM) y de fuerza atómica (AFM) y profilometría. Las propiedades mecánicas se evaluaron mediante pruebas de flexión de tres puntos. Concluyendo que la profilometría óptica, SEM y AFM no proporcionaron pruebas claras de ningún cambio significativo en las características de la superficie de las aleaciones probadas. Hallaron que los pocos cambios observados después de la esterilización fueron mínimos (+0.05 μm), y todos mostraron un ligero aumento en la rugosidad que no tendría ningún efecto en el uso clínico diario de los alambres. Por último, manifestaron que las pruebas de flexión de tres puntos tampoco mostraron cambios en el comportamiento después de la esterilización para movimientos de hasta 3mm.

Ya en el 2017 Barrera et al. (7), realizaron la evaluación de la efectividad del alcohol etílico al 80%, amonio cuaternario y glutaraldehído al 2% en el instrumental de ortodoncia. En esta investigación se realizó un estudio experimental *in vitro*, en la que se escogieron 48 pinzas de ortodoncia, separadas en cuatro grupos. Una vez realizada la contaminación bacteriana en el instrumental, este fue sometido a pruebas microbiológicas en dos fases. La primera fue una recolección inmediata de microorganismos y en la segunda, el mismo instrumental fue desinfectado a través de frote por diez segundos (10 s) con una gasa estéril para tres grupos experimentales (alcohol etílico a 80%, amonio cuaternario y glutaraldehído al 2%) y un grupo control esterilizado en autoclave. Concluyeron en sus análisis que no existen diferencias en el nivel de descontaminación entre instrumentos de ortodoncia esterilizados con autoclave y los desinfectados con alcohol etílico al 80 %, amonio cuaternario y glutaraldehído al 2 %.

Posteriormente Amaya et al. (8) en el 2020, evaluaron los cambios en las propiedades mecánicas de dos arcos de NiTi después de tres meses de uso clínico, en esta investigación se realizaron análisis *in vitro* y clínico donde se escogieron un total de 24 arcos de NiTi de los cuales 12 eran arcos de NiTi austenítico (PSE) y 12 arcos de NiTi martensítico (TE) de los cuales se armaron cuatro grupos de seis. Los dos primeros grupos fueron alambres nuevos (tal como se recibieron), que se usaron como controles (T0), y los otros dos fueron recolectados después de 3 meses de uso clínico (tal como se recuperaron) en pacientes de ortodoncia (T1). Las propiedades mecánicas se midieron mediante ensayos mecánicos de tracción y ensayos de flexión de tres puntos en las mismas condiciones experimentales y de temperatura (36°C) en una máquina de ensayo universal. Después de 3 meses de uso clínico, tanto los alambres PSE como los TE perdieron algunas de sus propiedades mecánicas, como la carga en la fractura en los alambres PSE, y la resistencia máxima a la flexión en los alambres TE, en este estudio concluyeron que los cambios en las propiedades mecánicas después de 3 meses de uso clínico fueron similares para ambas aleaciones TE y PSE

3 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene como propósito determinar **¿Cuáles son los cambios en las propiedades físicas de los alambres de Ni-Ti después de aplicar una técnica de desinfección en frío?**

La reutilización de los alambres en ortodoncia ha sido una práctica que se presenta en el ejercicio profesional y que se realiza con cierta seguridad, debido a la existencia de múltiples investigaciones que aseguran que los alambres conservan sus propiedades físicas al realizar una esterilización con calor húmedo o desinfección en frío. Por su parte, los ortodontistas argumentan que este insumo entra en contacto con los fluidos orales y los diferentes tipos de alimentos que el paciente consume en su dieta, generando cambios de temperatura y fuerzas o tensiones en dichos alambres durante el tiempo que el paciente está sin que se le realice el siguiente control (Generalmente son controles mensuales, aunque en algunos casos por el tiempo de los pacientes se puede extender por varios meses), aun teniendo en cuenta lo mencionado, el uso del mismo alambre sigue siendo eficaz para continuar el tratamiento ortodóntico, siempre y cuando conserve su forma y el profesional desde su experticia reconozca que desde este tipo de elemento se puede lograr el objetivo programado para el paciente. También cabe recalcar que a estos alambres se les puede realizar procesos de esterilización con calor húmedo o desinfección en frío con distintas soluciones y así permitir su embalaje y posterior utilización en el mismo paciente. Todo esto antes mencionado demuestra la necesidad de que exista un mayor aporte investigativo acerca de las cualidades físicas, mecánicas y biológicas que pueden perder los arcos en estos procesos.

Los arcos de ortodoncia que se utilizan en la práctica diaria podrían someterse a una desinfección que consta en la destrucción de microorganismos patógenos, pero no eliminan los productores de endosporas o microorganismos resistentes como los agentes etiológicos de la tuberculosis y hepatitis (*M. tuberculosis* y virus de la hepatitis) o someterse a una esterilización que es la destrucción de todas las formas de vida microbiana, incluyendo

virus y endosporas/esporas. Los términos esterilización y desinfección, aunque claramente diferentes son con frecuencia confundidos y utilizados incorrectamente.

4 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se justifica al analizar que cada vez más los profesionales de la salud oral y específicamente los especialistas en ortodoncia han reutilizado los alambres de NiTi como un mecanismo para reducir los costos en los tratamientos de ortodoncia, sin embargo, una de las principales preocupaciones de estos profesionales se encuentra en la capacidad de ofrecer un tratamiento de ortodoncia con estándares de calidad y seguridad para el paciente. De ahí, que los ortodoncistas tengan una mayor preocupación por implementar técnicas de desinfección para ofrecer a sus pacientes buenas condiciones de atención, y lograr el objetivo programado para el paciente.

Como se ha nombrado anteriormente la desinfección de alto nivel destruye toda forma vegetativa de microorganismos y además endosporas/esporas en tiempos prolongados de exposición, por lo cual los ortodoncistas la ven como una forma viable para que sea posible una reutilización de los arcos. Sin embargo, los estudios demuestran que existe controversia sobre la manera o el método más adecuado de desinfección y esterilización del instrumental utilizado para procedimientos ortodónticos. Se han realizado múltiples estudios que establecen varias condiciones para los casos en los cuales pueda presentarse una reutilización de arcos, sin embargo, son carentes de información sobre la evaluación de la efectividad de la desinfección y no presentan en su totalidad los cambios en las propiedades físicas de los alambres de NiTi posterior a la desinfección o esterilización, por ello la importancia del presente estudio para identificar los cambios en la superficie topográfica de los alambres, la desinfección microbiana y el riesgo del re-uso de estos. Además, al analizar la bibliografía sobre esta problemática a nivel nacional es escasa y, por ende, ayuda a afianzar los conocimientos que se tienen sobre las técnicas de desinfección en frío y su impacto en las condiciones y propiedades físicas de los alambres de NiTi.

5 REFERENTE TEÓRICO

Los arcos utilizados para realizar los tratamientos ortodónticos son pieza fundamental ya que estos son los que permiten realizar movimientos dentales, el éxito de los tratamientos depende del tipo de alambre utilizado para ejercer fuerza sobre los dientes (9). Las aleaciones de NiTi son adecuadas para muchas fases diferentes del tratamiento de ortodoncia (10) Debido a esto, el uso de arcos de NiTi se hizo predominante especialmente en la fase de alineación y nivelación debido a su capacidad para ejercer una fuerza ligera y continua (11).

Cuando el profesional decide por cualquier motivo reutilizar los arcos de ortodoncia en el mismo paciente debe tener en cuenta la exposición de estos a diferentes fluidos y microorganismos. Es indispensable prevenir la contaminación cruzada, tanto por parte de los odontólogos generales como por los especialistas en distintas ramas. En el caso de la ortodoncia cuando los arcos de alambre entran en contacto con fluidos de la cavidad oral son considerados semicríticos, ya que se contaminan con microorganismos existentes en la boca de los pacientes, por lo que hace al control de la desinfección un aspecto importante y necesario (12).

Los instrumentos utilizados en la práctica médica y odontológica se clasifican en tres categorías según el riesgo de infección, la necesidad de esterilizarlos entre usos y su nivel de contaminación (13):

- **Críticos:** son aquellos instrumentos que entran en contacto con el sistema vascular o con tejidos estériles, es decir, rompen la barrera mucosa y penetran tejido blando, entran en contacto con el hueso, penetra o entra en contacto con el torrente sanguíneo. Los artículos o instrumentos críticos son bandas, agujas hipodérmicas, ligaduras metálicas, botones, aditamentos, arcos metálicos, removedores de bandas.
- **Semicríticos:** instrumentos que tocan los tejidos orales pero que no penetran en los tejidos duros o blandos. Deben esterilizarse después de cada uso; si la esterilización no es posible porque el material no es resistente al calor, los instrumentos deben al

menos someterse a una desinfección de alto nivel. Cuando contacta con membranas mucosas y piel no intacta. No penetra tejidos blandos, ni hueso y no entra en contacto con el torrente sanguíneo del paciente (14).

- **No críticos:** tocan solo la piel intacta y solo deben desinfectarse o limpiarse.

La ortodoncia clínica, es una especialidad que generalmente tiene más flujo de pacientes que otras especialidades odontológicas, por lo tanto, exige la planificación y organización de procedimientos de esterilización y desinfección para garantizar una mayor protección tanto para los pacientes como para el clínico. La desinfección no reemplaza la esterilización, por tal motivo, todo el material que pueda someterse a la esterilización nunca debe ser sólo desinfectado. Sin embargo, un error común entre los ortodoncistas es ver la desinfección como una alternativa a la esterilización (15).

El término esterilización hace referencia a la eliminación de todas las formas de material viviente incluyendo bacterias, virus, hongos y endosporas/ esporas. Por lo general incluyen sistemas de calor o radiación. Constituye el procedimiento a seguir con los instrumentos invasivos como el instrumental quirúrgico y material que va a ser introducido al cuerpo del paciente (16). La desinfección es el proceso físico o químico que extermina o destruye los microorganismos patógenos y no patógenos, pero rara vez elimina esporas. En contraposición al significado de esterilización, desinfección no es algo absoluto, lo que busca es disminuir la patogenicidad de los microorganismos para evitar que puedan causar daño alguno. Un elemento esterilizado está forzosamente desinfectado, pero un elemento desinfectado no es estéril. Este proceso se lleva a cabo con objetos inanimados mediante el uso de sustancias desinfectantes cuya composición química ejerce una acción nociva para los microorganismos y a veces para los tejidos humanos (17).

Las infecciones pueden transmitirse por contacto directo con sangre y fluidos orales o, indirectamente por contacto con instrumentos o superficies contaminadas. Algunos de los patógenos potencialmente transmisibles son hepatitis B y C (VHB y VHC), virus del herpes simple, virus de inmunodeficiencia humana (VIH), bacterias como *Mycobacterium tuberculosis*, o diferentes especies de *Staphylococcus* y *Streptococcus*, y otros

microorganismos responsables de infecciones del tracto respiratorio superior como SARS-CoV-2. No todas las personas con enfermedades importantes pueden identificarse antes de que se realice un procedimiento; por lo tanto, todos los pacientes, indiscriminadamente, deben considerarse potencialmente contaminados y, en consecuencia, deben tomarse precauciones estándar en todos los procedimientos con todos los pacientes (18).

La ortodoncia se ha caracterizado por la multiplicidad de vehículos transmisores de enfermedades (equipos, instrumental, manos del operador, entre otros), generando serios riesgos de infección al clínico, a los auxiliares y a los pacientes (19). Por trabajar con pacientes que hacen parte de los grupos etarios de infancia y juventud, comparada a otras especialidades, muchos ortodoncistas son reincidentes en la diseminación de infección cruzada, por pensar que sus pacientes forman parte de un grupo de bajo riesgo. Este hecho viene contribuyendo para que la ortodoncia se clasificara como la segunda especialidad con más casos de profesionales contaminados con hepatitis B, siendo superada solamente para la cirugía maxilofacial (20).

Algunos de los métodos de desinfección que se han utilizado en diferentes estudios son:

- Alcohol etílico al 80%: es un desinfectante de rápida acción. Se utiliza para desinfección de instrumentos y superficies (instrumental no crítico). En caso de no ser posible usar calor seco (horno) o vapor (autoclave), se aplica este producto que se evapora y no deja residuos. Desinfecta equipos, instrumentos y superficies en 5 minutos. Es ideal para disminuir el riesgo de transmisión de agentes infecciosos entre pacientes y personal. Modo de empleo: lavar y enjuagar previamente el material a usar, luego se aplica el producto sobre la superficie. No se debe aplicar en conexiones eléctricas, ni en rodamientos, se debe proteger del calor. Los alcoholes exhiben una actividad antimicrobiana de amplio espectro rápida contra virus, hongos y las formas vegetativas de las bacterias (incluyendo micobacterias), pero no son esporicidas. Sin embargo, se sabe que inhiben la esporulación y la germinación de esporas, pero este efecto es reversible. Debido a la falta de actividad esporicida, los alcoholes no se recomiendan para la esterilización, pero son ampliamente utilizados tanto para la desinfección de la

superficie dura como para la antisepsia de la piel. Este es un germicida de nivel intermedio, según la clasificación del *Center for Diseases Control and Prevention* (CDC) (21).

- Amonio cuaternario: son catiónicos tensioactivos que introducidos a finales de 1930 junto con los primeros antibióticos sulfamidas, se utilizan principalmente como antisépticos y desinfectantes en hogares, centros de salud, agricultura y la industria, son eficaces contra una variedad de bacterias, hongos y virus en concentraciones muy bajas. Los agentes tensioactivos tienen dos regiones en sus estructuras moleculares, una hidrocarbonada (hidrofóbica) y la otra un grupo atrayente (hidrófilo o polar). Dependiendo de la base de la carga o de la ausencia de ionización del grupo hidrófilo, los tensioactivos se clasifican en compuestos catiónicos, aniónicos, no iónicos y anfólicos (amínicos). De éstos, los agentes catiónicos son los antisépticos y desinfectantes más útiles (22).
- Los QAC son desinfectantes eficaces que han contribuido a mantener unas normas sanitarias aceptables al asegurar una carga microbiana significativamente reducida. Debido a que son ampliamente utilizados en aplicaciones domésticas, agrícolas, industriales y clínicas, los seres humanos y los microorganismos están en contacto constante con ellos. A veces se les conoce como detergentes catiónicos. Los QAC se han usado para una variedad de propósitos clínicos (por ejemplo, desinfección preoperatoria de piel intacta, aplicación a membranas mucosas y desinfección de superficies no críticas). Además de poseer propiedades antimicrobianas, también son excelentes para la limpieza y desodorización de superficies duras. Se sabe desde hace muchos años que los QAC son agentes membrano-activos, es decir, con un sitio diana predominantemente en la membrana citoplasmática en bacterias o en la membrana plasmática en levaduras. Salton propuso la siguiente secuencia de eventos con microorganismos expuestos a agentes catiónicos: (I) adsorción y penetración del agente en la pared celular; (II) reacción con la membrana citoplásmica (lípidos o proteínas) seguida por desorganización de la membrana; (III) fugas de material intracelular de bajo peso molecular; (IV) degradación de proteínas y ácidos nucleicos; y (V) lisis de pared causada por enzimas autolíticas. Por lo tanto, hay una pérdida de la organización estructural y de la integridad

de la membrana citoplasmática en las bacterias, junto con otros efectos perjudiciales para la célula bacteriana. Los QAC son además esporo-estáticos y son bacteriostáticos para las micobacterias (23).

- Calor húmedo (autoclave): es el método de esterilización más usado actualmente en el medio por su eficacia y costo para el gremio odontológico. El calor húmedo destruye los microorganismos por coagulación de sus proteínas celulares. El principal método de esterilización que emplea calor húmedo es la esterilización por vapor a presión. Existen otros métodos de descontaminación que emplean el calor, los cuales, aunque no permiten la destrucción total de los microorganismos, disminuyen la carga microbiana que posee un material. Entre estos métodos podemos citar:
 - Tindalización (esterilización fraccionada)
 - Agua hirviendo
 - Pasteurización
 - Olla de presión.
 - Esterilización por vapor a presión

La esterilización por vapor a presión se lleva a cabo en una autoclave. Estos equipos emplean vapor de agua saturado, a una presión de 15 psi, lo que permite que la cámara alcance una temperatura de 121°C. El tiempo de esterilización usualmente es de 15 minutos, sin embargo, en algunas oportunidades, dadas las características del material, es necesario variar el tiempo de esterilización (24).

Cuando se utiliza este método es importante controlar en la autoclave la relación entre la temperatura, la presión y el tiempo de exposición, ya que éstos son factores críticos en el proceso. Sólo cuando el vapor se coloca bajo presión, es cuando su temperatura aumenta por encima de los 100°C y esto permite alcanzar las temperaturas de esterilización (121°C) (25)(26).

Entre las ventajas de este método de esterilización tenemos que no deja residuos, las autoclaves modernas son sencillas de manejar y es un método rápido de esterilización. Éste es el método de elección para esterilizar materiales termoestables y no sensibles a la humedad como, instrumental odontológico en general. La esterilización con calor húmedo

puede causar corrosión de algunos materiales, por lo tanto, no será el método a elegir cuando esto sea un problema, así como también no se debe usar en materiales sensibles al calor para evitar dañarlos (27)

Las medidas para la prevención y control de infecciones en odontología tienen como objetivo disminuir los riesgos de transmisión de enfermedades entre el personal y pacientes, y entre pacientes, con un adecuado manejo de áreas, un controlado manejo de material de uso crítico, semicrítico y no crítico y prevención de contaminación cruzada debido a una exposición permanente a fluidos corporales, mucosas y piezas dentales (27)

Recomendaciones generales para el procesamiento de artículos utilizados en la atención odontológica.

1. Antes de la esterilización o desinfección el material debe ser lavado con métodos y productos que aseguren la eliminación de la materia orgánica.
2. El personal a cargo de los procedimientos de limpieza de instrumental debe utilizar barreras protectoras para evitar exposiciones laborales con material cortopunzante o fluidos corporales.
3. Todos los instrumentos dentales críticos y semicríticos que son estables al calor, deben ser esterilizados rutinariamente después de cada uso de referencia en autoclave a vapor siguiendo las instrucciones tanto del fabricante de los instrumentos como de los equipos a utilizar.
4. Para la esterilización de los artículos odontológicos deben cumplirse los mismos principios que para el resto de los artículos de uso médico.
5. No deben utilizarse bandejas o cajas “multiuso” con instrumental sin empaque.
6. Se recomienda el uso de set individual de instrumental por paciente, debidamente estandarizado. (21)

Con respecto a los alambres, estos han tenido una historia importante de desarrollos tecnológicos que generan un mejor comportamiento al momento de ser usados en distintos procesos durante el tratamiento de ortodoncia.

Los alambres de ortodoncia son un metal en forma de hilo que ha sufrido estiramientos por fuerzas fraccionales. Lo podemos utilizar como:

- Elementos activos: aquel que va a liberar una serie de fuerzas controladas y fisiológicas para mover dientes. Por ejemplo: arcos y resortes.
- Elementos pasivos: como retenedores, ligaduras y elementos de estabilización (20)

Entre los factores que se deben tomar en cuenta en la selección del alambre de ortodoncia están:

- Permitir el control en los tres planos del espacio.
- Ser moldeable.
- La aleación debe adaptarse a la técnica o sistema mecánico.
- Resistente a las fuerzas de trabajo.
- Biocompatible, inocuo, estético, suave, resistente a la corrosión.
- Tener alto almacenamiento de energía.
- Tener amplio rango de trabajo.
- Tener baja fricción.
- Tener un costo razonable (20)

Las fuerzas que mueven los dientes durante los tratamientos de ortodoncia proceden, por lo general, de alambres y elásticos. Los alambres almacenan energía que luego liberan, generando estímulos en el ligamento periodontal. Las aleaciones de cobre-níquel-titanio (CuNiTi) fueron desarrolladas para su uso clínico por Sachdeva, en el año 1990 y actualmente representan los alambres con súper elasticidad y memoria en ortodoncia. El agregar cobre a las aleaciones de NiTi permite establecer con precisión su temperatura de trabajo, constando de dos fases, una austenítica o activa, y otra fase con estructura de laminillas, sumamente entretejidas y dispuestas en cortes alternados, llamada fase martensítica o pasiva, en la cual estos alambres son muy flexibles para el uso clínico (27)

Las aleaciones con memoria recuperan su forma como resultado de la transformación de la fase martensítica en austenítica. En el estado martensítico, esta aleación es muy difícil de deformar mediante la aplicación de tensiones, y al eliminar la carga, la deformación persiste lo cual le da la apariencia de una deformación plástica; sin embargo, después de ser deformada, el calentamiento provoca una transformación del material a un estado

austenítico, con lo cual el material recupera su forma original (22), esto es muy conveniente para el propósito clínico de mover los dientes (28).

- Propiedades: Estos alambres se fabrican y comercializan con sensibilidad a tres temperaturas, originando 3 tipos de alambres. Los tipo I superelásticos, activos a los 27°C, cuyas fuerzas son semejantes a los alambres de NiTi tradicionales, recomendados en pacientes con alto umbral del dolor y con periodonto sano; tipo II termoactivos a los 35°C, material que genera fuerzas ligeras, se utiliza en pacientes con periodonto normal o levemente comprometido y con un umbral del dolor normal; tipo III termoactivos a los 40°C, alambres que generan movimiento dental activo en forma intermitente volviéndose rígidos cuando la temperatura oral excede los 40°C y se utilizan en pacientes que no toleran el dolor o que tiene problemas periodontales moderados o severos (26).

Los arcos termoactivados han tenido durante la historia múltiples variaciones de estructura y composición, para obtener el mejor rendimiento posible de estos arcos en boca, por esta razón en el año 1992, GAC presenta el Bioforce, un alambre superelástico que comienza con una fuerza baja y suave para los dientes anteriores y aumenta su fuerza en los dientes posteriores. Posteriormente GAC creó un alambre de níquel-titanio que se sometió a un proceso de implantación de iones, pero no afectó las propiedades superelásticas únicas del Bioforce. La implantación de iones se desarrolló originalmente para su uso en aplicaciones de semiconductores, es una capa en la superficie, por lo tanto, no afecta las dimensiones o propiedades del material y puede aplicarse a prácticamente cualquier material. Esta implantación de iones mejora la resistencia al desgaste, la dureza de la superficie, la resistencia al ataque químico y, lo más importante, reduce la fricción (27). En general los alambres termoactivados resultan sumamente útiles como alambres iniciales en el tratamiento ortodóncico, por su facilidad de colocación en arcadas con dientes severamente desalineados. Sin embargo, por su fabricación, los alambres CuNiTi tienen una superficie delicada y sensible a materiales cortantes o estriados, por lo tanto, es necesario ser cuidadosos en su utilización (28).

Estudios recientes han revelado que los alambres CuNiTi vs los NiTi tradicionales no tienen diferencia significativa en el efecto de aliviar el apiñamiento dentario, así como también el uso de los arcos de CuNiTi resultó en pocas diferencias cuando se comparó la respuesta clínica. Por otro lado, se han publicado estudios en los que se compara si la temperatura de transición de los arcos de CuNiTi tiene un efecto sobre el alineamiento de los dientes, donde se ha concluido que la temperatura de transición de estos arcos ha tenido un efecto directo en la cantidad de movimiento del diente durante la alineación (28).

De acuerdo con el protocolo de limpieza y desinfección de equipos y superficies ambientales en instituciones prestadoras de servicios de salud, de la Secretaría distrital de salud dirección de Salud Pública de Bogotá publicado en septiembre de 2011 se brinda el lineamiento a los comités de infecciones intrahospitalarias de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud, que les permita realizar adecuadamente las actividades de limpieza y desinfección de equipos, superficies ambientales y su proceso de seguimiento (28). Dentro de este se establecen unos niveles de desinfección, estos se basan en el efecto microbicida de los agentes químicos sobre los microorganismos y pueden ser:

- Desinfección de alto nivel (DAN): Es realizada con agentes químicos líquidos que eliminan a todos los microorganismos. Como ejemplos: el ortoftaldehído, el glutaraldehído, el ácido peracético, el dióxido de cloro, el peróxido de hidrógeno y el formaldehído, entre otros.
- Desinfección de nivel intermedio (DNI): Se realiza utilizando agentes químicos que eliminan formas vegetativas bacterias y algunas esporas bacterianas. Aquí se incluyen el grupo de los fenoles, el hipoclorito de sodio, el alcohol, la cetrimida y el cloruro de benzalconio.
- Desinfección de bajo nivel (DBN): Es realizado por agentes químicos que eliminan formas bacterianas vegetativas, hongos y algunos virus en un período de tiempo corto (menos de 10 minutos). Como, por ejemplo, el grupo de amonios cuaternarios.

Tabla 1 Nivel de Presencia de microorganismos

Nivel de desinfección	Bacterias			Hongos	Virus	
	Vegetativas	Bacilos tuberculosos	Esporas		Lípido y tamaño medio	No lípido y tamaño medio
Alto	+	+	+	+	+	+
Medio	+	+	-	+	+	+/-
Bajo	+	-	-	+/-	+	+/-

Fuente: Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR 2003

El signo “+” indica un efecto de eliminación que cabe esperarse cuando se obtuvieron concentraciones de uso normal de desinfectantes químicos o proceso de pasteurización se emplearon adecuadamente; Un “-” indica que hay poco o ningún efecto de eliminación. Solamente los tiempos de exposición prolongados permiten a los químicos desinfectantes de alto nivel eliminar un alto número de esporas bacterianas en las pruebas de laboratorio; sin embargo, son capaces de tener actividad esporicida (29).

En el Manual para limpieza y desinfección de áreas, superficies y equipos biomédicos, del Instituto Nacional De Cancerología ESE 2019, cuyo objetivo es establecer y estandarizar el proceso de limpieza y desinfección de áreas, superficies y equipos biomédicos de acuerdo con los lineamientos establecidos por el CDC (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades) y la SDS (Secretaría Distrital de Salud de Bogotá), mediante la aplicación de estrategias educativas, herramientas de auditoría y control y la generación de oportunidades de mejora para el cumplimiento de las normas y requisitos exigidos en el sistema de garantía de la calidad. En este se establecen los mismos niveles de desinfección que en el protocolo anterior (Alto, medio y bajo). Se especifica que el amonio cuaternario (surfanios) de cuarta generación (cloruro de amonio benzil dimetil alquil), inactiva las enzimas productoras de energía, desnaturaliza las proteínas esenciales de la célula, e interrumpe la membrana de la célula. Áreas: Semicríticas y no críticas. El grupo responsable es el Grupo Gestión Ambiental y Soporte Hotelero, Auxiliar de enfermería,

Técnico de Radiología, Radioterapia y Medicina Nuclear (25). En la tabla 2 se describe la guía de dosificación, siguiendo la instrucción del proveedor.

Tabla 2 Dosificador de los productos

CANTIDAD DE PRODUCTO	CANTIDAD DE AGUA
20 ml	8 litros
15 ml	6 litros
10 ml	4 litros
5 ml	2 litros

Fuente: Manual de limpieza y desinfección hospitalaria, Comité de Infecciones Intrahospitalarias, 2003.

En el Manual de limpieza y desinfección hospitalaria, establecido por el Comité de Infecciones Intrahospitalarias en septiembre de 2003 (30), se describen los principios y fundamentos de la limpieza y desinfección de las distintas áreas del hospital Departamental Mario Correa Rengifo, ubicado en el Valle del Cauca. En este se especifica que los compuestos de amonio cuaternario deben estar en una concentración de 0,4% – 1,6%, y será usado para la limpieza de superficies no críticas. Entre dichas áreas se pueden citar: los consultorios médicos, las salas de espera, los depósitos de medicamentos, la farmacia, los servicios sanitarios, los ascensores, las salas de fisioterapia, los puestos de enfermería, etc. El procedimiento para el aseo es la limpieza y desinfección de bajo nivel. Para la limpieza diaria se puede utilizar agua y jabón desinfectante de amonio cuaternario. Como en general son áreas de gran circulación, lo más importante es la frecuencia de la limpieza. En los depósitos para medicamentos y material limpio y estéril la limpieza debe encaminarse a evitar la acumulación de polvo. Para lograr esto es necesario tener en cuenta la ubicación del local y el tipo de empaque o contenedor de los diferentes elementos (30).

En el Manual de limpieza y desinfección hospitalaria, de la ESE Carmen Emilia, de 2019. El objetivo de este es estandarizar los procesos de limpieza y desinfección en los diferentes servicios de la E.S.E. Carmen Emilia Ospina, con el fin de disminuir el riesgo de ocurrencia de infección asociada a la atención en salud (IAAS), además de reducir el riesgo de enfermedad laboral, brindando una atención de calidad. En este se establecen los siguientes

niveles de desinfección de acuerdo con el tipo de microorganismos (31). En la tabla 3 se describen los niveles de desinfección de acuerdo con tipo de microorganismo.

Tabla 3 Niveles de desinfección de acuerdo con el microorganismo

Nivel de desinfección	Bacterias				Hongos	Virus	
	Desinfectantes	Vegetativas	Bacilos tuberculosos	Esporas		Lípido y tamaño medio	No lípido y tamaño medio
Alto	Glutaraldehído, amonio cuaternario de quinta generación, formaldehído, ácido peracético al 1 %, peróxido de hidrógeno al 6 %, ortoftaldehído al 0,55 %, ácido peracético con peróxido de hidrógeno	+	+	+	+	+	+
Medio	Alcoholes, cloro y compuestos clorados, amonio cuaternario de tercera y cuarta generación	+	+	-	+	+	+
Bajo	Amonio cuaternario de primera y segunda generación	+	-	-	-/+	-	-/+

Fuente: ESE Carmen Omelia Ospina (27)

Manual de limpieza y desinfección hospitalaria, de la IPS Palma Salud de 2017. Este manual tiene el objetivo de estandarizar los procesos de limpieza y desinfección en los diferentes servicios de PALMA SALUD IPS LTDA, con el fin de prevenir y disminuir el riesgo de ocurrencia de infección nosocomial, además de prevenir y reducir el riesgo de exposición laboral del equipo de salud a los agentes patógenos; y de esta manera brindar una atención de calidad. En este se establecen los mecanismos de acción de los compuestos

utilizados en desinfección y antisepsia. A continuación, se indica los principales mecanismos de acción de los compuestos, los cuales se representan en la tabla 4.

Tabla 4 Mecanismos de acción de los compuestos

	COMPUESTOS CLORADOS	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	AMONIOS CUATERNARIO	ALCOHOL	COMPUESTOS IODADOS	FORMALDEHIDO	GLUTARALDEHIDO
COMPUESTOS	Hipoclorito de sodio		Cloruro de Benzalconio	Alcohol etílico Alcohol isopropílico	Povidona yodada		Glutaraldehido Glutaraldehido fenolato
CONCENTRACION	50-5000 ppm	3% - 25%	Según el producto	60% - 90%	7,5% - 10%	1% - 4%	2% - 7% (fenol)
TIEMPO	> ó = 10 min	> ó = 3 horas	Según el producto	> ó = 10 min	> ó = 10 min	24 horas	> ó = 20 min
ESPECTRO							
BACTERIAS	xxx	x	x	xxx	xx	xxx	xxx
HONGOS	xxx	xxx	x	xxx	xx	xxx	xxx
VIRUS	xxx	xxx	xx xxx	xx xx	xxx xxx	xxx xxx	
MYCOBACTERIAS	xxx	xxx	-	-	-/x	xxx	xxx
ESPORAS	xxx	x	-	Intermedio	Intermedio	Alto	Alto
NIVEL DE DESINFECCION	Intermedio - alto	Alto	Bajo	Desnaturalización de proteínas	Disrupción de síntesis y estructura de ac. Nucleico y proteínas	Alquilación de proteínas	Alteración de ácidos nucleicos de síntesis proteica

Fuente: IPS Salud Palma

6 IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS EN LOS ARCOS

En 1884 el químico Francés Henry Le Chatelier (1850-1936) inventó el Microscopio Metalográfico, este tipo de microscopio permite observar al metal en estudio, así como elementos electrónicos a una resolución de imagen donde es posible observar los cristales metálicos y sus traumas adquiridos en los procesos de tratamiento mecánico de fundición. Todos estos conocimientos son encerrados en la metalografía. De acuerdo con el propósito de uso, existen multitud de variedades dependiendo del tipo de objetivos, oculares, aumento máximo permitido, enfoque, entre otros. El microscopio metalográfico se diferencia del microscopio óptico en que en el metalográfico observamos la luz reflejada por la superficie de la probeta, mientras que en el óptico se observa la luz transmitida al atravesar la muestra. Es por ello por lo que las muestras metálicas deben ser lo más planas posibles, a fin de favorecer una buena reflexión. Se caracteriza porque la imagen observada se produce por la reflexión de los haces luminosos sobre la probeta metalográfica. Con ellos, es posible realizar mediciones en los componentes mecánicos y electrónicos, permite además efectuar el control de superficie y el análisis óptico de los metales. Todas las operaciones descritas en la preparación metalográfica tienen por objeto revelar, en una superficie metálica plana, sus constituyentes estructurales para ser observadas al microscopio. Básicamente está constituido por un dispositivo de iluminación, un vidrio plano o prisma de reflexión, el ocular y el objetivo. El aumento de la imagen observada viene dado por el producto de los aumentos del objetivo por los del ocular.

La máxima ampliación que se consigue con los microscopios metalográficos es, aproximadamente, de 1500 aumentos. Con el empleo de lentes bañadas en aceite puede mejorarse este límite, hasta unos 2000 aumentos. No obstante, este es la mayor magnificación que se puede conseguir con microscopía óptica, debido al tamaño de la longitud de onda de la luz visible (aprox. 4000 Å). Para aumentar la magnificación, se debe emplear electrones ($\lambda \gg 0.5 \text{ Å}$) en vez de fotones para "iluminar" la muestra, lo que lleva a emplear microscopios electrónicos (32).

Su funcionamiento está basado en la reflexión de un haz de luz horizontal que proviene de la fuente, dicha reflexión se produce, por medio de un reflector de vidrio plano, hacia abajo, a través del objetivo del microscopio sobre la superficie de la muestra. Parte de esta luz incidente, reflejada desde la superficie de la muestra se amplificará al pasar a través del sistema inferior de lentes, llegará al objetivo y continuará hacia arriba a través reflector de vidrio plano.

Existe una norma internacional ASTM E3-01 *Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens*, que trata sobre las correctas técnicas de preparación de muestras metalográficas, a ser analizadas en este tipo de microscopios. En esta se establece que el objetivo principal de un examen metalográfico es revelar los componentes y la estructura de los metales y sus aleaciones por medio de un microscopio electrónico de barrido o en la luz óptica. En casos especiales, el objetivo de la exploración puede requerir el desarrollo de menos detalle que en otros casos, pero, bajo casi todas las condiciones, la adecuada selección y preparación de la muestra es de gran importancia. Debido a la diversidad en los equipos disponibles y la amplia variedad de problemas encontrados, en general para la orientación de la metalografía se deben considerar sólo aquellas prácticas que la experiencia haya demostrado son en general satisfactorios, no puede ni describir las variaciones en la técnica necesarias para resolver individuo problemas de preparación de muestras (33).

7 OBJETIVOS

7.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los cambios en las propiedades físicas de los alambres de níquel-titanio después de aplicar una técnica de desinfección en frío para poder ser reusados en un mismo paciente.

7.1.1 Objetivos Específicos

1. Describir los cambios en la superficie topográfica de los alambres de níquel-titanio después de aplicar una técnica de desinfección en frío.
2. Examinar la desinfección en frío en alambres de níquel-titanio después de contaminarlos con bacterias patógenas.
3. Determinar el riesgo del reuso de los alambres de níquel-titanio de acuerdo con los cambios en la superficie topográfica y la efectividad de la desinfección en frío.

8 METODOLOGÍA

8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se realiza bajo un paradigma de investigación descriptivo transversal, es necesario considerar que este tipo de estudio cubre varias etapas al interior del método científico, así después de definir los objetivos de investigación, se debe definir cómo se contrastará esta hipótesis, lo que exige del investigador definir qué variables se tratarán y como serán medidas, así mismo como serán tratadas.

El estudio transversal descriptivo tiene como fin estimar la magnitud y distribución de una enfermedad o condición de salud (variable dependiente) en un momento dado, además de medir otras características en los individuos de la población, como pueden ser las variables epidemiológicas relativas a las dimensiones de tiempo, lugar y persona (variables independientes).

El presente estudio tiene como alcance identificar los cambios en las propiedades físicas de los alambres de níquel-titanio después de aplicar una técnica de desinfección en frío, en ese sentido inicialmente se empleó un microscopio metalográfico, mediante el cual se valoraron los cambios de la superficie física del material después de ser sometidos a la técnica de limpieza con jabón enzimático y desinfección en frío con glutaraldehído al 2 %, comparado con el alambre en las condiciones que entrega el fabricante.

8.1.1 Criterios De Inclusión

Arcos de Níquel Titanio termo sensibles.

Arcos rectangulares o cuadrados

8.1.2 Criterios De Exclusión

Arcos de un material diferente al Níquel Titanio.

Arcos redondos.

Arcos que presenten dobleces o fracturas evidentes.

8.1.3 Procedimiento General

Para los análisis experimentales se seleccionaron distintos alambres de ortodoncia nuevos y sellados entre los que están alambres de Bioforce (Arcos tipo B), y alambres de cobre, níquel, titanios también llamados CuNiTi (Arcos tipo C).

Inicialmente se realizó la clasificación metalográfica para identificar mediante una referencia de valores reconocer si al exponerlas a los ciclos de esterilización, presentan un efecto deletéreo en su módulo elástico en la topografía de su superficie. Para ello se sometieron un total de 24 muestras, 12 de cada casa, Bioforce y Cooper NiTi. Las 24 muestras se evaluaron al salir del empaque (T0) y luego de realizarse el proceso desinfección (T1).

Se realizó la contaminación de los arcos de ortodoncia mediante la preparación de un inóculo bacteriano, de un pool de bacterias patógenas como *E. coli* (Bacilo Gram negativo), *S. aureus* (Coco Gram positivo), y saliva. Los arcos fueron puestos en contacto directo con el inóculo bacteriano durante 30 minutos por inmersión a temperatura ambiente del laboratorio. Y se evaluó la presencia o no de unidades formadoras de colonias (UFC), sembrando en medios compuestos, no selectivos o selectivos/diferenciales por la técnica de raspado con hisopo estéril y siembra en superficie.

Posteriormente a estos mismos arcos se les realizó técnica de limpieza con jabón enzimático y desinfección en frío con glutaraldehído al 2%, procedimiento estipulado según el Protocolo de limpieza, desinfección y esterilización en el servicio de odontología (14).

Las pautas fueron consideradas en el procedimiento de limpieza y desinfección institucional desarrollado por Javesalud (34). Después de la desinfección en frío, se evaluó la presencia o no de unidades formadoras de colonias (UFC), sembrando en medios compuestos, no selectivos o selectivos/diferenciales por la técnica de raspado con hisopo estéril y siembra en superficie por tres repeticiones.

8.1.4 Análisis Estadístico

Se usaron 12 arcos de cada grupo, los cuales fueron fragmentados en 2 segmentos para obtener 24 fragmentos de arco y se marcaron en el primer cm de cada arco posterior al lugar del corte que se realizó en la marca de la línea media de cada arco, esto con el fin de

evitar lecturas erróneas en la zona del corte (el tamaño de muestra se calculó de acuerdo con los siguientes parámetros, una significancia del 90 % (alfa = 10%) un poder estadístico del 80 % y un delta de 19 % entre la proporción inicial y final de daño estructural y bacterias, así el tamaño de muestra estimado para proporciones pareadas es de 11 arcos por grupo, el tamaño de muestra fue calculado en el software estadístico Stata V14.1 mediante la función "power paired proportions"). Para todos los análisis estadísticos se estableció un nivel de confianza del 95% y una probabilidad de error tipo I del 5%.

“La hipótesis nula (Ho), fue que el tratamiento de desinfección **no** inducía un cambio significativo en el arco, y los cambios observados son efecto del azar, como se observa en la pag.41(hipótesis)”

Adicional a la estadística descriptiva empleada a través de tablas, promedios y proporciones se usó una prueba de McNemar para determinar el efecto del tratamiento de desinfección en la estructura (cambios estructurales) y otra para el efecto sobre el recuento de las UFC/ml (efectividad de infección) en los arcos. Para lo anterior se realizó una transformación previa de las variables, en la que se representó el cambio entre la evaluación inicial y final (después del tratamiento) con un código binario, de esa forma se podría establecer la tabla requerida para la estimación mediante la prueba de McNemar. La hipótesis nula (Ho), fue que el tratamiento de desinfección inducía un cambio significativo en el arco, y los cambios observados son efecto del azar.

Para determinar si existía una asociación entre el riesgo de infección y alteración del arco se usó una prueba de Fisher.

Asimismo, para determinar qué resultados representaban un riesgo se determinó que estaría representado por la presencia de al menos una UFC de *Staphylococcus aureus* o *E. coli* o la presencia de al menos 5 UFC de mesófilos aerobios. Además, que se determinaba un riesgo asociado a la alteración del arco cuando esta estaba presente después del proceso experimental. Y el riesgo general era la combinación de los dos factores descritos en una variable binaria.

9 DETERMINACIÓN DE LA DESINFECCIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS Y DE LOS CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE LOS ARCOS.

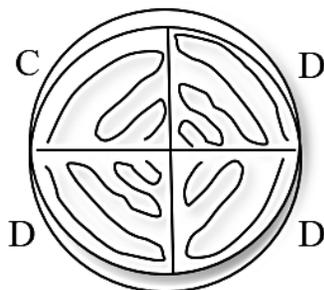
Se utilizaron EPP (Elementos de Protección Personal) como guantes, tapabocas, delantal antifluido, monogafas, gorro desechable.

Se marcó cada empaque de plástico con la fecha, nombre del arco de ortodoncia (material), profesional que hace la toma y la información si es antes o después del proceso de desinfección. Posteriormente se realizó la contaminación de los arcos de ortodoncia mediante el inóculo bacteriano. Para la preparación se requirió la reactivación de las cepas en agar nutritivo. A partir de estos cultivos se realizó una mezcla de dos microorganismos de cepas ATCC de *E. coli* y *Staphylococcus aureus*. También se recolectaron 20 mL aproximadamente de muestras de fluidos bucales en un grupo de 10 personas en un tubo de vidrio estéril, luego en un vaso de laboratorio estéril de 200 mL se adicionaron los fluidos y el pool de bacterias con una solución salina isotónica.

Los arcos fueron puestos en contacto directo con el inóculo bacteriano durante aproximadamente 30 minutos por inmersión a temperatura ambiente del laboratorio. Se realizó la toma de muestra a cada alambre después de ser contaminado, con hisopo estéril antes y después del uso del desinfectante químico frotándolo desde un extremo a otro, pasando por la parte anterior del arco, abarcando la mayor parte del área posible del alambre a analizar (tres repeticiones). Estos hisopos fueron sembrados en las superficies de diferentes medios de cultivo, esto con el fin de evaluar los recuentos de unidades formadoras de colonias (UFC) al inicio de los ensayos y después de la limpieza con jabón enzimático y la desinfección en frío con glutaraldehído al 2%. Se empleó Agar Plate Count (PCA Merck) para el recuento de mesófilos aerobios, ya que es un medio de cultivo compuesto no selectivo que permite determinar el número total de bacterias. Requiere una temperatura y tiempo de incubación de 35°C +/-2 por 24 a 48 horas. Para el recuento de *E. coli* se utilizó el medio para microorganismos coliformes totales y fecales, agar Chromocult (Merck). Para el recuento de *Staphylococcus aureus* se utilizaron placas de agar Baird

Parker (ABP - Merck) con adición de telurito y emulsión de yema de huevo. Y para el recuento de mohos y levaduras se utilizó el medio de cultivo PDA (Potato Dextrosa Agar). En resumen, a cada grupo de arcos se le realizó determinación de microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, coliformes fecales, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras por recuento en placa por superficie (35). Cada placa contenía aproximadamente 25 mL de medio de cultivo solidificado, se procedió a dividir la placa de petri en cuatro, un segmento para el control de contaminación (C), y los otros tres segmentos para siembra del mismo arco después de la desinfección (D) (Figura 1). La siembra fue en estría sobre cada segmento. Después se incubaron los medios inoculados a 37°C de 24 horas a 48 horas.

Figura 1 División de cada medio de cultivo (PCA, Chromocult, ABP, PDA)



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

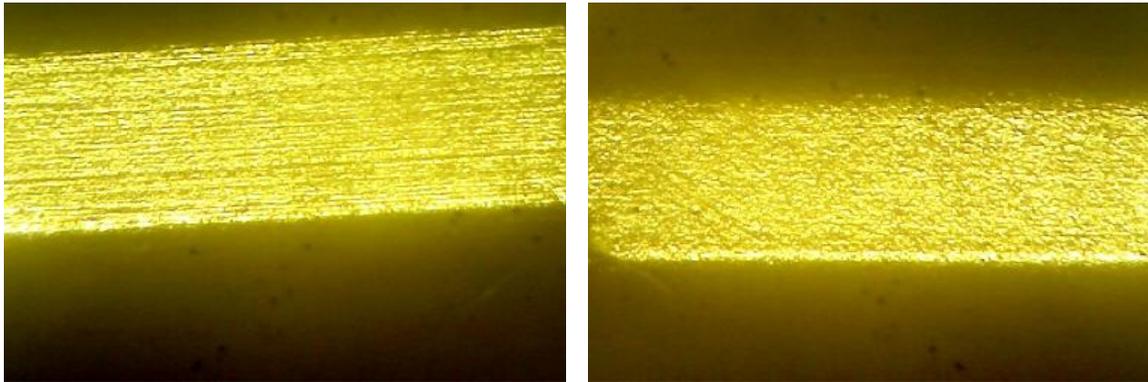
Después del proceso de incubación se evaluó la presencia o ausencia de UFC.

Se realizó la valoración con microscopio metalográfico a los alambres antes y después de ser sometidos a la limpieza con jabón enzimático y desinfección en frío con glutaraldehído al 2%, dicho microscopio fue desinfectado entre arcos por parte de los técnicos de laboratorio que estuvieron encargados del análisis. Este procedimiento es utilizado en la investigación denominada Caracterización Metalográfica de alambres termoactivados NiTi de marcas comerciales para aplicaciones ortodónticas la cual tuvo como objetivo la caracterización microestructural y metalográfica de alambres termoactivados NiTi de tres marcas comerciales de aplicación ortodóntica.

10 RESULTADOS DE LA SUPERFICIE TOPOGRÁFICA DE LOS ALAMBRES DE NÍQUEL-TITANIO LUEGO DE APLICAR TÉCNICAS DE DESINFECCIÓN CON GLUTARALDEHÍDO AL 2%

Mediante la observación directa de las muestras de alambre para ver cuales presentaban unas características compatibles con oxidación del alambre. En algunos casos se desecharon alambres de la casa de Bioforce, ya que en unos alambres se obtuvo un recubrimiento con defectos tales como grietas, poros y presencia de puntos negros. Las imágenes de microscopia antes y después de las pruebas, mostraron pocas diferencias entre los 2 tiempos evaluados. Los Bioforce (Figura 2 y 3) y Cooper NiTi presentaron casi nulas marcas de desgaste después de las pruebas de desinfección en frío.

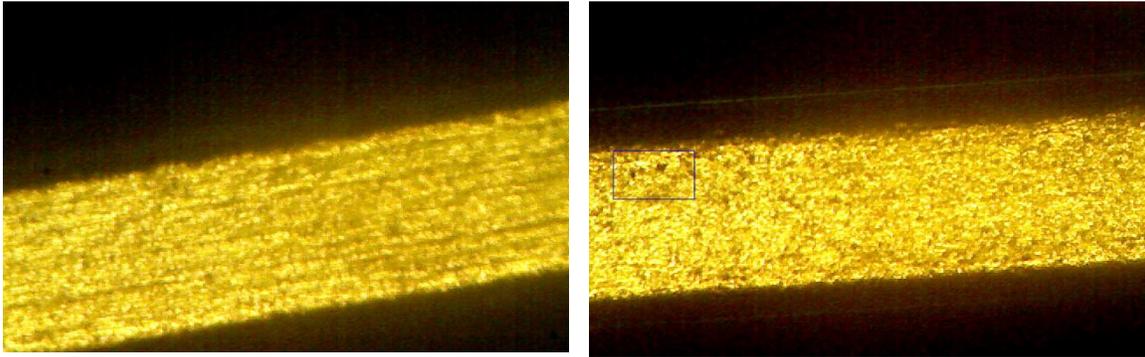
Figura 2 Evaluación microscópica de muestra de alambres Bioforce sometidos con glutaraldehído al 2%



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Se observa la superficie topográfica de los alambres sin puntos, zonas o áreas de desgaste incluso después de realizar la desinfección.

Figura 3 Evaluación microscópica de muestra de alambres Bioforce Nuevos



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Se observa la superficie topográfica de los alambres sin puntos, zonas o áreas de desgaste. En la observación microscópica los arcos nuevos mostraron una superficie más pulida en comparación con los alambres después de la prueba, sin embargo, no se observaron grandes puntos de desgaste que tuvieran relación al uso de los agentes desinfectantes.

Paralelamente, se tuvo en cuenta que como el titanio es utilizado con el níquel para potencializar sus propiedades y explotar sus cualidades clínicas, se debe reconocer si sustancias como el jabón, que favorecen la generación de reacciones, pueden permear las aleaciones y por consiguiente su superelasticidad y la termoelasticidad.

Con la prueba estadística de McNemar, se evaluó si el efecto del tratamiento de desinfección empleado en los arcos Bioforce y Copper NiTi generaba algún tipo de cambio en ellos. Se encontró que en cerca del 92 % ($n = 11$) de los arcos Bioforce evaluados, después del tratamiento permanecían sin alteraciones, indicando que no existía cambios debidos al tratamiento ($P = 0,31$) (Tabla 5).

Tabla 5 Clasificación cualitativa de arcos Bioforce

Bioforce	Primera clasificación (Arcos nuevos)			Segunda Clasificación (Arcos desinfectados)		
	1	2	3	1	2	3
Número de Arco						
1			X			X
2	X			X		
3	X			X		
4		X			X	
5		X			X	
6			X		X	
7	X			X		
8	X			X		
9	X			X		
10		X			X	
11	X			X		
12	X			X		

Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Asimismo, el 83,3 % de los arcos Copper NiTi permanecieron igual al momento de la evaluación inicial y posterior al tratamiento, mientras que los arcos restantes (16,6 %) presentaron un cambio posterior al momento de la evaluación final, sin embargo, este cambio no represento efecto significativo del tratamiento ($P = 1.$) (Tabla 6).

Tabla 6 Clasificación cualitativa de arcos Copper NiTi.

Cooper NiTi	Primera clasificación (Arcos nuevos)			Segunda Clasificación (Arcos desinfectados)		
	1	2	3	1	2	3
Número de Arco						
1	X			X		
2		X			X	
3		X			X	
4			X			X
5	X					X
6		X			X	
7	X			X		
8			X		X	
9		X			X	
10			X			X
11		X			X	
12			X			X

Fuente: cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

En efecto, a partir del análisis y observación de características de la superficie topográfica de los alambres de NiTi, no se puede establecer que estos al ser desinfectados presentan una influencia definida sobre los valores de límite elástico, porcentaje de elongación y resistencia a la tracción, por tanto, no se puede afirmar que haya un efecto claro sobre estas propiedades.

La organización de los datos en las tablas se realizó mediante la recodificación en variables binarias, consignando el cambio como el evento de interés independiente de la vía en que esta hubiese ocurrido, es decir, se codificaron los cambios antes y después del tratamiento, si hubo cambio = 1 si no hubo cambio = 0, por lo que los arreglos al final correspondían a una tabla de 2x2. En ella, a partir del valor del valor de $\chi^2 = 1.0$ se obtiene el valor de P (0.31), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula que tenía un error que ya fue corregido y ahora dice “La hipótesis nula (H_0), fue que el tratamiento de desinfección **NO** inducía un

cambio significativo en el arco, y los cambios observados son efecto del azar, como se observa en la pag.41(hipótesis) interpretación (pág. 46).

11 RESULTADOS DE LA DESINFECCIÓN EN FRÍO EN ALAMBRES DE NÍQUEL-TITANIO DESPUÉS DE CONTAMINARLOS CON BACTERIAS PATÓGENAS.

Se observa que en todos los controles de crecimiento del pool de patógenos y la saliva en los arcos, en los diferentes medios de cultivo hubo contaminación (se observan UFC), excepto en el PDA. Lo que significa que crecieron los patógenos empleados y las bacterias que estaban en la saliva colectada, pero no hubo crecimiento de hongos y/o levaduras (Tabla 7, arcos tipo B y Tabla 8, arcos Tipo C).

Tabla 7 Resultados de la desinfección de los arcos tipo B en agar Chromocult, BPA, PCA, PDA

ARCO	CROMOCULT			BAIRD PARKER			PCA			PDA		
1B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	<i>Incontable</i>			5C	7C	14C	<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
2B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	5C	7C	14C	<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
3B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
4B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
5B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		

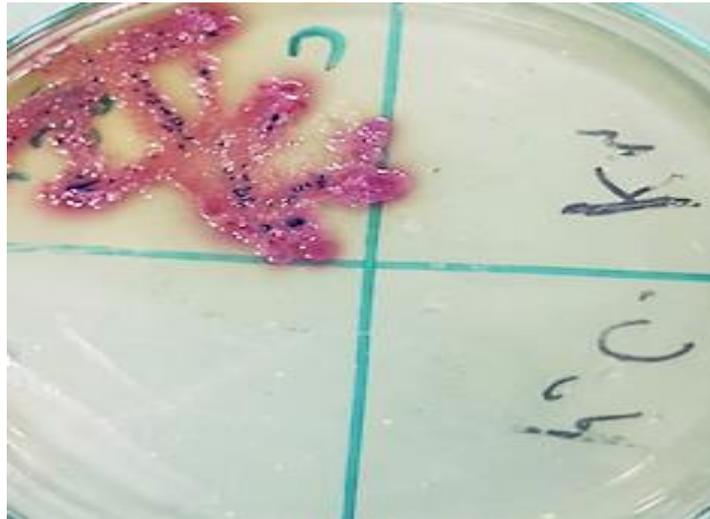
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	2C	<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
6B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
7B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	5C	0C	7C	4C	2C	4C	5C	14C	Sin crecimiento		
8B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	Sin crecimiento		
9B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			50 C			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	Sin crecimiento		
10B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
11B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	<i>Incontable</i>			0C	0C	0C	0C	0C	0C	Sin crecimiento		
12B	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	<i>Incontable</i>			0C	0C	0C	0C	0C	0C	Sin crecimiento		

El significado de las letras en la tabla es la siguiente D: Desinfectado, C: Número de colonias.

Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente -

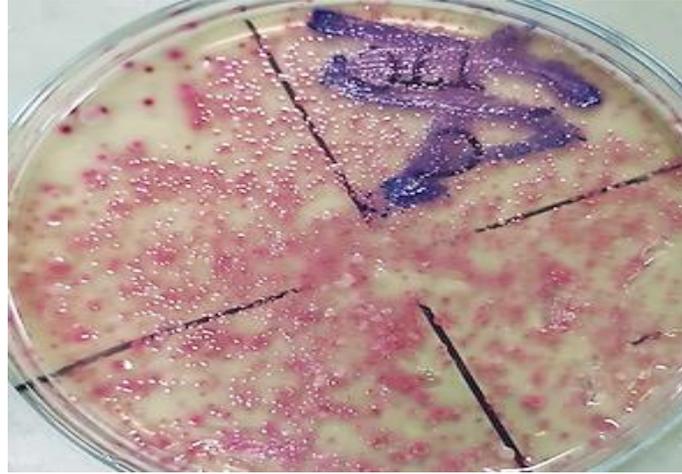
Con el proceso de desinfección se observó que en los arcos ya sean del tipo B o C, en los medios selectivos/diferenciales como el chromocult o BPA, y en el no selectivo como PCA los resultados no son reproducibles (Tabla 7, arcos tipo B y Tabla 8, arcos tipo C). En algunos casos, en el agar chromocult coliformes y/o *E. coli* son eliminados después de la desinfección ya que no se observan UFC en ninguno de los tres segmentos (Arcos 2B, 3B, 4B, 6B, 8B,9B) (Figura 4), pero no así en otros arcos como el 1B, 10B, 11B y 12B (Figura 5) en donde hay UFC en los tres segmentos, y además hubo casos en donde alguna de las siembras del mismo arco presentaba UFC en alguno de los segmentos (Arcos 5B y 7B).

Figura 4 Medio de cultivo Chromocult. Se observa crecimiento de UFC en el control y ninguna UFC en los segmentos de siembra después de la desinfección



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

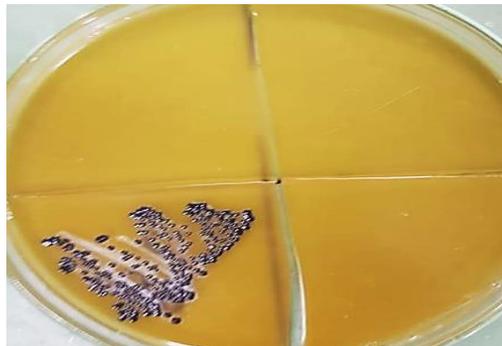
Figura 5 Medio de cultivo Chromocult. Se observa crecimiento de UFC de coliformes y *E. coli* en el control y de coliformes en los tres segmentos de siembra después de la desinfección



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

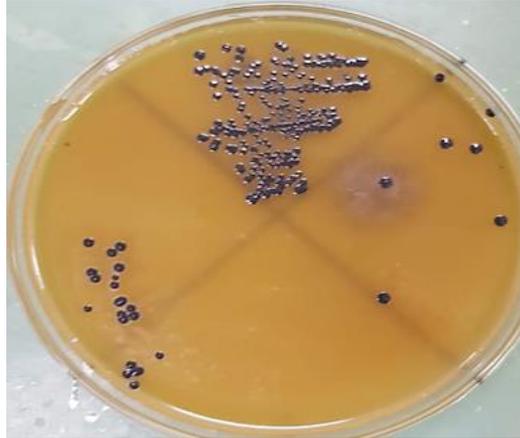
Al mirar el comportamiento en el BPA también se observan arcos sin crecimiento en los tres segmentos (Arcos 3B, 4B) (Figura 6), o arcos con disminución en el número de UFC entre la desinfección y el control (Arcos 1B, 2B) (Figura 7), o arcos con UFC en los tres segmentos después de la desinfección (Arco 5B) (Figura 8). Cuando se repiten los experimentos los resultados son similares en cuanto a no reproducibilidad.

Figura 6 Medio de cultivo BPA. Se observa crecimiento de UFC en el control y ninguna UFC en los segmentos de siembra después de la desinfección



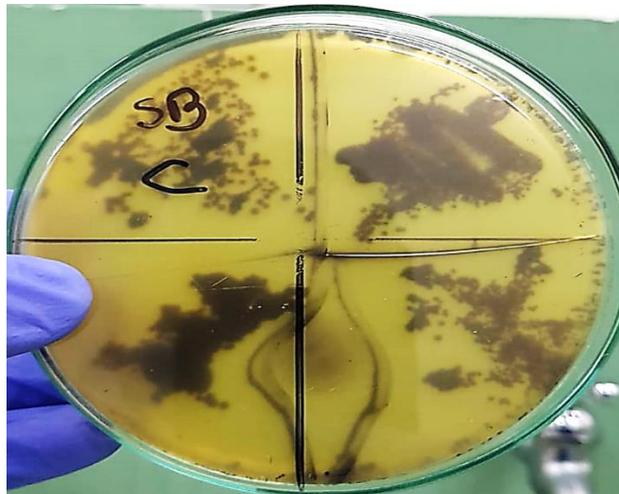
Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Figura 7 Medio de cultivo BPA. Se observa crecimiento de UFC en el control y UFC en menor proporción en los segmentos de siembra después de la desinfección



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Figura 8 Medio de cultivo BPA. Se observa crecimiento en el control y también en todos los segmentos de siembra después de la desinfección



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

En el medio de cultivo no selectivo/diferencial (PCA), se observan las mismas inconsistencias, en algunos arcos no hay crecimiento después de la desinfección en ninguna

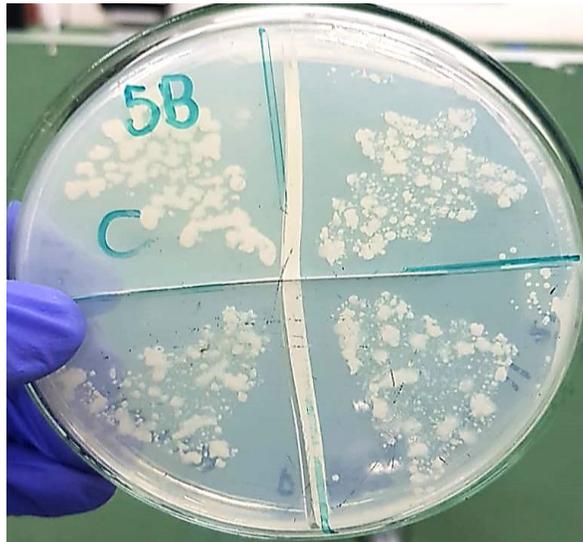
de las tres repeticiones (Figura 9), o hay crecimiento en los tres segmentos (las repeticiones) (Figura 10) o hay en uno y en los otros no.

Figura 9 Medio de cultivo PCA. Se observa crecimiento de UFC en el control y ninguna UFC en los segmentos de siembra después de la desinfección



Fuente: cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Figura 10 Medio de cultivo PCA. Se observa crecimiento en el control y también en todos los segmentos de siembra después de la desinfección



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Las mismas incongruencias se evidencia con los arcos tipo C (Tabla 8, arcos tipo C). No es lógico que al tomar muestra del mismo arco haya UFC en un segmento y en otros no, o que el mismo procedimiento de desinfección sirva para unos arcos y otros no, esos resultados lo que muestran es que el método aplicado no es reproducible, y debe replantearse otra metodología para evaluar la desinfección. Por ejemplo, en el agar chromocult para la detección de coliformes y/o *E. coli* se observa crecimiento en los tres segmentos, y si disminuye considerablemente las UFC de *E. coli*, pero el resto de coliformes permanecen (Arco 3C) o hay en un segmento y en los otros no (Arco 1C) (Figura 11). En el PCA hay arcos en donde no hay UFC después de la desinfección en ninguna de las repeticiones (Arco 8C), otros con UFC en uno de los segmentos de las tres repeticiones (Arco 1C) o UFC en todos los segmentos (Arco 10C) (Figura 12).

Tabla 8 Resultados de la desinfección de los arcos tipo C en agar Chromocult, BPA, PCA, PDA

ARCO	CROMOCULT			BAIRD PARKER			PCA			PDA		
1C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	0C	0C	0C	1C	0C	0C	Sin crecimiento		
2C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	1C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	Sin crecimiento		
3C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	<i>Incontable baja E. coli</i>			0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
4C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

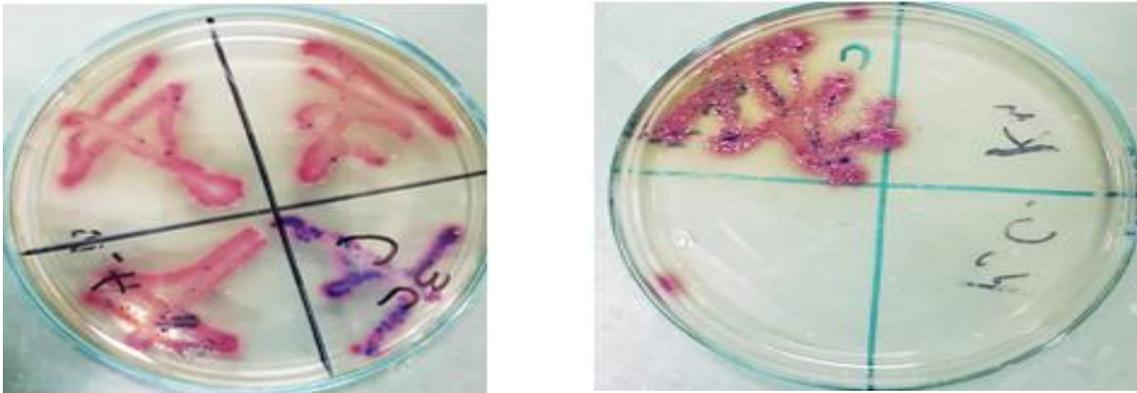
	4C	5C	6C	0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
5C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	20C	40C	20C	<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
6C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
7C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
8C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	0C	Sin crecimiento		
9C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	0C	0C	0C	<i>Incontable</i>		10C	Sin crecimiento		
10C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
11C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		
	<i>Incontable - E. coli</i>			<i>Incontable - S aureus</i>			<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	<i>Incontable baja E. coli</i>			0C	0C	0C	<i>Incontable</i>			Sin crecimiento		
12C	CONTROL			CONTROL			CONTROL			CONTROL		

Incontable - <i>E. coli</i>			Incontable - <i>S aureus</i>			Incontable			Sin crecimiento		
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
0C	0C	0C	0C	0C	0C	1C	0C	0C	Sin crecimiento		

El significado de las letras en la tabla es la siguiente D: Desinfectado, C: Número de colonias

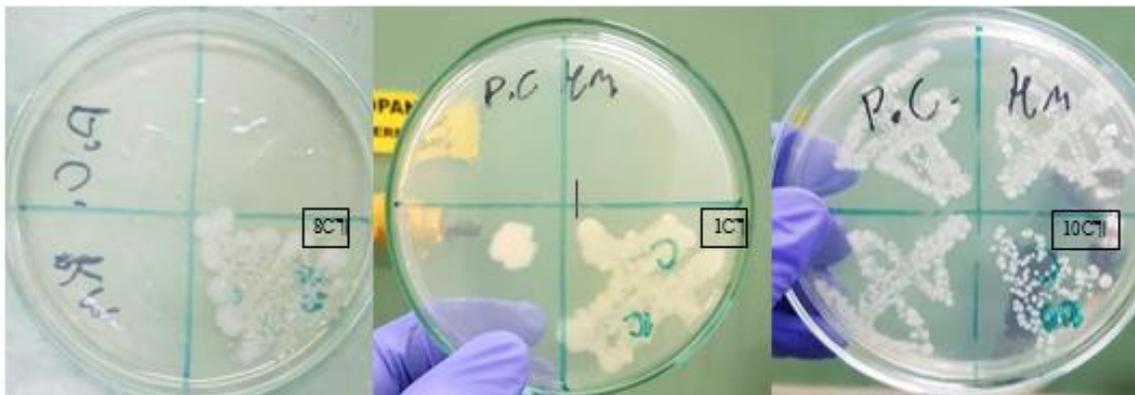
Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente.

Figura 11 Medio de cultivo Chromocult. Se observa crecimiento de UFC de coliformes y *E. coli* en el control y de coliformes y en menos proporción *E. coli* en los tres segmentos de siembra después de la desinfección (Arco 3C) y UFC en un solo segmento de los tres (A



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Figura 12 Medio PCA. No hay UFC después de la desinfección en ninguna de las repeticiones (Arco 8C), otros con UFC en uno de los segmentos de las tres repeticiones (Arco 1C) o UFC en todos los segmentos (Arco 10C).



Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

En cuanto al proceso de desinfección de los arcos se encontró que la totalidad de los arcos presentaron un número incontable de microorganismos (> 999 UFC/cm²) mediante la técnica empleada para establecer el recuento. No obstante, en un 42% a 75% de los casos el proceso de desinfección redujo el número de bacterias significativamente ($P > 0,01$) (Tabla 9). Asimismo, de aquellos arcos en los que el recuento de UFC disminuyó en comparación con el estado inicial se encontró que el número máximo de UFC posterior a la desinfección fue de 30 UFC, además, valores promedio cercanos a las 2 UFC/cm² para *E. coli* y mesófilos aerobios en arco tipo Copper NiTi, y valores similares en el arco Bioforce para *Staphylococcus aureus* (Tabla 10).

Tabla 9 Proporción de arcos evaluados que presentaron una reducción en el recuento de unidades formadoras de colonia (UFC/cm²) de acuerdo con el tipo de microorganismo y tipo de arco

Variable	Obs.	Media	E.E.	Intervalo de confianza 95%	
Copper NiTi					
<i>Escherichia coli</i>	12	0.75	0.13	0.46	1.04
<i>Staphylococcus aureus</i>	12	0.67	0.14	0.35	0.98
Mesófilos aerobios	12	0.42	0.15	0.09	0.74
Bioforce					
<i>Escherichia coli</i>	12	0.75	0.13	0.46	1.04
<i>Staphylococcus aureus</i>	12	0.75	0.13	0.46	1.04
Mesófilos aerobios	12	0.42	0.15	0.09	0.74

E.E. error estándar; Obs. Numero de observaciones

Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente.

Tabla 10 Valores del recuento de unidades formadoras de colonia cuando el proceso de desinfección redujo la carga bacteriana

Variable	Obs.	Media	E.E.	Q1	Q2	Q3	Mín	Máx
Copper NiTi								
<i>Escherichia coli</i>	9	2.2	7.1	0	0	1	0	30
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	0	0	0	0	0	0	8
Mesófilos aerobios	5	2.4	4.3	0	1	1	0	10
Bioforce								
<i>Escherichia coli</i>	9	0.44	1	0	0	0	0	3
<i>Staphylococcus aureus</i>	9	2.2	3.5	0	0	4	0	8
Mesófilos aerobios	5	1.2	2.7	0	0	0	0	6

E.E. error estándar; Máx. máximo; Mín. mínimo Obs. Número de observaciones; P. percentil.

Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente.

El intervalo de confianza se tomó por ser el de 95% por ser el de mayor aceptación académica, este fue calculado para una cada proporción de acuerdo con los métodos descritos por (Brown et al., (2001) y Daniel, (2007) mediante la función de *ci proportions* de Stata 14.0. en la tabla no se indican modelos sino el IC95% como medida de dispersión. Creemos que hubo un mal entendí con respecto al nivel de significancia para los análisis estadísticos realizados, aquellos que tenían estadísticos, se consideró un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, hubo una significancia estadística o error tipo I del 5%, lo anterior seleccionado *a priori*. Esta aclaración se hizo en la sección de análisis estadístico.

La diferencia significativa observada fue en la proporción de arcos que presentaron una disminución en el recuento de UFC se hizo con proporciones y luego con un arreglo para una prueba de McNemar, mediante la que recodificación binaria de las variables de recuento de UFC/ml, es decir, si antes = alto (1) o bajo (0) y después de la desinfección alto (1) o bajo (0). El análisis planteado usaba variables dicotomizadas por que los valores del recuento de UFC eran, en su mayoría, un valor muy alto para ser contadas (DPSC), sin

embargo, era viable saber si se habían disminuido puesto que el conteo era posible después de la desinfección.

La prueba de McNemar se empleó para determinar el cambio entre antes y después de someter los arcos al tratamiento, en ellos el resultado obtenido es de McNemar's $\chi^2(1)=1.00$, equivalente a un valor de $P=0.3173$ que se puede observar en la página 46, es decir que si se usó χ^2 y validaron sus supuestos (Coronel-Carvajal, 2020) .

Por otra parte, se para determinar si existía relación o no entre la infección y la alteración del arco se efectuó una prueba exacta de Fisher, lo anterior debido al tamaño de la muestra, lo anterior por que se pretendía demostrar (Kim, 2017), por ello se presenta el valor de P según esta prueba. Para mayor claridad en la sección de materiales y métodos se cambió el orden de los párrafos.

“Asimismo, para determinar qué resultados representaban un riesgo se determinó que estaría representado por la presencia de al menos una UFC de *Staphylococcus aureus* o *E. coli* o la presencia de al menos 5 UFC de mesófilos aerobios. Además, que se determinaba un riesgo asociado a la alteración del arco cuando esta estaba presente después del proceso experimental. Y el riesgo general era la combinación de los dos factores descritos en una variable binaria. Para determinar si existía una asociación entre el riesgo de infección y alteración del arco se empleó una prueba de Fisher entre las variables infección y alteración”. No obstante, dicha reducción en el número de UFC no representa necesariamente una disminución en el riesgo de infección por el reuso pues en el 75% de los arcos se aisló al menos una colonia de *Staphylococcus aureus* o *E. coli* posteriores a la desinfección (Tabla 11).

Tabla 11 Categorización del Recuento de unidades formadores de colonia (%) de acuerdo con el tipo de arco y microorganismo después del proceso de desinfección

	Cero	1 y 5	5 a 30	DPSC
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Copper NiTi				
<i>Escherichia coli</i>	6 (50.0)	2 (16.7)	1 (8.3)	3 (25.0)
<i>Staphylococcus aureus</i>	8 (66.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (33.3)
Mesófilos aerobios	2 (16.7)	2 (16.7)	1 (8.3)	6 (50.0)
Bioforce				
<i>Escherichia coli</i>	7 (58.3)	2 (16.7)	0 (0.0)	3 (25.0)
<i>Staphylococcus aureus</i>	6 (50.0)	1 (8.3)	2 (16.7)	9 (75.0)
Mesófilos aerobios	4 (33.3)	0 (8.3)	1 (8.3)	6 (50.0)

DPSC: demasiadas para ser contadas

Fuente: cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

12 RIESGO DEL RE-USO DE LOS ALAMBRES DE ARCOS DE ORTODONCIA, CONSIDERANDO LOS CAMBIOS EN LA SUPERFICIE Y LA CONTAMINACIÓN MICROBIANA.

Adicional a lo anterior, y basados en la definición de riesgo para los microorganismos se determinó el éxito del proceso de desinfección en frío se pudo establecer que en el 75% de los arcos evaluados (Copper NiTi y Bioforce) existía riesgo de infección por la presencia y sobrevivencia de bacterias patógenas después de la desinfección (Tabla 3). Asimismo, en aquellos arcos en el que hubo alteraciones se determinó que el riesgo era del 30%. Cabe resaltar que en todos los casos en que hubo alteración del arco existió riesgo de infección, sin embargo, dicha relación no era estadísticamente significativa ($P = 0,40$) (Tabla 12).

Tabla 12 Clasificación de los arcos Copper Ni-Ti y Bioforce de acuerdo con su riesgo de infección o de alteraciones

Riesgo infección	Riesgo de alteraciones		Total
	No	Si	
No	6	0	6
Si	15	3	18
Total	21	3	24

$P = 0,40$

Fuente: Cambios en la estructura física luego de someter y validar procesos de desinfección en arcos ortodónticos de NiTi para su reuso en un mismo paciente

Finalmente se pudo determinar que en general el reuso de los arcos podrían generar infecciones bacterianas o riesgos asociados a las alteraciones en el arco en un 75% (IC95% 56 – 94%) de los casos de reuso sin importar el tipo de arco, sea Copper NiTi o Bioforce.

13 DISCUSIÓN

Los protocolos de esterilización requieren de la aplicación de una serie de procedimientos que logran una limpieza y desinfección de los materiales de ortodoncia, en ese particular se identificaron las propiedades de la superficie topográfica de alambres de níquel titanio de un grupo control y de dos marcas comerciales para reconocer si el sometimiento a uno de estos procesos podría alterar de forma significativa sus propiedades. Para ello, en la presente investigación se analizaron 24 alambres de níquel titanio para reconocer las características y propiedades que pueden incidir en la adquisición de modificaciones en su superficie topográfica, y sugerir que inicialmente los alambres están siendo sometidos a interacciones resultantes con los componentes de las sustancias como el jabón enzimático y el glutaraldehído que pueden modificar las propiedades por las que fueron escogidos para tratamientos de ortodoncia.

Callejas menciona que los sistemas de limpieza y desinfección en los laboratorios que prestan servicios cumplen un papel importante en la calidad y confiabilidad de los resultados ya que garantizan la antisepsia en el momento de llevar a cabo un análisis para evitar y controlar la presencia de microorganismos contaminantes en las muestras (36). Paralelamente, Rodríguez, indica que la mayoría de los procesos de desinfección se realizan con la intención de inactivar los microorganismos mediante procesos físicos, químicos o biológicos. Por esto para lograr una acción eficaz del desinfectante es importante una correcta limpieza, pero a la vez es necesario reconocer las posibles implicaciones de utilizar ciertas sustancias en las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los elementos.

Conviene mencionar que las aleaciones de níquel titanio se fungieron como elementos de escogencia para los ortodontistas gracias a sus propiedades. En ese contexto, los alambres de estos materiales ofrecen un módulo de elasticidad aproximadamente de 20% más que el acero inoxidable, así como un rango de trabajo elástico más amplio. Por consiguiente, cualquier modificación en este tipo de propiedades es de gran relevancia para la aplicabilidad en los procesos de ortodoncia.

En efecto, el trabajo de Rodríguez evaluó la caracterización topográfica de la superficie de alambres redondos de níquel titanio y reconoció que los procesos de esterilización con procesos de frío y calor no alteraban sus propiedades, no obstante evidenciaron cambios de patrones en aspereza de la superficie, identificaron que el patrón acanalado en sentido longitudinal se acentuó con procesos de esterilización en frío, sin embargo, estos resultados fueron relacionados con el proceso de fabricación (34).

Adicional a ello, el trabajo antes mencionado, identificó datos cualitativos de superficie de acuerdo con los grados de rugosidad variables según la casa comercial. Tras someter las muestras a la acción del medio, las variables utilizadas para la cuantificación de la corrosión en el SEM -Superficie ocupada por los defectos: Grietas, Poros, Microporos, Hoyos y Rayas no muestran correlación entre ellas, una vez aplicado el Coeficiente de Correlación de Pearson. Es decir, las sustancias con las que generalmente se aplican en los procesos de desinfección no muestran diferencias significativas ($p > 0,05$).

En cuanto a los posibles cambios de las sustancias de esterilización en ortodoncia, se reconoce que los criterios de asepsia y antisepsia son trascendentales, sin embargo, se deben considerar sustancias que no alteren de manera significativa las propiedades para su uso eficaz y seguro, con ello el uso del glutaraldehído al 2% se ha considerado un elemento que elimina todo factor de riesgo que pueda contaminar, no obstante, como es una técnica de esterilización en frío puede generar mayor incidencia en las superficie topográfica. Ahora bien, la reacción enzimática del jabón también ha sido investigada, y han concluido que esta puede estar relacionada con la alteración de algunos elementos. El efecto de la actividad enzimática y su correspondiente degradación pueden causar microfracturas en los enlaces que le dan la porosidad a los alambres, no obstante, los jabones enzimáticos actuales han minimizado o reducido estas consecuencias llegando a conseguir que no provoquen alternaciones en la zona de fractura ni generando reducción del área, así como tampoco se identificaron cambios en las superficies o capas internas que poseen diferentes patrones fractográficos.

De la misma manera, se reconoce que los arcos sometidos a procesos de desinfección con jabón enzimático tienden a disminuir los valores de rigidez y a tener menor resistencia a la tracción.

Paralelamente, Thompson identifica que, dentro de los cambios de superficie topográfica de algunos arcos, la reacción que más modifica la estructura cristalina son los agentes de superficie activa, pues estos inciden en la transformación martensítica, tiene como consecuencia un cambio en las propiedades físicas de la aleación. Así pues, la fase martensítica de los alambres de níquel titanio tiene una estructura hexagonal, monoclinica o triclinica desordenada que ocurre a baja temperatura y alto esfuerzo. En la transformación no se observan cambios macroscópicos, excepto si se aplica una fuerza externa debido a que la aleación es más dúctil, de la misma manera al igual que la presente investigación el uso del glutaraldehído y del jabón enzimático no generaron cambios significativos en las propiedades de superficie topográfica de alambres provenientes de cuatro casas comerciales en la ciudad de México D.F. (35)

Resultados que fueron confirmados por Serrano et al quienes identificaron a los alambres de níquel-titanio como arcos de elección para la nivelación dental, y los sometieron a la aplicación de unas fuerzas ligeras para crear movimientos sin daño al periodonto. El objetivo del estudio fue determinar el número de ciclos que soportó un alambre de níquel titanio a la fatiga en un ensayo de flexión, para ello probaron 60 arcos redondos de 0.016” de ORMCO (20), GAC (20) y 3M (20) a 37 °C, adheridos a dientes de acrílico de un tipodonto para sujetar los arcos, al someterles a cinco tipos de fuerza evaluaron mediante un microscopio la superficie de los arcos fracturados, presentando bordes dentados, rugosidades y cambios de color. Sin embargo, no se reconoció que los arcos presenten estas deficiencias por la interacción con sustancias desinfectantes, sino por los procesos de corrosión, pues la composición de esterilizantes como el glutaraldehído el jabón enzimático no pueden generar una transformación de composición química y por lo tanto no son capaces de reducir la histéresis térmica para que se modifiquen la estructura de las aleaciones (37).

En contraste, Eggeler et al identificaron los efectos de cinco ciclos de reciclado a los cuales se les aplicó esterilización con una especie de jabón enzimático, autoclave y óxido de etileno. Para ello se analizó una muestra con alambres Sentalloy® de la casa comercial GAC® y probaron los alambres durante los períodos de T0, T1 y T5 luego de utilizar calor seco, y concluyeron pequeñas diferencias al esterilizar uno o cinco veces el alambre. En efecto, reconocen que puede que la superficie de los alambres no padezca tanto por los procesos de esterilización sino por sus ciclos de uso, pues a medida que aumentan los ciclos los alambres se vuelven más rígidos evidenciados en el aumento en la pendiente de la gráfica de fuerza-deformación, donde el máximo cambio observado en la curva de carga fue entre los ciclos T0 y T2 con un incremento en la fuerza aplicada. Sin embargo, plantearon en su estudio que las variaciones de los cambios de la rigidez fueron pequeñas sugiriendo una significancia clínica cuestionable (38).

Ahora bien, en referencia a la observación microscópica no se puede reconocer que el jabón enzimático con el glutaraldehído al 2% ocasiona mayores modificaciones en la superficie. Situación que se puede corroborar con el estudio de Rendón et al quienes argumentan las muestras de alambres de su estudio que fueron sometidas a esterilización con enfriamiento no presentaron modificaciones en su superficie, los autores aluden a que en frío las propiedades físicas no ralentizan el enfriamiento del material y se da de una forma más rápida, así pues, la aleación se ubica alrededor de los granos en donde con frecuencia se ubican los átomos de carbono, generando una superficie del grano no vulnerable a la oxidación (39).

La técnica de la inmersión en jabón enzimático para lograr una desinfección de los alambres de ortodoncia no se realiza sola y por eso se decide usar una técnica combinada agregando un agente con poder desinfectante mayor como el glutaraldehído al 2%, por lo tanto, no se decide realizar un análisis entre estos dos pasos. Se observa en otros estudios que han encontrado que este método por sí solo presenta una baja capacidad de remoción de desechos o de reducción de la carga bacteriana y viral a un nivel óptimo para el uso con pacientes, es por ello, que este método de desinfección se recomienda con la utilización de

otras técnicas de alta efectividad de remoción de carga bacteriana (40). Así mismo, se puede resaltar el estudio realizado por Pellizaro et al quienes encontraron que la utilización del jabón enzimático tuvo una menor reducción de biopelículas evidenciada a través de métodos de imágenes como el SEM y al mismo tiempo se evidenció un alto número de microorganismos. Para los autores, el bajo nivel de eficacia de este método se logra explicar porque este método requiere un alto grado de ayuda mecánica lo que impide que la técnica sea altamente efectiva y por ello, en un primer momento no tiene un alto grado de efectividad de la reducción microbiana, razón por la cual, los autores también recomiendan la utilización de otro método de esterilización con un mayor grado de efectividad (41).

Los resultados encontrados por Pellizaro et al son similares a las investigaciones realizadas por Normando et al quienes argumentan que los métodos de esterilización de los arcos de NiTi mediante técnicas de inmersión en jabones enzimáticos no tienen un alto grado de efectividad debido a que las pruebas de contaminación y conteo de cuerpos bacterianos arrojaron un significativo nivel de estos microorganismos. Se debe resaltar que el estudio realizado en este artículo también realiza un proceso de limpieza de los arcos cuando estos alambres son retirados del Pool de bacterias para someterlos a un procedimiento de limpieza, al igual que en el caso anterior, se encuentra que este método de desinfección por sí solo no tiene un alto grado de efectividad en la remoción de bacterias y microorganismos. Cabe resaltar que los estudios que han analizado los jabones enzimáticos para el proceso de desinfección y remoción de bacterias han establecido que este método no es el más apropiado para realizar dicha tarea debido a que presenta limitaciones debido a la manipulación técnica que se requiere ejecutar durante el proceso de limpieza y la utilización de algunos jabones enzimáticos que no presentan un pH adecuado para la remoción de una gran variedad de bacterias, sin considerar los daños y contraindicaciones que generan estos jabones en fenómenos de corrosión de los alambres (42).

De forma más reciente, Canongia et al argumentan que al evaluar diferentes técnicas de limpieza y desinfección de los alambres de NiTi para uso odontológico se establece que el jabón enzimático presenta una efectividad baja de remoción de bacterias, pero su capacidad

para la eliminación de microorganismos es similar a otras técnicas como la limpieza con agua destilada y fricción con lana de acero (Steel Wool), razón por la cual se recomienda otras técnicas de limpieza de los alambres de NiTi como soluciones del alcohol al 70%, 1% de sodio de hipoclorito y soluciones de 2% de clorhexidina que tienen una mayor efectividad al momento de la remoción de los cuerpos bacterianos (43).

En contraste, los resultados obtenidos mediante el proceso de desinfección con técnicas al frío como el glutaraldehído al 2% evidencian una mayor efectividad al momento de realizar los procesos de limpieza y esterilización de los arcos de Ni-Ti tanto de la marca Cooper NiTi como de Bioforce. Al igual que en el anterior caso, se evidencia que la bibliografía relacionada con este procedimiento es consistente al afirmar que esta metodología de limpieza es más eficiente porque al realizar el proceso de conteo de cuerpos bacterianos no se evidencia una alta concentración de organismos (41), (42), (43).

La eficacia de los mecanismos de desinfección con técnicas al frío como el glutaraldehído al 2% han sido reseñadas de forma constante desde investigaciones tempranas realizadas en el año de 1998 donde se evidencia que esta técnica de esterilización de implementos médicos tiene un alto grado de efectividad porque luego de aplicar estos mecanismos de limpieza no se observa el crecimiento de bacterias y microorganismos que puedan ser dañinos para el ser humano y ocasionar una infección por la presencia de los mismos (44). De la misma manera, el estudio realizado por el centro de Salud Pública de Ontario en Canadá demuestra que este método de desinfección presenta un alto nivel en los procesos de esterilización de instrumentos médicos porque al exponer el instrumental médico a la solución de glutaraldehído al 2% por un tiempo de 20 minutos a una temperatura de 20 grados centígrados se puede obtener un alto nivel de desinfección en la mayoría de cuerpos y microorganismos, sin embargo, este procedimiento puede requerir un aumento tanto en la temperatura como en el tiempo para eliminar ciertos microorganismos como el caso de las esporas bacterianas donde se requiere un tiempo de intervención de aproximadamente 10 horas. Así mismo, el estudio realizado por esta institución sostiene que esta técnica presenta también como ventajas el bajo nivel de corrosión en metales, plásticos y caucho, perfecto

para los arcos de NiTi. Se debe reconocer que a pesar de las ventajas en la eliminación de los cuerpos bacterianos de la técnica de glutaraldehído al 2%, esta institución sostiene que uno de los principales obstáculos de la misma está relacionada con la capacidad de ser extremadamente irritante para la piel y las membranas mucosas, por lo cual se recomienda cuidado y capacitación en la esterilización de implementos médicos con esta técnica (45).

Los resultados obtenidos por el Centro de Salud Público de Ontario son similares a los hallazgos encontrados por Niven quien argumenta que las soluciones de glutaraldehído al 2% se han consolidado como una de las prácticas más frecuentes para la desinfección y esterilización de implementos médicos debido a su alto nivel de efectividad en la remoción de bacterias y microorganismos, razón por la cual se han popularizado en el ámbito de la salud. A pesar de sus beneficios en remoción de cuerpos bacterianos, Niven sostiene que esta solución ha sido relacionada como uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades como el asma, es así, que las regulaciones para el control de sustancias riesgosas para la salud -COSHH Regulations, por sus siglas en inglés- ha recomendado el uso de desinfectantes alternos dentro de los contextos de salud debido a las recientes investigaciones que lo han señalado como uno de los causantes de enfermedades respiratorias. En consecuencia, se ha argumentado sobre la necesidad de buscar alternativas que tengan un alto nivel de efectividad en la remoción de microorganismos, pero no sea asociado con efectos secundarios para la salud (46).

Como se ha establecido hasta el momento, la mayor parte de los estudios que han analizado las propiedades de desinfección del glutaraldehído al 2% han sido estudios médicos enfocados en la esterilización de implementos propios de esta rama de la ciencia de la salud. Por ello, al realizar la revisión bibliográfica sobre el impacto de esta metodología para la desinfección de los cuerpos bacterianos en los arcos de alambres de NiTi solamente se encontraron dos estudios que sostienen que este método de desinfección es una técnica apropiada para la eliminación de los cuerpos bacterianos en los alambres de ortodoncia debido a que los estudios empíricos realizados logran demostrar que esta metodología lograr reducir efectivamente los microorganismos y es una gran opción para la eliminación

de bacterias tanto de gram positivas como negativas lo que lo convierte es una opción muy viable para la desinfección y reutilización de los arcos de NiTi en pacientes de ortodoncia (43), (47).

Al igual que en las investigaciones previas sobre el uso de glutaraldehído al 2%, Khatri et al sostienen que el uso prolongado de los procesos de desinfección de esta solución presenta algunas desventajas como olor e irritación de las membranas mucosas por lo cual se requiere un protocolo de monitoreo para vigilar el proceso de esterilización de los implementos odontológicos. A pesar de sus debilidades, se debe reconocer que este procedimiento permite la reutilización de los alambres de NiTi debido a que este procedimiento no genera un alto nivel de corrosión en la superficie del alambre y al mismo tiempo permite que la presencia de cuerpos bacterianos, hongos y virus se eliminen con un alto nivel de efectividad, garantizando la seguridad del paciente (47).

Como se observa nuevamente, la bibliografía relacionada con la efectividad de la desinfección de los arcos de NiTi es limitada tanto para evaluar la eficiencia de los jabones enzimáticos como de los métodos fríos como el glutaraldehído al 2%. A pesar de las limitaciones bibliográficas sobre la efectividad de los métodos de esterilización, se debe resaltar que las investigaciones realizadas hasta el momento han determinado claramente que los procedimientos con jabones enzimáticos tienen una baja efectividad mientras que los procedimientos con glutaraldehído al 2% se caracterizan por tener un mayor efecto en el control del crecimiento y aparición de microorganismos.

En relación con el riesgo para la reutilización de los alambres de NiTi para los tratamientos de ortodoncia se debe establecer que esta temática ha sido analizada en diversas ocasiones alrededor del mundo para determinar la pertinencia de dicha práctica al considerar tanto la seguridad del paciente en términos de salud, como la calidad del tratamiento de ortodoncia que se ofrece. Por ejemplo, Sayed et al realizan un estudio que tiene como finalidad establecer las condiciones que presentan los alambres de NiTi y CuNiTi luego de un procedimiento de esterilización. Los resultados obtenidos por los investigadores sostienen que la reutilización de los alambres de NiTi luego de un ciclo de esterilización no

representan un alto riesgo para el paciente porque al realizar el procedimiento de desinfección, por una sola vez mediante técnicas químicas y técnicas al frío, no se observan cambios considerables en las propiedades mecánicas de los arcos lo que resulta favorable para la reutilización de dichos implementos de ortodoncia, sin poner en riesgo la calidad del tratamiento. Sin embargo, los investigadores sostienen que la calidad de los alambres luego de ser expuesto a un segundo ciclo de desinfección, mediante las mismas técnicas, si presentan modificaciones importantes en sus propiedades mecánicas con lo cual no se recomienda utilizar dicho procedimiento en una segunda instancia para no afectar la pertinencia del tratamiento.

En contraste, Sayed et al argumentan que al utilizar otras técnicas de desinfección de alambres como la esterilización en autoclave y mediante detergentes enzimáticos si genera una afectación considerable luego de una sola fase de desinfección. De ese modo, se establece que estas técnicas no tienen un alto grado de favorabilidad para la preservación de las condiciones iniciales de los alambres y arcos, por lo cual, se recomienda evitar estas técnicas y utilizar otras metodologías con resultados más favorables (48).

Los resultados presentados por estos investigadores son comparables a los obtenidos por el presente estudio al considerar que el nivel de riesgo en la reutilización de los arcos de NiTi tiene un bajo impacto cuando se utilizan técnicas al frío como el glutaraldehído al 2% con relación a los cambios superficiales del alambre.

Los resultados aquí presentados también son similares a los obtenidos por Grosogeat et al quien argumenta que los procedimientos de esterilización mediante químicos no generan un cambio significativo en las propiedades mecánicas de los arcos de NiTi, porque si bien es cierto, se observa un incremento en la rugosidad de los alambres como esta se presentan ligeros cambios en la superficie topográfica, esta modificación es leve e insignificante según los resultados de los autores. En efecto, los investigadores sostienen que esas diferencias solamente fueron perceptibles cuando se utilizaron técnicas de medición con un

alto nivel de precisión, puesto que de lo contrario no se lograba observar un cambio importante en los mismos (49).

En el mismo orden de ideas, se debe resaltar el estudio realizado por Yadav et al quien evalúa la posibilidad y riesgo de reciclar y reutilizar los alambres de NiTi, que estuvieron en un medioambiente bucal por un periodo de seis semanas y posteriormente ser expuestos a un proceso de esterilización mediante técnicas en frío como el glutaraldehído al 2%. Para los autores, se encuentra que la posibilidad de reutilización de estos implementos odontológicos es alta porque al evaluar los cambios en las propiedades de los alambres se observan cambios mínimos. En concreto, los autores sostienen que existe una reducción en la rigidez de los alambres NiTi reciclados después de seis semanas de uso clínico, al mismo tiempo, la topografía de la superficie tampoco indica un aumento en las zonas o puntos de desgaste de la superficie, indicando que no existe signos por corrosión debido al entorno bucal o al procedimiento de esterilización con glutaraldehído al 2%. En consecuencia, los autores argumentan que la utilización y reutilización de estos implementos es seguro con un bajo nivel de riesgo y que permite ofrecer un servicio de ortodoncia en las mejores condiciones (50).

Los resultados ofrecidos por Yadav et al y los encontrados en el presente estudio también son apoyados por el estudio realizado por Sing, Pai y Amrita quienes encontraron que los procesos de esterilización de los alambres de NiTi mediante la técnica de desinfección al frío mediante glutaraldehído no generaba un proceso de deformación de las propiedades mecánicas y topográficas de los arcos significativamente. En efecto, los resultados presentados por el autor sostienen que los métodos de esterilización mediante las técnicas de óxido de etileno y 2,45% de glutaraldehído no afectan en gran medida la capacidad de tensión de los arcos luego de realizar hasta cinco ciclos de desinfección de estos implementos, sin embargo, si se utilizan otras técnicas como la desinfección en autoclave y técnica de calor (Dry Heat) si se presenta una deformación considerable en las propiedades mecánicas de los alambres que puede afectar de manera significativa los tratamiento de

ortodoncia, con lo cual no se recomienda realizar dichos procedimientos si se considera reciclar estos implementos (50), (51).

Los estudios mencionados anteriormente también encuentran sustento en la investigación de Kannan et al y Al-Khatieeb quienes argumentan que los procedimientos de esterilización no tienen efectos importantes en las propiedades mecánicas de los alambres de NiTi permitiendo que estos sean recomendables y con bajos niveles de riesgo para los pacientes. Por otro lado, Al-Khatieeb argumenta que la baja modificación en las propiedades mecánicas de los alambres de NiTi se relacionan con la ventaja que presenta el titanio y sus aleaciones, ya que, son fácilmente controladas debido a la capa delgada y estable de óxido de titanio (TiO₂) que se forma en nanosegundos de exposición al aire, evitando así una mayor difusión y penetración de oxígeno, lo cual resulta en una excelente resistencia a la corrosión y dicha superficie de óxido no se descompone en condiciones fisiológicas ni tampoco en los procesos de desinfección con técnicas químicas y al frío. Por consiguiente, el autor sostiene que no existe un efecto perjudicial sobre la deflexión de la carga y por ello, tampoco se genera una pérdida significativa de sus propiedades mecánicas, con lo cual es factible el proceso de reciclaje y reutilización de este implemento. (52), (53)

En el mismo orden de ideas, se puede mencionar el estudio de Oshagh et al quien argumenta que luego de aplicar diversas técnicas de esterilización de los arcos de ortodoncia como la esterilización en autoclave y técnicas en frío no se puede concluir de manera fehaciente que estos procedimientos tengan condiciones que afecten las propiedades mecánicas de los alambres, sin embargo, si se observaron que los arcos presentaron un mayor grado de maleabilidad al comprarlos con las condiciones físicas y mecánicas del grupo de control. En virtud de los resultados de los investigadores, se establece que la reutilización de los mismos no parece significar un problema para la calidad del tratamiento en cuestión, aunque se recomienda un uso razonable del mismo considerando las particularidades de cada uno de los casos (1).

Tal y como se observa en los anteriores estudios, se logra demostrar que los niveles de riesgo por la reutilización de los arcos de NiTi en los procedimientos de ortodoncia son bajos, especialmente, cuando se someten a técnicas de desinfección al frío como el glutaraldehído al 2%. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de la presente investigación que logró encontrar que esta técnica presenta un bajo nivel de riesgo al momento de su reutilización porque presenta condiciones óptimas para ser reciclados luego del proceso de esterilización. La revisión bibliográfica relacionado con el riesgo de reutilización de estos implementos de ortodoncia es consistente al afirmar que las técnicas en frío no presentan grandes modificaciones en la superficie topográfica de los alambres, razón por la cual, no existe un alto riesgo en su proceso de reutilización en el mismo paciente.

Por otro lado, al analizar el nivel de riesgo de la reutilización de los alambres de NiTi por la posibilidad de contaminación bacteriana, se encuentra que la bibliografía relacionada con la temática no es tan amplia como en relación con los cambios mecánicos de los arcos al ser sometidos a los procesos de desinfección. Sin embargo, de dichos estudios se puede mencionar las investigaciones realizadas por Conongia et al quienes analizan la efectividad de los métodos de limpieza de los arcos de NiTi mediante diversas técnicas tales como el glutaraldehído al 2% y los jabones enzimáticos. Los hallazgos presentados por este estudio demuestran que los métodos de desinfección varían de acuerdo con las metodologías implementadas, siendo los métodos en frío como el glutaraldehído al 2% una de las más eficientes, mientras que los métodos de jabones enzimáticos no tienen un alto grado de efectividad. Debido a lo anterior, el riesgo para la reutilización de los alambres de NiTi dependen del método de esterilización que se implemente (43).

Los resultados presentados por estos autores no son consistentes con los hallazgos del presente estudio puesto que esta investigación encontró que el riesgo de reutilización de los arcos de NiTi son mayores cuando se utilizan técnicas como el jabón enzimático debido a la baja efectividad de esta metodología por si sola para eliminar los microorganismos y bacterias luego de ser expuestos a inóculos infectados. En contraste, la metodología de

esterilización al frío con glutaraldehído al 2% representa un menor riesgo porque esta posibilidad permite una mejor eliminación de los microorganismos y bacterias, y, por ende, tiene menores factores de riesgo al momento de reciclar y reutilizar los arcos en los pacientes. A diferencia de esta investigación se tomaron aparte las dos técnicas de jabón enzimático y glutaraldehído al 2%, dando como resultado en esta investigación la imposibilidad de generar una reproducibilidad a dichos ensayos.

Los resultados de Conongia et al y los hallazgos del presente estudio también son comparables con la investigación realizada por Gopikrishman et al quienes realizan un proceso de análisis de las posibilidades de contaminación biológica de los arcos de NiTi, encontrando que los riesgos para la reutilización de los arcos de ortodoncia se clasifica considerando las diferentes técnicas de esterilización, por ello, el riesgo dependerá de la capacidad que tiene el método de desinfección en la eliminación de bacterias y microorganismos. Así, los autores sostienen que los métodos en frío y la esterilización con químicos son las metodologías más eficientes para la eliminación de las bacterias, razón por la cual se recomienda que estos procedimientos sean los más utilizados para realizar la esterilización de los arcos de NiTi (43), (54).

De la misma manera, se debe reconocer el estudio realizado por Mocnik y Kosec quien realiza un estudio acerca de las propiedades de bio-compatibilidad de los alambres de NiTi para usos de ortodoncia. Debido a lo anterior, los autores sostienen que las características fisicoquímicas de los alambres de NiTi presentan condiciones óptimas para el uso humano. Así, los autores sostienen que los procesos de esterilización de estos implementos permiten conservar las condiciones de fabricación y por ello, no existe riesgo para la reutilización de los mismos. Sin embargo, los autores sostienen que la calidad del proceso de desinfección de los arcos de NiTi depende de los métodos que se implemente, pero, los autores no se enfocan en evaluar la efectividad de los diferentes métodos de esterilización, sino que se enfoca en la conservación de las propiedades fisicoquímicas de dichos alambres al ser reutilizados en diferentes pacientes (55).

En resumen, se establece que los resultados de la presente investigación son similares a otros estudios que analizan la posibilidad de contaminación de los arcos de NiTi al ser expuestos a sustancias contaminadas y luego ser desinfectadas por diversas técnicas. En ese orden de ideas, se establece que los métodos más apropiados para este procedimiento son las técnicas en frío como el glutaraldehído al 2% que tiene un bajo nivel de riesgo de contaminación bacteriana en comparación a las metodologías de esterilización con jabón enzimático.

14 CONCLUSIONES

1. Después del proceso de desinfección unos 20 arcos ($\approx 83,3\%$) no presentaron ningún tipo de cambio topográfico y los restantes 4 si lo hicieron ($\approx 16,6\%$) tuvieron cambios no significativos.
2. Los métodos más apropiados para este procedimiento son las técnicas en frío como el glutaraldehído al 2% que tiene un bajo nivel de riesgo de contaminación bacteriana.
3. El método usado para la evaluación de la contaminación microbológica no proporciona una reproducibilidad adecuada para los arcos de NiTi.
4. En general el reuso de los arcos podrían generar infecciones bacterianas o riesgos asociados a las alteraciones en el arco en un en un 75%, sin importar el tipo de arco

15 RECOMENDACIONES

Los tratamientos de ortodoncia exigen del profesional especialista el conocimiento sobre los diferentes materiales utilizados, sus propiedades físicas y mecánicas y cómo puede afectar su desempeño el ser sometido a diferentes sustancias utilizadas para procesos como la desinfección. Además, es necesario saber cuáles son productos indicados para realizar un correcto proceso de desinfección en frío para lograr la máxima eliminación de microorganismos sin causar alteraciones sobre los materiales sometidos a dicho proceso. Es de vital importancia prestar atención a las técnicas y sustancias utilizadas para realizar la desinfección en frío de los arcos de ortodoncia para evitar o minimizar el desgaste y demás variaciones que afecten las propiedades mecánicas de estos y que a su vez dichas alteraciones causen retrasos o resultados indeseados en el tratamiento de ortodoncia. También sería conveniente la realización de pruebas mecánicas, no solo pruebas de superficie de los materiales, ya que los cambios que se presentan no afectan únicamente la superficie sino también la parte interna pudiendo repercutir en el desempeño mecánico de estos. Así mismo la inclusión en los estudios de un análisis microbiológico detallado con un buen protocolo de ejecución para lograr una reproducibilidad de los resultados y que estos por ende sean mucho más contundentes con respecto a la carga bacteriana real que se encuentra en los arcos antes y después de los procesos de desinfección en frío. Se deben realizar más estudios para lograr determinar las sustancias, las concentraciones y tiempos que se deben utilizar para el proceso de la desinfección en frío sin que se cause ninguna modificación en los materiales sometidos a dicho proceso y realizar un protocolo en caso de requerir reutilizar los arcos de ortodoncia.

16 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Oshagh M, Hematiyan MR, Mohandes Y, Oshagh MR, Pishbin L. Autoclaving and clinical recycling: effects on mechanical properties of orthodontic wires. *Indian J Dent Res.* 2012 Sep;23(5):638–42.
2. Kapila S, Angolkar P V., Duncanson MG, Nanda RS. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;98(2):117–26.
3. Sreekanth.A. C. A Comparative Evaluation Of Effects Of Different Kinds Of Sterilizations On Load Deflection Characteristics, Tensile Properties Of Copper Niti Wires- An Invitro Study. *Ann essences Dent.* 2011 Jun 10;3(3):28–35.
4. Ramazanzadeh BA, Ahrari F, Sabzevari B, Habibi S. Nickel Ion Release from Three Types of Nickel-titanium-based Orthodontic Archwires in the As-received State and After Oral Simulation. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2014;8(2):71–6.
5. Isac J, Chandrashekar BS, Mahendra S, Mahesh CM, Shetty BM, Arun A V. Effects of clinical use and sterilization on surface topography and surface roughness of three commonly used types of orthodontic archwires. *Indian J Dent Res.* 2015 Jul 1;26(4):378–83.
6. Pernier C, Grosogoeat B, Ponsonnet L, Benay G, Lissac M. Influence of autoclave sterilization on the surface parameters and mechanical properties of six orthodontic wires. *Eur J Orthod.* 2005;27(1):72–81.
7. Barrera J, et al. Evaluacion de la efectividad desinfectante del alcohol etilico al 80%, amonio cuaternario y glutaraldehido al 2% en el instrumenta de ortodoncia.2017. 2017;
8. Amaya S, Pérez A, Guzmán H, Espinosa A, Motta G, Mojica J, et al. Changes in the mechanical properties of two nickel-titanium archwires after 3 months of clinical usage. *J World Fed Orthod.* 2020 Dec 1;9(4):175–80.
9. Wang Y, Jian F, Lai W, Zhao Z, Yang Z, Liao Z, et al. Initial arch wires for alignment of crooked teeth with fixed orthodontic braces. *Cochrane database Syst Rev.* 2010 Apr 14;(4).

10. Sifakakis I, Bourauel C. Nickel–titanium products in daily orthodontic practice. *Orthod Appl Biomater*. 2017 Jan 1;107–27.
11. Schumacher HA, Bourauel C, Drescher D. [The effect of the ligature on the friction between bracket and arch]. *Fortschr Kieferorthop*. 1990 Mar;51(2):106–16.
12. Meinardi E. *Propuestas Didácticas para enseñar Ciencias Naturales I*. Buenos Aires L Bonan Ed. 2011;3–384.
13. Conto Díaz F, Mejía Gallegos C, Moreira B. J, Terán Caicedo F, Moreira Zevallos P, Lema Latorre AG, et al. *Estudios de Investigación en Odontología: Una Mirada desde la Academia en Ecuador*. 2016
14. Ballester M, Huberman J, Zuzulich W, Romero C. *Protocolo de Limpieza, Desinfección y/o Esterilización de Artículos Clínicos Odontológicos*. 2015;
15. Azeredo F, de Menezes LM, da Silva RM, Rizzato SMD, Garcia GG, Revers K. Microbiological analysis of orthodontic pliers. *Dental Press J Orthod*. 2011 May;16(3):103–12.
16. Souchon MA, Quirós A O. *Manual de recomendaciones en Bioseguridad para la práctica Ortodóntica*. *Rev Latinoam Ortod y Odontopediatria "Ortodoncia.ws"*. 2011
17. Venturelli AC, Torres FC, de Almeida-Pedrin RR, de Almeida RR, de Almeida MR, Ferreira FPC. Avaliação microbiológica da contaminação residual em diferentes tipos de alicates ortodônticos após desinfecção com álcool 70%. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2009;14(4):43–52.
18. Santander UI de. *Protocolo De Limpieza, Desinfección Y Esterilización En El Servicio De Odontología*. 2008.
19. Araujo MWB, Charles CA, Weinstein RB, McGuire JA, Parikh-Das AM, Du Q, et al. Meta-analysis of the effect of an essential oil-containing mouthrinse on gingivitis and plaque. *J Am Dent Assoc*. 2015 Aug 1;146(8):610–22.
20. Guerra M, Tovar V, La Corte E. Estrategias para el control de infecciones en odontología. *Acta Odontológica Venez*. 2006;44(1):132–8.
21. Pérez CAA, Esteves RLB, Moya JCA. Desinfección de las impresiones dentales, soluciones desinfectantes y métodos de desinfección. Revisión de literatura. *Odontol Sanmarquina*. 2020 May 6;23(2):147–55.

22. Weissermel K, Hans-Jürgen A. Química orgánica industrial. Editorial reverté s.a. 1981. 1–405 p.
23. Rodríguez CR. Evaluación De Cuatro Desinfectantes Sobre Listeria Monocytogenes Aislada De Productos Cárnicos Crudos De Una Planta De Procesados En Bogotá. Pontificia universidad javeriana. 2007.
24. Ramírez Robles MM. “Validación De Procesos De Esterilización En Autoclaves De Vapor En La Industria Farmacéutica”. 2014.
25. Casilla Jancco C, Reyna Macedo JW. Diseño de un sistema de control automático para optimizar el manejo del equipo de autoclave de vapor en la central de esterilización del Hospital Nacional Cayetano Heredia. 2016.
26. Matlack R. Instrument sterilization in orthodontic offices. Angle Orthod. 1979 [;49(3):205–11.
27. Pérez-Uz B, de Silóniz, M I, Torralba B, Vázquez C. Metodología de esterilización en el laboratorio microbiológico. REDUCA (Biología). 2010;3(5):1–14.
28. Sehulster L, Chinn R, CDC., HICPAC. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR. 2003;52(RR-10):1–42.
29. Sandoval Vidal P, Lara A, Carolina; Hidalgo M, Gutiérrez Moraga P, Sandoval VP. Caracterización de los Alambres Termoactivados para Uso Ortodóncico: Reporte de Caso. Int J Odontostomatol. 2012 Apr;6(1):65–70.
30. Rodriguez J. Manual De Limpieza Y Desinfección Hospitalaria. Acad - Com Infecc Intrahospitalarias. 2003;1–68.
31. Manual de Limpieza y desinfección hospitalaria. ESE Carmen Emilia Ospina. 2019;
32. de Andrés Sanz M, Muñoz del Corral F. El microscopio metalográfico en el estudio de superficies metálicas. DIALNET. 1957;2:57–68.
33. Viviana Hernández Rodríguez Daniel Alberto Romero Muñoz Universidad Distrital Francisco José Caldas Facultad Tecnológica L De. Análisis Microestructural de Los Aceros Inoxidables Aisi 316, 420 Y 430 Utilizando La Técnica De Metalografía A Color. 2016.

34. Rodríguez SAJ. Materiales con Memoria de Forma. Wordpress. Ing Mater. 2010;
35. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;33(4):297–310.
36. Callejas L, Izquierdo J. Verificación del proceso de limpieza y desinfección de los laboratorios: aguas y lodos, inmunología especializada y citometría de flujo, microbiología de alimentos y microbiología ambiental y de suelos. 2009
37. García C, Galliano P, Ceré S. Electrochemical evaluation of resistance to localised corrosion of vitreous coatings containing particles applied on metallic substrates for biomedical applications. *Mater Lett.* 2003 Mar 1;57(12):1810–4.
38. Eggeler G, Hornbogen E, Yawny A, Heckmann A, Wagner M. Structural and functional fatigue of NiTi shape memory alloys. *Mater Sci Eng A.* 2004 Jul 25;378(1–2):24–33.
39. Rendón Arias L, Cano Correa G, peláez Vargas A, Jaramillo Vallejo P, García Garcia C, Montoya Góez Y. Evaluación in vitro de la resistencia friccional entre brackets cerámicos y arcos de acero inoxidable con y sin recubrimiento vítreo aplicado por el método Sol-Gel. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2008;20(1):58–71.
40. González Vélez C, Aguilar Villada A, Sánchez Garzón J, Franco Aguirre J, Arango-Santander S. Evaluación de la adhesión y colonización bacteriana a la superficie de arcos de níquel-titanio de uso ortodóncico modificados siguiendo un enfoque biomimético. 2019
41. Pellizzaro D, Polyzois G, MacHado AL, Giampaolo ET, Sanitá PV, Vergani CE. Effectiveness of mechanical brushing with different denture cleansing agents in reducing in vitro *Candida albicans* biofilm viability. *Braz Dent J.* 2012;23(5):547–54.
42. Normando D, Araújo AM De, Marques IDSV, Barroso Tavares Dias CG, Miguel JAM. Archwire cleaning after intraoral ageing: the effects on debris, roughness, and friction. *Eur J Orthod.* 2013 Apr;35(2):223–9.
43. Portes Canongia A, Alviano Moreno D, Gomes Abraçado L, Melo Pithon M, Tirre Araújo M. Effectiveness Of Methods For Cleaning Arch Wire: An In Vitro Study. *Biosci J.* 2021;37:1–8.

44. Gundogdu H, Ocal K, Çaglikulekci M, Karabiber N, Bayramoglu E, Karahan M. High-level disinfection with 2% alkalized glutaraldehyde solution for reuse of laparoscopic disposable plastic trocars. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 1998;8(1):47–52.
45. Ontario PH. Best Practices for Cleaning, Disinfection and Sterilization of Medical Equipment/Devices In All Health Care Settings, 3rd edition. *Pidac*. 2013;1–109.
46. Hse. An evaluation of chemical disinfecting agents used in endoscopy suites in the NHS. 2006;1–34.
47. Khatri JM, Jadhav MM, Tated GH. Sterilization and orthodontics: A literature review. *Int J Orthod Rehabil*. 2017;8(4):141–6.
48. Professor of Orthodontics -Ass, Sayed YM, Aboulazm KS, Fahmy AE. Evaluation of ultimate tensile strength and surface roughness of NiTi and CuNiTi orthodontic archwires after recycling procedures. *Egypt Orthod J*. 2018 Dec 8;54(December 2018):47–57.
49. Grosogeat B, Jablonska E, Vernet JM, Jaffrezic N, Lissac M, Ponsonnet L. Tribological response of sterilized and un-sterilized orthodontic wires. *Mater Sci Eng C*. 2006 Mar 1;26(2–3):267–72.
50. Yadav A, Jayaprakash PK, Singh R, Dawer M, Modi P, Sehdev B, et al. Impact of recycling on the mechanical properties of nickel-titanium alloy wires and the efficacy of their reuse after cold sterilization. *J Orthod Sci*. 2020;9(10):135–43.
51. Singh S, Pai VS, Amrita N. The Effects of Hot and Cold Sterilization on The Tensile Strength of Orthodontic Wires" (An in-vitro study). *Virtual J Orthod*. 2011;9:1–8.
52. Kapoor SN, Tandon DN, Gupta P. Evaluation of Effects of Sterilization on Mechanical Properties of Orthodontic Wires. *J Ind Orthod Soc*. 2012;46(3):126–31.
53. Mustafa M, Khatieeb A. Influence of different recycling protocols on load deflection of nickel titanium orthodontic wire (An in vitro study). *J baghdad Coll Dent*. 2008;20(1):105–10.
54. Gopikrishnan S, Melath A, Ajith V, Mathews N. A comparative study of bio degradation of various orthodontic arch wires: an in vitro study. *J Int Oral Heal*. 2015;7(1):12–7.

55. Močnik P, Kosec T. A Critical Appraisal of the Use and Properties of Nickel-Titanium Dental Alloys. Mater (Basel, Switzerland) 2021 Dec 1;14(24).