

Efectividad de la esterilización mediante la irradiación de microondas en la eliminación del *Enterococcus faecalis* en instrumental de uso ortodóntico

**María Fernanda Acelas Cáceres, Andrea Marcela Jaimes Moncada,
Eliana Lois Simanca Buelvas, Paola Astrid Mejía Serrano**

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Ortodoncia

Director

**Martha Patricia Verjel Bonza
Odontóloga
Especialista en Endodoncia**

Codirector

**Linda Patricia Rocha Muñoz
Bacterióloga
Magister en Ciencias Básicas Biomédicas**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
División de Ciencias de la Salud
Facultad de Odontología
2022**

Contenido

1.	Introducción	9
1.1	Planteamiento del problema	10
1.1	Justificación	12
2.	Marco teórico	14
2.1	Historia del microondas	14
2.2	Implementación del microondas en procesos de esterilización	16
2.3	Técnica de esterilización	17
2.4	Enterococcus faecalis	18
2.5	Geobacillus stearothermophilus	18
2.6	Microorganismos asociados a la práctica clínica ortodóntica	18
2.7	COVID-19	19
2.8	Infecciones cruzadas en ortodoncia	21
2.9	Clasificación del instrumental odontológico	22
2.10	Métodos de desinfección	23
2.11	Agentes desinfectantes	23
2.12	Esterilización	24
2.13	Métodos de esterilización	25
2.14	Agentes químicos utilizados en esterilización	27
3.	Objetivos	28
3.1	Objetivo general	28
3.2	Objetivos específicos	28
4.	Método	28
4.1	Tipo de estudio	28
4.2	Selección y descripción de participantes	28
4.2.1	Población.	28
4.2.2	Muestra y tipo de muestreo.	29
4.2.3	Criterios de selección.	29
4.3	Variables (Apéndice A)	29
4.4	Instrumento de recolección (Apéndice B)	29
4.5	Procedimiento	29
4.5.1	Preparación del instrumental para la investigación.	30
4.5.2	Inoculación del instrumental.	31
4.5.3	Esterilización mediante irradiación por microondas.	32
4.5.4	Control de esterilización post irradiación por microondas.	32
4.5.5	Recolección de datos.	33
4.5.6	Prueba piloto.	33
4.6	Plan de análisis estadístico (Apéndice C)	33
4.6.1	Plan de análisis univariado.	33
4.6.2	Plan de análisis bivariado.	33
4.7	Implicaciones bioéticas	34
5.	Resultados	34
6.	Discusión	36
6.1	Conclusiones	39
6.2	Recomendaciones	39

ESTERILIZACIÓN POR MICROONDAS

3

Referencias

40

Apéndices

45

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Comparación de diferentes métodos de esterilización, sus ventajas y precauciones</i>	26
Tabla 2. <i>Distribución de los grupos de trabajo</i>	30
Tabla 3. <i>Recuentos de UFC/mm² en el explorador para Enterococcus faecalis en diferentes diluciones antes de la irradiación por microondas</i>	34
Tabla 4. <i>Recuentos de UFC/mm² en la pinza Weingart para Enterococcus faecalis en diferentes diluciones antes de la irradiación por microondas</i>	35
Tabla 5. <i>Comparación antes y después de la irradiación por microondas del recuento de UFC/mm² de Enterococcus faecalis en el explorador y la pinza Weingart en diferentes diluciones después de la irradiación por microondas</i>	35
Tabla 6. <i>Recuentos de UFC/mm² de Geobacillus stearothermophilus en diferentes diluciones después de la irradiación por microondas como control biológico</i>	36

Lista de apéndices

Apéndice A. Cuadro de operacionalización de variables	45
Apéndice B. Instrumento de recolección de datos	47
Apéndice C. Plan de análisis estadístico	48

Resumen

Introducción: Los patógenos involucrados en la transmisión de infecciones en el ámbito odontológico responsables de las infecciones de las vías aéreas por su alta patogenicidad y facilidad de propagación exponen a los profesionales durante su práctica diaria. La esterilización por calor y la desinfección son los métodos efectivos para eliminar los microorganismos que causan la contaminación de los instrumentos utilizados. Por los altos costos resulta difícil contar con una gran cantidad de este, se hace necesario buscar un sistema de esterilización en menor tiempo sea más efectivo que los sistemas establecidos para mayor disponibilidad del instrumental en la consulta. **Objetivo:** Evaluar la efectividad de la esterilización por microondas de instrumentos usados en la práctica ortodóntica. **Materiales y métodos:** La preparación para la inoculación con *Enterococcus faecalis*; se verificó la eficacia de este proceso mediante toma de muestra y posterior siembra en medio de cultivo del instrumental dispuesto para el control biológico. Finalmente se realizó la esterilización mediante irradiación por microondas y control de esterilización post irradiación. los datos fueron registrados en el paquete estadístico STATA/MP versión 14.0, para el análisis y se tuvieron en cuenta las medidas de tendencia central y de dispersión. El proyecto fue aprobado por el comité de investigación de la facultad de odontología de la Universidad Santo Tomás. **Resultados:** El proceso de esterilización mediante la irradiación por microondas fue satisfactorio, eliminando por completo el *Enterococcus faecalis*, en ninguno de los grupos evaluados se observó crecimiento bacteriano positivo. Con respecto al *Geobacillus stearothermophilus*; se evidenció que a mayor tiempo de exposición a las ondas del microondas hay una disminución del recuento de UFC. **Conclusiones:** Este método es eficaz, rápido, una herramienta versátil, fácil y económica que pueden realizar odontólogos y el personal asistente; para inactivar microorganismos.

Palabras clave: Esterilización, *Enterococcus faecalis*, *Geobacillus stearothermophilus*, microondas.

Abstract

Introduction: The pathogens involved in the transmission of infections in the dental field responsible for airway infections due to their high pathogenicity and ease of spread expose professionals during their daily practice. Heat sterilization and disinfection are the effective methods to eliminate the microorganisms that cause contamination of the instruments used. Due to the high costs it is difficult to have a large amount of this, it is necessary to look for a sterilization system in less time that is more effective than the established systems for greater availability of instruments in the consultation. **Objective:** To evaluate the effectiveness of microwave sterilization of instruments used in orthodontic practice. **Materials and methods:** Preparation for inoculation with *Enterococcus faecalis*; The effectiveness of this process was verified by taking a sample and subsequent sowing in a culture medium with the instruments available for biological control. Finally, the sterilization was carried out by means of microwave irradiation and post-irradiation sterilization control. the data were recorded in the statistical package STATA / MP version 14.0, for the analysis and the measures of central tendency and dispersion were taken into account. The project was approved by the research committee of the Santo Tomás University School of Dentistry. **Results:** The sterilization process by microwave irradiation was satisfactory, completely eliminating *Enterococcus faecalis*, in none of the evaluated groups positive bacterial growth was observed. With respect to *Geobacillus stearothermophilus*; it was evidenced that the longer the exposure time to microwave waves there is a decrease in the UFC count. **Conclusions:** This method is effective, fast, a versatile, easy and inexpensive tool that dentists and assistant personnel can perform; to inactivate microorganisms.

Key Words: Sterilization, *Enterococcus faecalis*, *Geobacillus stearothermophilus*, microwave.

Glosario

Asepsia: ausencia o falta de materia séptica, es decir, de alguna bacteria o microorganismos que puedan causar infección. Conjunto de procedimientos que impiden la introducción de gérmenes patológicos en determinado organismo, ambiente y objeto. Ausencia de microbios patógenos en tejidos vivos (1).

Antisepsia: prevención de la sepsis por la destrucción o inhibición de microorganismos utilizando un agente que se puede aplicar de forma segura al tejido vivo y en las superficies expuestas a los mismos (1).

Desinfección: limpieza de un artículo de algunos o todos los organismos patógenos que pueden causar infección. Proceso químico que destruye o erradica los microorganismos sin discriminación pero no en su totalidad, como las bacterias, virus y protozoos impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en objetos inertes (2). Eliminación de microorganismos, pero no necesariamente de sus esporas (1).

Desinfectante: sustancia química germicida que mata microorganismos en objetos inanimados, como elementos de equipos quirúrgicos (1).

Esterilización: cualquier proceso que elimina agentes transmisibles de una superficie, equipo, artículo de comida o medicamento, o medio de cultivo biológico. Existen diversos métodos para lograr la esterilización; mediante la aplicación de calor, productos químicos, irradiación, alta presión o filtración (2). Eliminación completa de la viabilidad microbiana, incluidas las formas vegetativas de bacterias y esporas, por medios físicos o químicos (1).

Efectividad: se denomina efectividad a la capacidad o facultad para lograr un objetivo o fin deseado, que se han definido previamente, y para el cual se han desplegado acciones estratégicas para llegar a él. La relación entre los resultados buscados y logrados para circunstancias específicas según el contexto, o "gastar sabiamente" (3).

Indicador biológico de esterilización: son utilizados para verificar la eficiencia del proceso de esterilización. Están diseñados para confirmar la presencia o ausencia de microorganismos viables después del proceso de esterilización. El indicador biológico contiene esporas que son las más resistentes al método de esterilización utilizado. Los indicadores biológicos proporcionan el único método real para verificar la efectividad de los procedimientos de esterilización. (4).

Geobacillus stearothermophilus: es una bacteria gram positiva con forma de bacilo. Es usada comúnmente como organismo de validación en los estudios de esterilización. Lo anterior debido a que su degradación como organismo es cuando se alcanza una temperatura de 121° C, presenta una alta resistencia a temperaturas menores. (4).

1. Introducción

La cavidad oral humana contiene varios hábitats microbianos tales como los dientes, las mejillas, los labios, la lengua, la encía, el surco gingival y el paladar duro y blando. Estos hábitats actúan como reservorios de varios organismos patógenos causantes de infecciones sistémicas, aumentando el riesgo de contaminación cruzada al momento de la consulta odontológica (5,6).

Actualmente la pandemia por coronavirus 2019 (COVID-19), originada en Wuhan, China, se ha convertido en un importante desafío de salud pública no solo para China sino también para los países de todo el mundo. Las medidas de control de infecciones son necesarias para evitar que el virus se propague aún más y para ayudar a controlar la situación epidémica. Debido a las características de los ambientes dentales, el riesgo de infección cruzada puede ser alto entre los pacientes y los odontólogos (5). En la problemática actual que enfrenta el mundo entero, la práctica de ortodoncia se ha visto comprometida debido al gran flujo de pacientes, el contacto directo del ortodontista con la cavidad oral, los tiempos de consulta y desinfección del sitio de trabajo y su instrumental correspondiente, las aerolizaciones que se generan en la atención del paciente y la manipulación de aparatos fijos o removibles en la cavidad oral que a su vez pueden causar variaciones específicas en la microflora oral al disminuir el pH, aumentar la acumulación de placa dental y aumentar el recuento microbiano en la saliva contribuyendo al aumento de las posibilidades de una contaminación cruzada y propagación del virus (6–8).

Los patógenos involucrados en la transmisión de infecciones en el ámbito odontológico incluyen virus, como Hepatitis B y C, Virus del Herpes Simple, Virus de la Inmunodeficiencia Humana y actualmente el COVID-19 responsable de las infecciones de las vías aéreas que por su alta patogenicidad y facilidad de propagación exponen a los profesionales de la salud durante su práctica diaria. La propagación en el aire del SARS-Cov (coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo) está bien reportada en muchas publicaciones, las partículas de gotas y aerosoles son lo suficientemente pequeñas como para permanecer en el aire durante un período prolongado antes de que se depositen en las superficies ambientales o ingresen al tracto respiratorio. Por lo tanto, el 2019-nCoV tiene el potencial de propagarse a través de gotas y aerosoles de personas infectadas en clínicas y consultorios dentales (9).

La esterilización por calor y la desinfección son los métodos efectivos para eliminar los microorganismos que causan la contaminación de los diferentes instrumentos en la práctica odontológica. El glutaraldehído y el peróxido de hidrógeno son los desinfectantes comúnmente utilizados en el proceso de esterilización química sin embargo para que este proceso sea exitoso requiere que el instrumental este sumergido en los líquidos una gran cantidad de tiempo, la clorhexidina es uno de los desinfectantes más favorables debido a su acción bactericida de amplio espectro contra las bacterias gram positivas y gram negativas. Como profesionales responsables, nuestro objetivo primordial debe ser día a día evitar la propagación de microorganismos minimizando las infecciones cruzadas. En este momento los tiempos de consulta entre paciente y paciente deberán ser más prolongados para permitir una correcta desinfección del sitio de trabajo y prevenir la propagación del COVID-19 y evitar las infecciones cruzadas producidas por este y otros microorganismo que no han perdido importancia hasta la fecha. Teniendo en cuenta el alto costo del instrumental que se maneja en el área de ortodoncia, resulta difícil contar con una gran cantidad del mismo por esta razón se hace necesario buscar un sistema de esterilización que en

tiempo sea menor pero que conserve la misma efectividad que los sistemas ya establecidos para este proceso y así tener una mayor disponibilidad del instrumental en la consulta; el presente estudio buscará evaluar la efectividad de la esterilización mediante la irradiación de microondas en la destrucción del *Enterococcus faecalis* microorganismo encontrado frecuente en cavidad oral, altamente resistente a los procesos de esterilización en instrumental de uso ortodóntico (6–8).

1.1 Planteamiento del problema

La cavidad oral puede actuar como reservorio / fuente de agentes etiológicos de infecciones locales (abscesos) y también infecciones diseminadas del tracto urinario, vías biliares, endocardio, entre otras, incluidas las enfermedades nosocomiales (10). Además de las enfermedades infecciosas tradicionales, no solo del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), sino también de bacterias Gram negativas y bacterias Gram positivas, hongos, micobacterias, tuberculosis y hepatitis B y C, la transmisión es crítica (11).

Estos organismos pueden transmitirse en entornos dentales a través del contacto directo con sangre, fluidos orales u otros materiales del paciente, y el contacto indirecto con objetos contaminados incluidos aerosoles y salpicaduras (por ejemplo, instrumentos, equipos o superficies ambientales (12).

La ortodoncia es la rama de la odontología que, en comparación con otros campos, tiene un contacto mínimo con la sangre, sin embargo, al colocar y quitar aparatos fijos, formar alambres o reemplazar cadenas, ligaduras, resortes y módulos se está expuesto a los aerosoles y el contacto con la saliva del paciente (13). Las superficies contaminadas que están en contacto con frecuencia en entornos de atención médica son una fuente potencial de transmisión del COVID-19. La atención en la consulta odontológica genera gotas y aerosoles de pacientes posiblemente infectados, que probablemente contaminan toda la superficie en los consultorios odontológicos. Además, se demostró que a temperatura ambiente el COVID-19 permanece potencialmente infectante desde 2 horas hasta 9 días, y sobrevive mejor en ambientes con una humedad relativa del 50%. Por lo tanto, mantener un ambiente limpio y seco en el consultorio dental ayudaría a disminuir la persistencia de 2019-nCoV (9). Lo anterior refuerza la necesidad de una buena higiene de manos y la importancia de una desinfección completa de todas las superficies dentro de la clínica dental y una correcta esterilización del instrumental. Se recomienda el uso de equipo de protección personal, incluidos guantes, batas y gafas o máscaras faciales, para proteger la piel y la mucosa de la sangre o secreciones potencialmente infectadas. Como las gotas respiratorias son la ruta principal de transmisión del SARS-CoV-2, se recomiendan respiradores de partículas (por ejemplo, máscaras N-95 autenticadas por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional o máscaras estándar FFP2 establecidas por la Unión Europea) para la práctica odontológica (5).

En estudios realizados reportan que el 80% de estudiantes de odontología estuvieron expuestos a sangre o fluidos corporales de los pacientes durante su curso clínico (14). Los aparatos de ortodoncia fijos se han asociado durante mucho tiempo con un aumento en la acumulación de placa, colonización bacteriana y la descalcificación del esmalte resultante (15). Estos aparatos podrían alterar la anatomía coronal del diente, lo que llevaría a un mayor número de superficies retentivas y presentaría una dificultad para controlar la formación y adhesión de la placa (16).

El ortodoncista de hoy tiene una mayor conciencia sobre la propagación de la infección y el cumplimiento de los procedimientos de control de infecciones. La presencia de enfermedades transmisibles como el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH/SIDA), hepatitis B y C y actualmente el virus SARS CoV2, COVID-19 responsable del coronavirus hacen que sea absolutamente necesario proteger al personal de la clínica y a los pacientes de la contaminación cruzada mediante el uso de técnicas de desinfección y esterilización (17).

La esterilización es un procedimiento que permite la eliminación de todas las formas de microorganismos, incluidos virus, esporas bacterianas y micóticas. Un instrumento de uso odontológico será estéril o no estéril, no hay término medio (18). El conocimiento de las técnicas de esterilización eficientes ocupa el lugar central en la prevención de la propagación de enfermedades infecciosas. Muchos organismos que causan enfermedades orales y sistémicas se transmiten fácilmente desde la cavidad oral con un largo período de incubación latente (19).

Es necesario resaltar la esterilización en el consultorio de ortodoncia porque los protocolos a emplear deben tener adaptaciones convenientes que faciliten tiempos de respuesta más rápidos y una mayor longevidad del instrumento de ortodoncia (2).

El método preferido para esterilizar el instrumental de ortodoncia siempre ha sido discutible, siendo los métodos comunes el calor húmedo por autoclave y calor seco con horno de aire caliente. Los consultorios de ortodoncia utilizan esterilizadores de calor seco, ya que protege las delicadas superficies de corte de los instrumentos de ortodoncia, y también debido a la afirmación de que la humedad en el autoclave de vapor puede causar corrosión (20).

En las unidades de autoclave, el principal problema es la oxidación y la corrosión de las articulaciones de las pinzas de ortodoncia y de los bordes cortantes del instrumento. Las unidades Chemiclave causan menos corrosión del filo de corte, y utiliza una solución alcohólica con un mínimo de agua, pero emite humos irritantes. Las unidades de calor seco requieren una temperatura más alta para funcionar, por ejemplo, 320 ° F – 340 ° F, más lenta que las otras dos, pero no producen óxido ni humos. La combinación de instrumentos de acero inoxidable de grado superior con el uso de una solución de nitrato de sodio puede minimizar los problemas debidos a la corrosión, así como los relacionados con el extremo de los bordes cortantes (21).

Vendrell y col. mostraron que las pinzas de corte de ligadura de ortodoncia con insertos de acero inoxidable mostraron una diferencia insignificante en el desgaste promedio, ya sea esterilizados con autoclave de vapor o calor seco. La esterilización en autoclave de vapor puede usarse sin efectos nocivos en los alicates con insertos de acero inoxidable (22).

Cottone y col. recomendó el uso de irradiación de microondas como método práctico de esterilización física y Tate et al. opinó que era tan efectivo como el autoclave. La acción letal de las microondas sobre los microorganismos está bien establecida en la literatura donde la inhibición de microorganismos dependerá de la energía absorbida o del calor transferido. Fitzpatrick y col., Jeng y col., Yeo y col. informaron que el efecto de la irradiación de microondas en los microorganismos es directamente de carácter térmico, mientras que Carrol y López, Culkin y Fung, y Olsen, opinaron que los efectos eran no térmicos (20).

En vista de lograr un método de esterilización alternativo que no deteriore el instrumental utilizado en ortodoncia y que nos proporcione instrumental estéril en corto tiempo para poder utilizarlo entre pacientes disminuyendo costos y garantizando la seguridad de todos, el objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de la esterilización por microondas de instrumentos ortodónticos, usando como medio para sumergir el instrumental en sustancias desinfectantes o agua destilada simple en la eliminación del *Enterococcus faecalis*, seleccionando este microorganismo por ser encontrado en cavidad oral y ser altamente resistente a los procesos de esterilización (4). Por lo anterior, el grupo investigador se propone la siguiente pregunta ¿Es efectiva la eliminación de microorganismos como el *Enterococcus faecalis* presentes en instrumental ortodóntico mediante el uso de las ondas electromagnéticas del microondas?

1.1 Justificación

Para los profesionales que laboran en el área de la salud, es de suma importancia tener claro las diferentes técnicas de esterilización que se manejan en la consulta ya sea privada o particular con el fin único de prevenir la propagación de enfermedades infecciosas y velar siempre por la salud integral de los pacientes. La cavidad oral es un reservorio de muchos microorganismos que pueden ser potencialmente patógenos a nivel oral y sistémico, de fácil trasmisión y con periodos de incubación largos, entre las enfermedades infectocontagiosas más comunes en la propagación mediante una consulta odontológica encontramos el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), la hepatitis B, el herpes simple o virus del papiloma humano (VPH), COVID-19, la neumonía y la tuberculosis (TBC) llevando a los profesionales a mantener un control riguroso de sus procesos de esterilización para evitar la propagación de infecciones cruzada en los centros de atención teniendo en cuenta que en lo que respecta al ortodoncista, un historial médico razonablemente completo de los pacientes será de gran importancia para determinar quiénes son más propensos a portar microorganismos patógenos (11–13,20).

Al momento de realizar el proceso de limpieza y esterilización del instrumental de ortodoncia los profesionales en sus consultas han presentado problemas especiales ya que la mayoría de estos instrumentos tienen grandes áreas de bisagra que son difíciles de limpiar y esterilizar. También tienen bordes cortantes, ángulos agudos y extremos puntiagudos que se dañan fácilmente y con el tiempo pierden la capacidad de corte debido al proceso de esterilización. Los métodos de control de infecciones más utilizados son la desinfección y la esterilización. La desinfección reduce la contaminación microbiana, pero generalmente es menos letal para los organismos patógenos que la esterilización y no elimina todas las esporas vegetativas. La esterilización destruye todas las formas de microorganismos, incluidos virus, bacterias, hongos y esporas (19,20).

Como anteriormente se planteó, la ortodoncia es la rama de la odontología que, en comparación con otros campos, tiene un contacto mínimo con la sangre, sin embargo, al colocar y quitar aparatos fijos y formar alambres o reemplazar cadenas, ligaduras, resortes y módulos, el contacto con la saliva del paciente es inminente. En la práctica, los ortodoncistas generalmente centran su atención en la esterilización de pinzas, piezas de mano y otros instrumentos tales como los lápices que se usan con frecuencia para marcar en los arcos de la cavidad bucal cuando el ortodoncista decide colocar un doblez u otro aditamento. Por lo tanto, estos marcadores pueden contaminar con saliva y transmitir patógenos entre pacientes (13). En este sentido, se han realizado varios estudios evaluando la efectividad de los diferentes métodos de esterilización en ortodoncia y observando

que consecuencias podría traer consigo todo este proceso, Matlack afirmó que la esterilización en autoclave causa oxidación severa y corrosión en las juntas de los alicates (23). Jones opinó que, en comparación con la desinfección en frío y la esterilización en autoclave, no hubo diferencias significativas en la corrosión o la eficiencia de los alicates de ortodoncia (19,24). En el área de ortodoncia, el método preferido para esterilizar el instrumental siempre ha sido discutible, y hoy por hoy los métodos más comunes son el calor húmedo por autoclave y calor seco con horno de aire caliente. Los consultorios de ortodoncia utilizan esterilizadores de calor seco, ya que este método protege las delicadas superficies de corte de los instrumentos de ortodoncia, y también debido a la afirmación de que la humedad en el autoclave de vapor puede causar corrosión y un rápido deterioro de los instrumentos (19,20,25–27).

Un régimen ideal para la esterilización de instrumental incluye, la prevención de la transmisión de patógenos microbianos de un paciente a otro y la esterilización de una amplia variedad de instrumentos en un tiempo mínimo sin daños. Las diversas técnicas de desinfección que se utilizan son compuestos de amonio cuaternario, glutaraldehído, alcohol isopropílico, alcohol etílico, luz ultravioleta, radiación gamma, sales mercúricas, compuestos fenólicos, hipoclorito de sodio al 1%, yodóforos y microondas (ondas electromagnéticas). Sin embargo, los métodos de esterilización recomendados por la American Dental Association son vapor a presión (autoclave), calor seco, vapor químico y gas de óxido de etileno. El bajo costo, la velocidad y la simplicidad de la esterilización por microondas han fomentado su uso generalizado en odontología. Se ha informado que se ha utilizado para la esterilización de fresas dentales, piezas de mano dentales, materiales de impresión de polivinil siloxano y poliéter, moldes dentales, espejos dentales, instrumentos compuestos de acabado y pulido, prótesis removibles y completas; sin embargo, el tiempo de exposición y la frecuencia de irradiación de microondas difieren para cada uno (20,27,28).

La inhibición de microorganismos depende de la energía absorbida o del calor transferido. Se ha informado que las microondas hacen que las moléculas de agua vibren produciendo una fricción que produce el calentamiento del agua (calor y humedad). El efecto de la irradiación de microondas en los microorganismos no solo es termal sino también no termal, es decir, la interacción del campo electromagnético. La eficacia de la irradiación de microondas depende del vehículo en el que se sumergen los instrumentos, el tiempo de exposición, el nivel de potencia del horno de microondas y el tipo de microorganismos. Las microondas calientan las células microbianas según la composición química de los microorganismos y el medio circundante. Por lo tanto, una cierta frecuencia de energía de microondas puede ser absorbida por los ácidos nucleicos. Los cambios estructurales en la capa más periférica alrededor de las macromoléculas biológicas pueden alterar su estabilidad y función y ser desnaturalizados de manera irreversible abriendo una puerta alternativa como método de esterilización fácil, rápido y práctico en la consulta odontológica con menos efectos secundarios sobre el instrumental que puedan afectar el buen funcionamiento de las pinzas y demás instrumentos (20,29–31).

En pro de la salud de los pacientes se hace necesario que cada vez más, la gestión de los procedimientos dentales requiera odontólogos más calificados, tanto en términos de conocimiento como de competencia y bioseguridad. La velocidad de ejecución de una determinada intervención depende de factores relacionados con el procedimiento en curso, y la capacidad del equipo para hacer frente a situaciones críticas. En estas situaciones, es esencial no socavar tanto la metodología correcta de la práctica dental diaria así como los procedimientos de esterilización y desinfección

de los instrumentos; por lo tanto, debido a esto, la capacidad de poder utilizar instrumentos estériles y bien surtidos en un tiempo razonable además de garantizar la seguridad del paciente, no tiene precio. Para tener una gran cantidad de material estéril en stock listo para usar, es esencial manejar los instrumentos adecuadamente y tener equipos de esterilización más eficientes.

Debido a la problemática que se está viviendo actualmente por el COVID-19, muchos de los servicios odontológicos no solo en el país si no a nivel mundial, han tenido que suspender actividades ya que por las aerolizaciones que podemos generar en la consulta podemos convertirnos en los principales propagadores del virus, exponiendo no solo a nuestros pacientes y familiares si no también afectando nuestra integridad. Todas las instituciones educativas a nivel nacional que están habilitadas para impartir los programas a fines con la odontología se han visto en la ardua tarea de innovar y de buscar alternativas que les proporcionen a los estudiantes y sus pacientes ambientes seguros para poder seguir con su proceso de formación, es por eso que mediante el desarrollo de este trabajo de grado queremos aportarle un grano de arena a nuestra institución formadora y poder contribuir con el desarrollo e implementación de una técnica de esterilización eficiente y rápida mediante ondas electromagnéticas de microondas como lo ha mostrado la literatura; llegando a facilitar y a agilizar estos procesos de vital importancia en la clínica para la correcta atención y distribución de pacientes; logrando proveer instrumental completamente listo y estéril en muy poco tiempo, para garantizarle a los pacientes una atención de alta calidad en cuanto a los procedimientos que se realizan en la institución y sobre todo segura para la salud de todos los que hacen participe de estos procesos.

2. Marco teórico

2.1 Historia del microondas

En la literatura se registra como un accidente el descubrimiento de la radiación de fondo de microondas, considerada como una radiación que inunda todo el universo. El descubrimiento dio lugar en el momento en que dos astrónomos (Arno Penzias y Robert Wilson) realizaban pruebas a una antena. En este momento notaron una interferencia que se producía, la cual imposibilitaba la recolección de los datos que necesitaban, por esta razón se vieron obligados a detener la recolección de los datos para dedicar su tiempo a la investigación de la procedencia de dicha interferencia, lo cual les permitió concluir que el ruido provenía de todo el espacio, confirmando así una teoría preexistente (Gamow, Alpher y Herman.), su investigación había detectado el eco del Big Bang, teoría a la que se le atribuye el origen del universo. Su explicación sencilla se basa en decir que de la misma forma en la que energía emitida en el Big Bang, se fue enfriando, aumentando su longitud de onda y disminuyendo su energía a la vez que el universo se iba expandiendo. Vale la pena resaltar que dicho accidente, se convirtió en el gran descubrimiento el cual les permitió en 1978 a Penzias y Wilson compartir el Premio Nobel de Física (32).

La literatura reporta que las microondas fueron utilizadas por primera vez para un radar en la Segunda Guerra Mundial. Después de este evento fueron implementadas por Percy Spencer de la Corporación Raytheon quien descubrió su aplicabilidad en el calentamiento de alimentos. Dicha aplicabilidad fue desarrollada a través de un horno microondas en el año 1947. A partir de este fueron desarrollados otros prototipos con el fin de reducir su costo de adquisición. A si mismo se empezó a implementar el calentamiento industrial por microondas en 1952 (33).

El funcionamiento del horno microondas parte de un aparato llamado magnetrón el cual convierte la energía eléctrica en energía de microondas, Por otra parte, las ondas electromagnéticas agitan las moléculas bipolares presentes en los alimentos, especialmente las del agua, las cuales elevan la temperatura. Esta agitación provoca un movimiento de las moléculas al ritmo de la frecuencia, sin generar alteraciones en la composición química (20). Las microondas son una radiación electromagnética no ionizante que ocupa en el espectro electromagnético una banda de frecuencias (n) que abarca desde los 300 MHz hasta los 300 GHz, limitada por el infrarrojo lejano y las radiofrecuencias, con longitudes de onda que van desde 1 m hasta 1 mm. Este gran descubrimiento sin duda generó una gran revolución lo cual permite que se adelanten investigaciones en la aplicabilidad de dichas ondas en diferentes tipos de industria. Es notorio el progreso de las tecnologías de microondas y el interés que genera en investigar si su implementación puede ser provechosa en diferentes áreas como lo es la salud. Es por esta razón que se han derivado investigaciones sobre la efectividad que tienen las microondas en la eliminación de microorganismos presentes en el instrumental de las diferentes especialidades de la odontología por su uso en pacientes. (32)

Las microondas son ondas de radiofrecuencia que tienen una frecuencia cercana a las transmisiones de televisión y al radar de los aviones. La mayoría de los hornos de microondas funcionan a 2,450 MHz. Los campos de microondas tienen diferentes propiedades cuando contienen ciertos tipos de materiales. Los metales son reflectantes de microondas y no se calientan. Algunos materiales como las resinas acrílicas a base de prótesis son transparentes para las microondas; no absorben ni reflejan campos de microondas ni calientan (34). El uso de horno microondas, para desinfectar prótesis completas, capuchas nasales de óxido nitroso, lentes de contacto, moldes dentales, piezas de mano y fresas de operatoria ha demostrado que causa esterilización total (35).

Se ha demostrado que la exposición a microondas es más letal que el calentamiento convencional al matar las esporas de *Clostridium sporogenes* y se ha demostrado que una exposición de más de 3 minutos esteriliza *Bacillus sphaericus* en medios de cultivo de tejidos. Una exposición de 60 segundos dentro de un horno microondas fue adecuado para esterilizar totalmente los medios de cultivo utilizados en un laboratorio de microbiología clínica contaminado por diez agentes patógenos clínicos frecuentemente aislados. Se demostró que la misma exposición inactiva completamente tres virus de prueba. Hongos, virus y bacterias aeróbicas y anaeróbicas representativas, incluidos los formadores de esporas, pueden matarse fácilmente en un horno de microondas convencional con las modificaciones adecuadas. Los instrumentos de metal, incluidas las piezas de mano de turbina de aire y las fresas, y las dentaduras acrílicas se pueden esterilizar en períodos cortos. Rohrer y cols en su estudio sugieren que para que el proceso de esterilización sea más efectivo, los artículos a esterilizar deben hacerse girar de manera tridimensional a través de la cavidad de microondas con ayuda de dispositivos para este fin o manualmente ir girando lo que se está esterilizando cada cierto lapso de tiempo (34).

Se describen dos modos de acción de las microondas para la esterilización. Esto incluye el efecto térmico, que es la conversión de la energía de microondas en calor por el movimiento cinético prolongado de las moléculas polares y el efecto no térmico por la interacción directa del

campo electromagnético con la molécula biológica, creando efectos que no pueden ser causados solo por la acción térmica. Los posibles mecanismos sugeridos incluyen:

- Desnaturalización de proteínas.
- Fenómeno de la membrana de la pared celular que implica pérdida en permeabilidad selectiva y resonancia molecular resultando en escisión.
- Ciertos cambios intracelulares, por ejemplo, orientación de la célula.

Se deben superar tres problemas principales antes de operar el horno de microondas (35):

- Las microondas se generan en un magnetrón y se propagan en línea recta a lo largo de la guía de onda en lo que se llama el "modo dominante". Debido a esto, la intensidad de campo no es uniforme ni homogénea en todo el horno, creando "puntos fríos".
- Durante el funcionamiento del horno, casi todas las ondas no se absorben y éstas se reflejan de nuevo al magnetrón. Si una cantidad significativa se refleja de regreso a la fuente, el magnetrón no puede dar servicio por mucho tiempo.
- El horno de microondas también debe protegerse de los arcos, que se desarrollan cuando se coloca material reflector de microondas como el metal en el horno. El arco que se desarrolla puede destruir el magnetrón y el material que se coloca en el horno microondas (35).

2.2 Implementación del microondas en procesos de esterilización

En la búsqueda de alternativas eficientes que permitan garantizar la eliminación de microorganismos presentes en la boca, los cuales quedan impregnados en el instrumental odontológico, se han realizado pruebas con diferentes tipos de artefactos que conducen a altas temperaturas, las cuales han demostrado diferentes niveles de alcance de esterilización. El contacto directo del instrumental con pacientes en tratamiento de ortodoncia de no ser manejado adecuadamente puede conducir a la propagación de enfermedades infecciosas, lo cual cada día genera más preocupación por el posible contacto con microorganismos que tienen un largo periodo de incubación y posterior contagio de enfermedades orales o sistémicas. Todos los sistemas biológicos son de naturaleza electroquímica. Por lo tanto, no sería sorprendente que los campos electromagnéticos influyeran en la fisiología de los microorganismos. Los hornos de microondas funcionan por la generación de ondas electromagnéticas en torno a los 2.500 Mghz o 2,5 Ghz. La energía electromagnética en la región de las microondas (225 MHz a 100 GHz, típicamente 2.450 MHz) es extensamente estudiado como una de las fuentes de energía alternativa para la esterilización. Investigaciones previas han concluido que la esterilización con microondas durante tan sólo 2,7 minutos en un constante aumento de la temperatura hasta 140°C logró ser efectiva para esterilizar 10^6 *Bacillus subtilis*, esporas de *Aspergillus niger* en esporas bien aisladas y viales de vidrio seco cargados adecuadamente (20).

La discusión de los diferentes métodos radica en su porcentaje de efectividad y el impacto que genera sobre las superficies de corte del instrumental. Es claro que una de las dificultades a las que se enfrenta cualquier método de esterilización son las diferentes áreas de bisagras a lo cual diferentes autores responden resaltando el daño que se genera a las superficies de corte y a la oxidación en las áreas donde se encuentran las bisagras las cuales incrementan dependiendo del

tipo de material en el que se elaboren los instrumentos. La eficacia del método está en función de la intensidad del campo electromagnético y del tiempo de exposición puesto que la energía electromagnética esta expresada de dos formas por un efecto térmico y efecto no térmico (20).

Sin importar el mecanismo de las microondas en los microorganismos patógenos que son resistentes a altas temperaturas o no, el efecto de inactivación de ellos ocurre principalmente en presencia de agua, lo que permite concluir que la humedad juega un papel importante en la absorción de la energía del microondas, siendo este un factor de vital importancia para la esterilización en el horno microondas. Las moléculas de agua presentes en el medio o dentro de las células, siendo diploides, interactúan con el campo electromagnético de las microondas, produciendo numerosas colisiones y las vibraciones causadas producen el calentamiento deseado. Este aumento de temperatura a su vez es el causante la desnaturalización de proteínas y ADN en los diferentes microorganismos, por lo cual este puede ser considerado el medio por el cual las microondas logran proporcionar un proceso de esterilización satisfactorio y de calidad en los instrumentos (20,36–38).

2.3 Técnica de esterilización

En estudios realizados sobre técnicas de esterilización con microondas se ha determinado que este es un método practico para esterilizar y hacen énfasis en que es tan efectivo como el autoclave. La técnica se basa en un ciclo que inicia cuando el instrumental es sumergido en líquidos que por ejemplo pueden ser agua destilada simple, y continua cuando el instrumental es llevado al microondas por un periodo de tiempo de 10 minutos (39).

Por otra parte, con el ánimo de indagar sobre la efectividad de la eliminación de estos microorganismos del instrumental de ortodoncia se han realizado estudios con el fin de entre otras cosas comparar los resultados de diferentes mecanismos, implementando otra técnica de esterilización en horno de aire caliente, en esta oportunidad se realiza a una temperatura de entre 160 – 180°C durante un periodo de tiempo de una hora y media. La esterilización por calor seco es un método considerado de bajo costo el cual evita la corrosión y a oxidación de los filos y puntas de corte afiladas. Lo anterior lo hace un método interesante en el campo de la ortodoncia pues también se desea mantener el filo del instrumental. Un estudio explica que el calor seco provoca la destrucción oxidativa del protoplasma bacteriano también argumenta que el punto de muerte térmica de las células y esporas bacterianas ligado a la relación que debe existir entre la concentración y al tiempo de exposición. Así mismo exponen dos inconvenientes, el primero de ellos es que el tiempo de exposición debe ser más largo puesto que el aire caliente se estratifica y por consiguiente penetra más lentamente y por otra parte es necesario conocer la variación que existe en cuanto al tiempo y la temperatura dependiendo del instrumental a esterilizar (20).

Esta descrito en las investigaciones que las microondas causan cambios en la integridad estructural y la permeabilidad de la pared celular y la membrana celular lo que conduce a la muerte celular, esto sumado al bajo costo, la velocidad, la simplicidad de la esterilización rápida y repentina entre pacientes lo convierten en un método llamativo de esterilización. Estos son factores claves que determina la implementación de esta técnica en este estudio (39).

2.4 *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis es un coco Gram-positivo, fermentativo, facultativamente anaeróbico, no formador de esporas. Las células de *Enterococcus faecalis* son ovoides y de 0,5 a 1 μ m de diámetro. Se pueden encontrar solos, en pares o en cadenas cortas, y con frecuencia se alargan en la dirección de la cadena. La mayoría de las cepas no son hemolíticas ni móviles. Las colonias superficiales en agar sangre son circulares, lisas y enteras. Las especies pertenecientes al género *Enterococcus* se pueden encontrar en diversos ambientes, como en el tracto gastrointestinal de humanos y otros mamíferos y en aves, reptiles, insectos, plantas, agua y suelo. También son capaces de colonizar el tracto genitourinario y la cavidad bucal. De las especies de *Enterococcus*, *Enterococcus faecalis* es la especie más comúnmente aislada o detectada de infecciones orales, incluyendo periodontitis, conductos radiculares infectados y abscesos perirradiculares (40). *Enterococcus faecalis* es uno de los patógenos invasores de la cavidad oral causante de infecciones de tipo endodónticas como uno de los principales formadores de biopelículas. Debido a la capacidad de formación de biopelículas de *Enterococcus faecalis* potencia la resistencia de las bacterias a los agentes antimicrobianos (41).

Las biopelículas son comunidades microbianas sésiles compuestas por células unidas de forma irreversible a un sustrato y una interfaz o entre sí. Las células ubicadas más profundamente en la biopelícula están expuestas a condiciones ambientales que difieren de las de la superficie, incluida la disminución de la tensión de oxígeno, la inhibición de las biopelículas de *Enterococcus faecalis* requiere concentraciones muy altas de antibióticos como ampicilina, vancomicina y linezolid. Es un patógeno oportunista y una de las principales causas de infecciones nosocomiales. Su capacidad para formar biopelículas puede conferir una ventaja ecológica en determinadas situaciones proporcionándole alta virulencia (42).

2.5 *Geobacillus stearothermophilus*

Es una bacteria gram positiva con forma de bacilo. Es usada comúnmente como organismo de validación en los estudios de esterilización. Lo anterior debido a que su degradación como organismo es cuando se alcanza una temperatura de 121°C, presenta una alta resistencia a temperaturas menores (4). Anteriormente era conocido como *Bacillus stearothermophilus*, es un indicador biológico de uso común para probar la eficacia del autoclave de vapor y el horno de microondas. Se ha informado ampliamente sobre su uso en la esterilización por microondas en odontología (20). Dicho microorganismo ha mostrado estabilidad a temperatura ambiente durante varios días a diferencia de otros microorganismos que también son usados como sensor óptico de glucosa como por ejemplo la hexoquinasa de *Saccharomyces cerevisiae*. Se conoce del género *Geobacillus* que está comprendido por bacterias que son formadoras de esporas termofílicas Gram positivas, que se hallan en ambientes como aguas termales, plantas de fabricación de alimentos, suelos frescos, entre otros. Estudios realizados han concluido que es complicado usar características fenotípicas cuando se pretende definir una especie bacteriana (43).

2.6 Microorganismos asociados a la práctica clínica ortodóntica

La cavidad oral humana contiene varios hábitats microbianos distintos, como los dientes, las mejillas, los labios, la lengua, la encía, el surco gingival y el paladar duro y blando. Estos hábitats que actúan como reservorios de varios organismos patógenos causan infección sistémica y

umentan el riesgo de contaminación cruzada (6). Los diferentes componentes del sistema de ortodoncia fijo pueden contribuir a un cambio en el equilibrio de la ecología oral. Una gran cantidad de investigación se ha ocupado del contacto íntimo de los materiales de ortodoncia con el diente y el tejido periodontal. Se ha demostrado que la presencia de brackets y ligaduras está relacionada con un aumento de la inflamación gingival y un mayor riesgo de descalcificación. Esta desmineralización de las superficies de los dientes provoca la aparición de manchas blancas o incluso lesiones cariosas (44).

Se observó contaminación por *S. aureus* en dos alicates después del tratamiento con alcohol isopropílico al 70%. Este hecho debe considerarse de relevancia clínica, ya que la existencia de incluso una sola colonia bacteriana puede causar infección cruzada. *Staphylococcus aureus* fue el microorganismo más resistente de este experimento, corroborando los resultados obtenidos por Marques et al (28). Este microorganismo, responsable de causar infección en los hospitales, es una de las bacterias patógenas más resistentes para los humanos y es capaz de sobrevivir durante meses en superficies secas a temperaturas superiores a 60°C (45). *Staphylococcus aureus* se presenta como un microbio facultativo patógeno en alrededor del 50% de los pacientes en la flora bacteriana fisiológica de la piel y las membranas mucosas. Además de la úlcera, la bacteria puede causar síndromes clínicos graves, como endocarditis y sepsis. Debido a su estabilidad ambiental y resistencia a los antibióticos, es uno de los microbios problemáticos en el entorno hospitalario. Los estafilococos se encuentran entre las bacterias patógenas humanas más resistentes. Pueden sobrevivir durante meses en condiciones secas y son resistentes al calor hasta 60°C. *Staphylococcus aureus* es uno de los cuatro organismos de prueba utilizados para analizar desinfectantes químicos de acuerdo con las pautas de DGHM. *Escherichia coli* es una bacteria gramnegativa facultativamente patógena en la familia de las enterobacterias. Se encuentra entre la flora bacteriana fisiológica del intestino y puede causar úlceras y sepsis en otras partes del cuerpo. *Escherichia coli* es particularmente resistente a las sustancias tensoactivas. Como la *Escherichia coli* a menudo se encuentra en la boca y la garganta de los usuarios de prótesis removibles, se puede suponer una incidencia similar para los aparatos de ortodoncia (46).

2.7 COVID-19

Según investigaciones realizadas, su etiología viral se considera similar al coronavirus del síndrome respiratorio del SARS-CoV (Epidemia en el año 2003) y del Medio Oriente en el año 2012 (MERS-CoV). El SARS-CoV-2 es considerado un virus zoonótico, siendo los murciélagos de herradura chinos y los pangolines el origen y el huésped intermedio más probable respectivamente. Se sabe que su transmisión interpersonal ocurre principalmente a través de gotitas respiratorias, transmisión de contacto (contacto con las membranas mucosas orales, nasales y oculares) y transmisión fecal-oral, ya que los investigadores han identificado el SARS-CoV-2 en las heces de pacientes. También puede transmitirse directa o indirectamente a través de la saliva, ya que los estudios han sugerido que 2019-nCoV puede transmitirse por el aire a través de aerosoles formados durante los procedimientos médicos u odontológicos (5,9).

Los pacientes con COVID-19 sintomático son considerados la principal fuente de transmisión, pero investigaciones recientes reportaron que los pacientes asintomáticos y los pacientes en etapa de incubación del virus también son portadores de SARS-CoV-2 y pueden transmitirlo haciendo que su control sea desafiante. Cuenta con un periodo de incubación estimado en un promedio de 5

a 6 días, pero hay evidencia de que podría durar hasta 14 días, lo que facilita su propagación de persona a persona (5).

Las observaciones de estudios actuales sugieren que las personas de todas las edades son generalmente susceptibles a esta nueva enfermedad infecciosa. Sin embargo, el estar en contacto cercano con pacientes con COVID-19 sean sintomáticos o asintomáticos, incluidos los trabajadores de la salud y otros pacientes en el hospital, tienen un mayor riesgo de infección por SARS-CoV-2. Se considera que la mayoría de los pacientes infectados con COVID-19 presenta sintomatología relativamente leve. Pueden experimentar fiebre y tos seca, algunos pueden manifestar dificultad para respirar, fatiga y otros síntomas atípicos, como dolor muscular, confusión, dolor de cabeza, dolor de garganta, diarrea, vómitos y la mayoría puede desarrollar neumonía bilateral. Solo los casos más severos desarrollan complicaciones graves, como síndrome de dificultad respiratoria aguda, arritmia y shock. En general la edad avanzada y la existencia de comorbilidades subyacentes (Diabetes, hipertensión y enfermedad cardiovascular) son asociadas a un peor pronóstico (5).

Su diagnóstico está basado en una combinación de información epidemiológica como historial de viajes o residencia en regiones afectadas 14 días antes del inicio de los síntomas, síntomas clínicos, hallazgos de imágenes de TC y pruebas de laboratorio como muestras del tracto respiratorio a las que se aplican pruebas de reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa, técnica de laboratorio comúnmente usada en biología molecular para generar una gran cantidad de copias de ADN y así poder confirmar la presencia del virus en el organismo humano. Por el momento no cuenta con tratamiento anti-nCoV específico, por lo que el manejo del COVID-19 ha sido en gran medida de apoyo. Actualmente, el enfoque de tratamiento está basado en controlar la fuente de infección; utilizar medidas de prevención y control de infecciones para reducir el riesgo de transmisión; y proporcionar diagnóstico temprano, aislamiento y atención de apoyo para pacientes afectados (5).

Riesgo de infección nosocomial en entornos dentales: Los pacientes y profesionales dentales pueden estar expuestos a microorganismos patógenos, incluidos virus y bacterias que infectan la cavidad oral y el tracto respiratorio. Los entornos de atención dental invariablemente conllevan el riesgo de infección 2019-nCoV debido a la especificidad de sus procedimientos, que implica la comunicación cara a cara con los pacientes y la exposición frecuente a saliva, sangre y otros fluidos corporales, y el manejo de instrumentos afilados (5,9).

Los microorganismos patógenos pueden transmitirse en ambientes dentales a través de la inhalación de microorganismos transportados por el aire que pueden permanecer suspendidos en él por largos períodos, contacto directo con sangre, fluidos orales u otros materiales del paciente, contacto de la mucosa conjuntival, nasal u oral con gotitas y aerosoles que contienen microorganismos generados por un individuo infectado y propulsados a corta distancia al toser y hablar sin una máscara facial y el contacto indirecto con instrumentos contaminados y / o superficies del consultorio. Por ende debido a las características únicas de los procedimientos dentales; las medidas de protección estándar en el trabajo clínico diario no son lo suficientemente efectivas como para prevenir la propagación de COVID-19 y deben ser reforzadas por los profesionales, especialmente cuando los pacientes están en el período de incubación ya que no saben que están infectados o eligen ocultar su infección (5,9).

Se ha considerado la higiene de manos la medida más crítica para reducir el riesgo de transmisión de microorganismos a los pacientes. El SARS-CoV-2 puede persistir en las superficies durante horas o hasta varios días, dependiendo del tipo de superficie, la temperatura o la humedad del medio ambiente. Esto refuerza la necesidad de una buena higiene de las manos y la importancia de una desinfección completa de todas las superficies e instrumental dentro de la clínica dental. El uso de equipo de protección personal es altamente recomendado, incluidas máscaras, guantes, batas y gafas o máscaras faciales, para proteger la piel y la mucosa de la sangre o secreción (potencialmente) infectada. Es de vital importancia que los profesionales del área de la odontología estén familiarizados con la forma en que se propaga, cómo identificar a los pacientes con infección por COVID-19 y qué medidas de protección adicionales deben adoptarse durante la práctica odontológica, para evitar su transmisión (5,9).

Recomendaciones para la práctica dental en tiempos de COVID-19: La técnica a 4 manos puede ser beneficiosa para controlar la infección. El uso de eyectores de saliva con volumen bajo o alto puede reducir la producción de gotas y aerosoles. Se cree que el uso de un enjuague bucal antimicrobiano preoperatorio en el paciente reduce el número de microorganismo en la cavidad oral en casos donde no pueda ser usado el dique de goma para un aislamiento total de la cavidad oral. Sin embargo, según estudios realizados la clorhexidina, que se usa comúnmente como enjuague bucal en la práctica dental, puede no ser efectiva en destruir el COVID-19 ya que se considera vulnerable a la oxidación, por ende se recomienda el uso de enjuagues bucales preoperatorios que contengan agentes oxidantes como el peróxido de hidrógeno al 1% o povidona al 0.2%, con el fin de reducir la carga viral de microbios orales en la saliva, incluido el posible transporte del virus (5,9,47).

La pieza de mano dental de alta velocidad sin válvulas anti-retracción puede aspirar y expulsar los desechos, fluidos y microorganismos durante los procedimientos dentales logrando contaminar aún más los tubos de aire y agua dentro de la unidad dental y, por lo tanto, aumentando el riesgo de generar contaminación cruzada. Se recomienda el uso de piezas de mano dental con sistema anti-retracción de alta velocidad ya que reducen significativamente el flujo de retorno de los microorganismo presentes en cavidad oral a los tubos de la pieza de mano y la unidad dental en comparación con la pieza de mano sin función anti-retracción (9).

Igualmente se recomienda que las clínicas dentales establezcan triages previos a la atención de los pacientes para medir y registrar la temperatura de cada personal y paciente como un procedimiento de rutina y así mismo indagar si el paciente presenta posibles nexos epidemiológicos (5).

2.8 Infecciones cruzadas en ortodoncia

Los microorganismos se transfieren fácilmente entre pacientes, dentistas y personal dental en consultorios privados. La infección que involucra a estas personas se llama infección cruzada (Mutlu et al, 1996). La cavidad oral alberga los microorganismos que conllevan el riesgo de infección por contaminación. El control de infecciones es el tema más común que se discute. El riesgo de infección abarca una amplia gama de áreas de paciente a paciente, paciente a médico, paciente a dentista y técnicos de laboratorio (48).

Todos los procedimientos dentales conllevan el riesgo de infección cruzada directa o indirecta entre los pacientes y los profesionales de atención dental. Los servicios dentales actuales han adoptado medidas de "control estándar de infecciones" descritas originalmente en las Pautas para el control de infecciones en entornos de atención de salud dental publicados en 2003 por los CDC, la organización de dirección que establece los estándares en los servicios de salud en todo el mundo; Las directrices reconocen la saliva, además de la sangre, como una fuente potencial de infección. De acuerdo con las pautas de los CDC publicadas en 2003, todas las clínicas y consultorios privados deben tener un programa de control de infecciones por escrito y haber designado un coordinador de control de infecciones; los empleados deben estar informados y monitoreados, y el programa debe actualizarse periódicamente (49).

La presencia intraoral de aparatos de ortodoncia fijos generalmente interfiere con el cuidado oral convencional y, durante el curso del tratamiento, el estándar de higiene oral fluctúa. Esto puede tener un impacto en la salud gingival, resultando en gingivitis y una mayor tendencia al sangrado. En esta situación, es más probable que la saliva se contamine con la sangre y que sea más probable que transmita patógenos transmitidos por la sangre (50).

Los profesionales de la odontología y pacientes pueden ser afectados por alrededor de 40 tipos distintos de enfermedades infecciosas durante la rutina de procedimientos clínicos, iniciadas por la exposición del cuerpo a los microorganismos patógenos (51). Los ortodontistas generalmente no realizan procedimientos quirúrgicos completos, pero están obligados a utilizar técnicas de esterilización apropiadas para prevenir la infección cruzada en la práctica diaria. Esto también es importante desde un punto de vista ético y legal. Sin embargo, los estudios han encontrado que los ortodontistas tienen un menor cumplimiento de los procedimientos de control de infecciones que los dentistas. La razón principal de esto es que trabajan en casos pediátricos, no realizan procedimientos en tejidos profundos, los procedimientos de esterilización provocan la pérdida de tiempo y dinero, y los procedimientos de esterilización causan corrosión en los pinzas de ortodoncia (49).

2.9 Clasificación del instrumental odontológico

Según los Centros para el Control de Enfermedades, los instrumentos dentales se clasifican en tres categorías según el riesgo de transmisión de infección. Las clasificaciones de crítico, semicrítico y no crítico se basan en los siguientes criterios (52).

Crítico: penetra en el tejido blando, entra en contacto con el hueso o entra en contacto con el torrente sanguíneo u otro tejido normalmente estéril. Ejemplo: Instrumentos quirúrgicos, raspadores periodontales, cuchillas de bisturí, fresas dentales quirúrgicas, sondas dentales, escariadores, limas y broches. La ortodoncia probada en bandas preformadas puede considerarse un elemento crítico, ya que tienen la capacidad de inducir sangrado interdental.

Semi crítico: Corresponden a instrumentos que no penetran las mucosas pero pueden estar en contacto con ellas o expuestas a la saliva, sangre u otros fluidos, como es el caso del instrumental

de ortodoncia, prótesis, y otros. Ejemplo: Espejo bucal dental, condensador de amalgama, bandejas de impresión dental reutilizables, piezas de mano dentales, alicates de ortodoncia, ligaduras elastoméricas.

No crítico: contactos piel intacta. Ejemplo: unidad de sillón dental, interruptor de luz, manijas (53).

2.10 Métodos de desinfección

El nivel de desinfección o esterilización depende del uso previsto del objeto: crítico, semicríticos y no críticos, los cuales requieren; esterilización, desinfección de alto nivel y desinfección de bajo nivel, respectivamente. La limpieza siempre debe preceder a la desinfección y esterilización de alto nivel, la desinfección es un proceso que desactiva todo tipo de microorganismos, excepto las esporas y priones (54–56).

Desinfección de alto nivel: destruye todos los microorganismos excepto el alto número de esporas bacterianas. Métodos: inmersión líquida (esterilizantes químicos) y calor automatizado (pasteurización)(54).

Desinfección de nivel intermedio: destruye bacterias vegetativas, micobacterias, la mayoría de los virus y hongos, pero no esporas bacterianas. Métodos: contacto líquido (productos a base de cloro y fenólicos)(54).

Desinfección de bajo nivel: destruye bacterias vegetativas, algunos hongos y virus, pero no micobacterias o esporas. Métodos: contacto líquido (productos a base de cloro, fenólicos, peróxido de hidrógeno mejorado, compuestos de amonio cuaternario con tiempos de exposición al menos de 1 min y alcohol al 70% -90% (54).

2.11 Agentes desinfectantes

Alcohol: bactericida, tuberculocida, fungicida, virucida de acción rápida, no corrosivo, sin manchas, utilizado para desinfectar superficies pequeñas, sin residuos tóxicos (54).

Hipoclorito de sodio (cloro): utilizado para desinfectar superficies pequeñas que no genera residuos tóxicos; bactericida, tuberculocida, fungicida, virucida, esporicida de acción rápida, no corrosivo, no produce manchas, con tiempo de acción rápida y económico (54).

Peróxido de hidrogeno mejorado (o acelerado): bactericida, tuberculocida, fungicida, virucida de eficacia rápida, ecológico, no produce manchas y no es inflamable (54).

Yodóforos: utilizado para desinfectar botellas de hemocultivo, bactericida, micobactericida, virucida, no inflamable (54).

Fenólicos: bactericida, tuberculocida, fungicida, virucida económico en forma diluible, no produce manchas y no es inflamable (54).

Quats: Se caracterizan por ser buenos agentes de limpieza, bactericida, fungicida, virucida contra virus envueltos compatible con la superficie, no produce manchas, su actividad antimicrobiana es persistente cuando no está diluido o cuando sus componentes no están alterados, es económico y en forma diluible (54).

Alcohol y quat: bactericida, tuberculocida, fungicida, virucida, de acción rápida, compatible con la superficie, no produce manchas, su actividad antimicrobiana es persistente cuando no está diluido o cuando sus componentes no están alterados (54).

Ácido peracético / peróxido de hidrogeno: bactericida, fungicida, virucida, esporicida, activo en presencia de material orgánico, respetuoso con el medio ambiente y compatible con las superficies (54).

2.12 Esterilización

El concepto de esterilización y desinfección se introdujo en la práctica dental con el reconocimiento de la hepatitis B como una enfermedad ocupacional en 1975, y se han tomado medidas considerables en los procedimientos de control de infecciones con una prevalencia creciente del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) /síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) a mediados de la década de 1980. Los profesionales dentales están expuestos a varios tipos de microorganismos. Esta exposición representa a los profesionales dentales el riesgo de desarrollar infecciones de gripe leve a condiciones más graves como VIH (SIDA), hepatitis B y hepatitis C. Se deben tomar todas las precauciones, e implementar métodos de esterilización y desinfección rigurosamente asumiendo que todos los pacientes en la práctica dental son portadores potenciales de una enfermedad infecciosa (49).

Los instrumentos, pinzas y piezas de mano deben limpiarse de toda la sangre y los desechos y esterilizarse después de cada uso (57). La esterilización destruye todas las formas de microorganismos, incluidos virus y esporas bacterianas y micóticas. Un instrumento será estéril o no estéril, no hay término medio (58). Es un procedimiento que destruye cualquier organismo vivo, patógeno y no patógeno, en forma vegetativa o espora presente en la superficie del material a esterilizar. Un artículo o producto libre de microorganismos vivos se define como estéril.

La esterilización debe realizarse con un método repetible, estandarizable, verificable y documentable. Con los años, las formas más comunes de esterilizaciones por calor físico en las prácticas dentales han sido el vapor saturado, el vapor químico y el calor seco. Los últimos 2 métodos se consideran poco confiables y de uso limitado (59). La eficacia de la esterilización y la desinfección se ve afectada por muchos factores: métodos de limpieza anteriores; la naturaleza del instrumento o dispositivo (por ejemplo, propiedades materiales; presencia de lumen, grietas o ambos); la presencia de biopelícula en el dispositivo; la temperatura, el pH y el tiempo de exposición utilizados; y en algunos casos, la humedad del agente utilizado para desinfectar o esterilizar (56).

Ha habido una serie de problemas con los sistemas de esterilización en las prácticas de ortodoncia en el pasado y esto puede explicar en parte la aparente reticencia de los ortodoncistas a usar la esterilización por calor. Se ha demostrado que el autoclave de vapor, que se ha

considerado el sistema estándar, causa problemas de oxidación y corrosión en las juntas de los alicates de ortodoncia y el embotado de los bordes cortantes del instrumento (50).

2.13 Métodos de esterilización

Esterilización por calor: puede ser en forma de autoclave u horno de aire caliente.

Autoclave: son el tipo de esterilizador térmico más utilizado en la práctica dental. Dos tipos de procesos emplean vapor a presión. La diferencia entre los dos es la manera en que la máquina evacua el aire de la cámara de esterilización y luego introduce el vapor. Los esterilizadores de desplazamiento por gravedad dependen de las fuerzas de la gravedad para forzar el aire a salir de la cámara a través de las salidas de ventilación. El vapor que ingresa a la cámara desde el depósito de agua desplaza el aire cuando sale de la cámara. La combinación de presurización de la cámara, vapor y una temperatura alta durante un período prolongado tiene la capacidad de matar prácticamente todos los microorganismos. Un ciclo típico para instrumentos envueltos incluye el tiempo de calentamiento y presurización, seguido de un ciclo de 15 a 30 minutos durante el cual se lleva a cabo la esterilización (121 ° C a 15 psi). El tiempo del ciclo de esterilización disminuye a medida que aumenta la temperatura (59).

La efectividad de la esterilización se define por la probabilidad de que un microorganismo viable esté presente en un dispositivo médico esterilizado; esto se denomina Nivel de garantía de esterilidad (SAL). Un SAL de 10-6 es un requisito para la reutilización de dispositivos médicos. Se han desarrollado diferentes indicadores para garantizar la efectividad de los procedimientos de esterilización, incluido el autoclave. La eficacia de la esterilización en autoclave se puede controlar mediante indicadores químicos o biológicos (60).

Horno de aire caliente: la esterilización por calor seco emplea altas temperaturas durante períodos prolongados para lograr la esterilización de los instrumentos. El método de circulación de calor en esterilizadores de calor seco es generalmente convección, lo que ayuda a garantizar que el calor circule por toda la cámara de esterilización durante el proceso. La convección mecánica es más efectiva; El esterilizador contiene un ventilador o un soplador que circula continuamente el aire calentado para mantener una temperatura uniforme en toda la cámara. La mayoría de los esterilizadores de calor seco disponibles comercialmente en el mercado hoy en día son de este tipo (52).

Los métodos para la esterilización a baja temperatura son los siguientes:

Peróxido de hidrógeno gas plasma esterilización: este método utilizó 1,8 ml de peróxido de hidrógeno al 58% que se vaporiza en la cámara esterilizada. Este vapor se convierte en plasma mediante el uso de energía de radiofrecuencia. El plasma tiene partículas altamente cargadas y radicales libres que esterilizan los instrumentos, no hay subproductos tóxicos de esta esterilización. El tiempo de ciclo es de 35 a 60 min. La mayoría de los instrumentos pueden esterilizarse por este método y el instrumento es fácil de operar. Pero esta instalación requiere una unidad especial para embalaje y plástico para embalaje. Metales sensibles a la corrosión, la celulosa no puede ser esterilizada por este método. Es un método de esterilización costoso (35).

Chemiclave o esterilización por vapor químico: es eficaz contra todos los hongos, virus y bacterias, incluidas las esporas, usan vapor químico como el formaldehído a altas temperaturas para la esterilización, puede ser considerado tóxico por los vapores que produce. Poseen temperaturas que oscilan entre los 132°C a los 137°C (61).

Sustancias químicas esterilizantes en frío: La solución de glutaraldehído al dos por ciento y el dióxido de cloro se usan comúnmente y han sido aprobados por la ADA. El tiempo de esterilización con glutaraldehído al 2% es de 10 horas sin dilución y con dióxido de cloro es de seis horas cuando se mezcla según la recomendación del fabricante. Se recomienda solo para instrumentos no quirúrgicos sensibles al calor e impresiones de alginato. El principal inconveniente es que este tipo de esterilización requiere una inmersión prolongada y se incrementa el tiempo de renovación del instrumento. Este tipo de esterilización no se recomienda para instrumentos de consultorio dental, ya que no hay un método disponible para verificar su efectividad para proporcionar una esterilización completa, así como el hecho de que los protocolos actuales se combinan con la esterilización por calor para lograr la máxima efectividad de la esterilización (61).

Esterilizador de cuentas de vidrio: funciona en el principio de calor seco intenso. Se ha confirmado que daña las formas de bacterias vegetativas y de esporas. Los esterilizadores de cuentas de vidrio funcionan calentando cuentas de vidrio a 250 ° C. Luego, los instrumentos se empapan rápidamente en estas cuentas de vidrio, que calientan el objeto mientras raspan físicamente los contaminantes de su superficie. Las cuentas de vidrio deben tener menos de 1 mm de tamaño porque las cuentas más grandes no son efectivas para transferir calor debido a los grandes espacios entre las cuentas. Los instrumentos a esterilizar se sumergen en perlas de vidrio calentadas y se dejan durante un período de tiempo para instrumentos específicos (62).

A continuación la Tabla 1 muestra un resumen de los diferentes métodos de esterilización, las ventajas que tiene cada uno y las precauciones que hay que tener en cuenta cuando se usan en específico.

Tabla 1. *Comparación de diferentes métodos de esterilización, sus ventajas y precauciones*

Método	Condiciones de esterilización estándar	Ventajas	Precauciones	Prueba de reserva
Autoclave de vapor	20-30 min a 250° F 3-10 min a 273° F	Tiempo eficiente Buena penetración Esterilización a base de agua	No utilice recipientes cerrados. Puede dañar los artículos de plástico y goma. Los artículos metálicos no manchan. Los artículos metálicos se corroen. El uso de agua de bardo puede dejar depósitos.	<i>Bacillus stearothermophilus</i>

Tabla 2.a. Continuación comparación de diferentes métodos de esterilización, sus ventajas y precauciones

Método	Condiciones de esterilización estándar	Ventajas	Precauciones	Prueba de reserva
Vapor químico insaturado.	20 min 270° F (20-40 psi) 12 min a 375° F 6 min a 375° F	Tiempo eficiente Sin corrosión Los artículos se secan rápidamente después del ciclo	No usa recipientes cerrados. Puede dañar los artículos de plástico y goma. Debe usar una solución especial. Prensar los insumos o sumergirlos en una solución especial. Proporcionar ventilación adecuada. No puede esterilizar líquidos.	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
Horno de calor seco.	60-120 m a 320° F	Sin corrosión Puede usar contenedores cerrados Gran capacidad por costo Los artículos están secos después del ciclo	Tiempo de esterilización más prolongado. No puede esterilizar líquidos. Puede dañar los artículos de plástico y caucho	<i>Bacillus subtilis</i>
Transferencia de calor rápida	12 min a 375° F 6 min a 375° F	Sin corrosión. Ciclo corto. Los artículos están secos después del ciclo.	No puede esterilizar líquidos, puede dañar los artículos de plástico y caucho, pequeña capacidad por costo, los artículos esterilizados se contaminan rápidamente después del ciclo	<i>Bacillus subtilis</i>

Nota: tomado de Miller, C. (1993)(63).

2.14 Agentes químicos utilizados en esterilización

Peróxido de ácido peracético-hidrógeno: no requiere activación, se pueden presentar problemas de compatibilidad con materiales como plomo, latón, cobre, zinc, experiencia clínica limitada, potencial de daño en los ojos y la piel (54).

Glutaraldehído: es relativamente económico, presenta excelente compatibilidad de materiales, irritación respiratoria por vapor de glutaraldehído, olor penetrante e irritante, actividad micobactericida relativamente lenta, coagula la sangre y fija el tejido a las superficies, puede producir dermatitis alérgica de contacto (54).

Peróxido de hidrógeno: no se requiere activación, puede mejorar la eliminación de materia orgánica y organismos, no produce olor desagradable o irritación, no coagula la sangre ni fija los tejidos a las superficies, puede presentar problemas de compatibilidad de materiales como latón, zinc, cobre, niquelado, plata tanto cosmético como funcional y puede producir daño ocular grave al contacto (54).

Ortoformaldehído: se caracteriza por ser de acción rápida, no se requiere activación, su olor no es significativo, tiene excelente compatibilidad con otros materiales, no coagula la sangre ni fija los tejidos a las superficies, puede producir manchas de proteína gris (por ejemplo, piel, membranas mucosas, ropa, superficies ambientales), su experiencia clínica es limitada, produce irritación ocular al contacto y su actividad esporicida es lenta (54).

Acido peracético: realiza esterilización por inmersión líquida a baja temperatura, los subproductos son respetuosos con el medio ambiente (ácido acético, O₂, H₂O). Puede mejorar la eliminación de material orgánico y endotoxinas, no produce efectos adversos para la salud de los operadores en condiciones normales de funcionamiento, es utilizado sólo para instrumentos sumergibles, además es compatible con muchos materiales e instrumentos, no coagula la sangre ni fija los tejidos a las superficies, como desventaja presenta una posible incompatibilidad con materiales (por ejemplo, recubrimiento anodizado de aluminio). Es más costoso que la desinfección de alto nivel, puede producir daño grave de los ojos y la piel al contacto (54).

Peróxido de hidrógeno mejorado al 2,0%: no requiere activación, sin olor ni requisitos especiales de ventilación, la aplicación es manual o automatizada, su vida útil es de 12 meses, y se puede reutilizar durante de 14 días, además es antimicrobiano (54).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la efectividad de la esterilización por microondas de instrumentos usados en la práctica ortodóntica.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer cuál o cuáles de las sustancias empleadas como coadyuvantes en el proceso de esterilización por microondas brindan o ayudan a que el proceso sea más efectivo.
- Evaluar la efectividad de los tiempos de irradiación por microondas establecidos para la eliminación del *Enterococcus faecalis*.

4. Método

4.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo experimental in vitro donde se evaluó la efectividad del proceso de esterilización por microondas en el Laboratorio de Investigación en Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás seccional Floridablanca (64).

4.2 Selección y descripción de participantes

4.2.1 Población. La población de estudio correspondió al material o instrumental comúnmente usado en la práctica de ortodoncia como el alicate Weingart y el explorador de una sola punta.

4.2.2 Muestra y tipo de muestreo. Según Hernández y Mendoza en su libro Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta publicado en el 2018 el tamaño mínimo ideal de muestra para estudios experimentales o cuasiexperimentales es de 15 elementos por grupo (65), por ende se seleccionó instrumental con algunos usos previos de uso común en ortodoncia, cada grupo contó con dos instrumentos articulados (que contengan algún tipo de bisagra) tales como el Alicata Weingart y 2 instrumentos no articulados (de estructura continua) como el explorador de una sola punta.

Se realizó un tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia de los instrumentos que serán seleccionados para realizar el estudio experimental procurando, en la medida de lo posible, que la muestra sea representativa. Los criterios de conveniencia que se tendrán en cuenta son el material del instrumental, la forma del instrumental (articulados, no articulados), de uso en ortodoncia.

4.2.3 Criterios de selección.

4.2.3.1 Criterios de inclusión.

- Instrumental de ortodoncia articulado y no articulado
- Acero inoxidable como material principal del instrumental

4.2.3.2 Criterios de exclusión.

- Instrumental no esterilizable en autoclave
- Instrumental que presente signos visibles de corrosión

4.3 Variables (Apéndice A)

Se tuvieron en cuenta las siguientes variables al momento de realizar el estudio: Tiempo de exposición a ondas electromagnéticas, tipo de solución de esterilización, unidades formadoras de colonias (UFC), concentración del microorganismo, concentración de la sustancia de esterilización, para mayor detalle de las variables ver Apéndice A.

4.4 Instrumento de recolección (Apéndice B)

Se realizó un instrumento para registrar las variables necesarias para el análisis de todas las pruebas de laboratorio. Este instrumento fue sometido a evaluación para verificar si contenía o registraba todos los datos requeridos para cumplir con los objetivos del estudio.

4.5 Procedimiento

Debido a la pandemia por COVID-19 que enfrentamos, la ejecución de este proyecto de grado contó con la prestación del servicio técnico por parte del personal presente en el Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás, quienes fueron los encargados de llevar a cabo la parte de los procedimientos de laboratorio en la que se incluyó el procesamiento de las muestras

para posteriormente realizar el análisis de los resultados, esto debido a que el proyecto de grado se ejecutó en el tiempo de pandemia ocasionado por el COVID-19.

De acuerdo a la tabla 2 como se muestra a continuación, se contó con 4 grupos cada grupo contenía igual cantidad y tipo de instrumental para mantener siempre el principio de equitatividad por ende cada uno conto con 1 instrumento articulado y 1 no articulado para un total de 2 instrumentos por grupo, adicional a esta distribución se incluyeron dos instrumentos, uno articulado y uno no articulado en cada grupo con los cuales se realizaron los controles biológicos antes de pasar a la siguiente etapa, teniendo en cuenta que estos no fueron incluidos en la muestra final. El instrumental que se usó para la ejecución de este estudio tuvo algunos usos anteriormente, pero previamente a cada uso en el laboratorio fue lavado, desinfectado y esterilizado para controlar sesgos de medición.

Tabla 3. *Distribución de los grupos de trabajo*

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Medio liquido de inmersión en el microondas	Agua destilada + gluconato de clorhexidina	Agua destilada + amonio cuaternario de quinta generación	Agua destilada pura	Agua destilada pura
Tiempo de irradiación en el microondas	5 minutos	5 minutos	5 minutos	10 minutos
Instrumental presente	Instrumentos articulados (1): Alicate Weingart	Instrumentos articulados (1): Alicate Weingart	Instrumentos articulados (1): Alicate Weingart	Instrumentos articulados (1): Alicate Weingart
	Instrumentos no articulados (1): explorador de una sola punta	Instrumentos no articulados (1): explorador de una sola punta	Instrumentos no articulados (1): explorador de una sola punta	Instrumentos no articulados (1): explorador de una sola punta
	Instrumental para control biológico (2): Alicate Weingart y explorador de una sola punta	Instrumental para control biológico (2): Alicate Weingart y explorador de una sola punta	Instrumental para control biológico (2): Alicate Weingart y explorador de una sola punta	Instrumental para control biológico (2): Alicate Weingart y explorador de una sola punta

4.5.1 Preparación del instrumental para la investigación. Antes de la inoculación con *Enterococcus faecalis*, el instrumental fue sometido a una previa preparación en la que se tuvo en cuenta los siguientes pasos:

1. **Lavado:** se sumergió el instrumental en jabón enzimático por 10 minutos para la inactivación biológica de sustancias orgánicas que pudiesen estar presentes, pasado el tiempo este es retirado para ser cepillado minuciosamente, lavado y secado con toallas de papel absorbente.
2. **Desinfección:** el instrumental es sumergido en glutaraldehído 20 minutos para realizar una desinfección de alto nivel, pasado el tiempo indicado por el fabricante se retiró del líquido, se lavó con abundante agua y se secó con toallas de papel absorbente.
3. **Esterilización:** el instrumental se empacó en bolsas autosellables de esterilización y fue rotulado con la fecha en la que se realizó el proceso. Se llevó a la autoclave (calor húmedo) a 121°C durante 40 minutos a 15 libras de presión para la completa destrucción de microorganismos incluyendo esporas y así poder garantizar la esterilidad del instrumental antes de realizar los procedimientos.

Una vez realizada la esterilización del instrumental, se verificó la eficacia de este proceso mediante toma de muestra y posterior siembra en medio de cultivo del instrumental dispuesto para el control biológico y así comprobar que el material se encontraba estéril antes de continuar con la siguiente etapa.

4.5.2 Inoculación del instrumental. La cepa empleada en este estudio de investigación fue de *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212) altamente resistente a los procesos de desinfección, fácil de mantener y poco sensible al medio ambiente, proporcionada por el laboratorio de microbiología de la Universidad Santo Tomas para inocular mediante inmersión la parte activa del instrumental siguiendo los protocolos de manejo de laboratorio ya establecidos dentro de la cabina de flujo. Previamente al uso de la cepa, esta se cultivó para su crecimiento en caldo BHI (infusión de cerebro y corazón) Scharlau®, a 37°C durante 24 horas. De este cultivo se tomaron varias asadas y se llevaron a 5 ml de BHI para ajustarse a la escala de turbidez de Mcfarland No. 0,5 equivalente a 10^6 bacterias/ml que fueron homogenizadas en vortex® durante 10 segundos.

Para realizar la contaminación *In vitro* del Alicata Weingart y el explorador de una sola punta, usando todas las medidas de protección personal, en la cabina de flujo se extrajo cada instrumento de la bolsa estéril, sujetándolos por el mango, su parte activa fue sumergida durante dos (2) minutos en un frasco de vidrio termoresistente con 75 ml del caldo de cultivo BHI (infusión de cerebro y corazón) Scharlau® que contenía la cepa de *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212) y que previamente estaba ajustada a la escala de turbidez de Mcfarland No. 0,5 equivalente a 10^6 bacterias/ml para que cubriera completamente la parte activa y pudiera ser completamente contaminada.

Con un hisopo se frotó la parte activa del instrumento ya contaminado durante 15 segundos para posteriormente realizar la recolección, siembra, recuento de bacterias y determinar la carga microbiana. El hisopo se insertó en un tubo de ensayo que contenía 4,5 ml de solución salina y se llevó por diez (10) segundos en el Vortex®. Mediante esta suspensión, se prepararon seis diluciones en solución salina al 0,9% extrayendo 0.5 ml (500µ) a cada una (1:10, 1:100, 1:1.000, 1:10.000, 1:100.000 y 1:1.000.000).

Se realizó la siembra por duplicado usando las diluciones ya establecidas y se transfirió 0,1 ml o 100 µl de cada tubo con la solución a la superficie de las cajas de Petri que contenían Agar

Enterococcosel BD (Bilis Esculina) × 500 g y se realizará el esparcimiento de la siembra con un Asa estéril de Drigalski. Después de la siembra, las cajas Petri fueron incubadas durante 24 horas a 37°C para comprobar el crecimiento del *Enterococcus faecalis*.

La carga microbiana fue medida por medio de Unidades Formadoras de Colonias UFC/mm², tomada de la superficie activa del instrumental con la ayuda de un contador de colonias después del periodo de incubación por un solo evaluador, posteriormente se realizó un recuento por un segundo evaluador y se tuvo en cuenta los dos valores y su promedio para la interpretación de los resultados. El conteo de microorganismos en las cajas de Petri sembradas; se llevó a cabo antes y después del proceso de esterilización mediante la irradiación con microondas. De acuerdo con las técnicas estándar microbiológicas, las cajas Petri que contenían entre 0 y 300 colonias de bacterias fueron seleccionadas para la lectura de los resultados.

4.5.3 Esterilización mediante irradiación por microondas. Una vez se inoculó el instrumental con la cepa del *Enterococcus faecalis*, este fue llevado al azar a su respectivo recipiente cerámico, cada recipiente contenía el medio líquido de inmersión y un alicate Weingart y un explorador de una sola punta. Para el grupo 1 el medio líquido de inmersión fue gluconato de clorhexidina (50%) más agua destilada (50%), el grupo 2 amonio cuaternario de quinta generación (50%) más agua destilada (50%), los grupos 3 y 4 agua destilada pura (100%). Una vez sumergido el instrumental contaminado en el recipiente cerámico con su medio líquido de inmersión este fue llevado al microondas para ser irradiado. Los grupos 1, 2 y 3 recibieron 5 minutos de irradiación y el grupo 4 recibió 10 minutos de irradiación, cada grupo fue irradiado por separado tal y como se indicó en la tabla distribución de los grupos de trabajo (ver tabla 2). Para este proceso fue usado un horno microondas que fue adquirido nuevo; sin usos previos de cualquier tipo, modelo MS0936GIR de la marca LG que proporcionaba ondas de 2450 MHz y 1250 W de potencia.

4.5.4 Control de esterilización post irradiación por microondas. Una vez terminado el proceso de irradiación por microondas de cada grupo, los recipientes cerámicos fueron llevados dentro de la cabina de flujo donde con una pinza algodonerá previamente esterilizada cada instrumento fue tomado por la parte no activa (mangos) y con un hisopo se procedió a tomar las muestras post irradiación de las partes activas por duplicado, para determinar si el proceso de esterilización por microondas había sido exitoso.

Se tuvo en cuenta el mismo proceso de recolección de las muestras donde con el hisopo estéril se frotó durante 15 segundos la parte activa del instrumento previamente irradiado, el hisopo se insertó en un tubo de ensayo que contenía solución salina y se llevó por diez (10) segundos en el Vortex®. Teniendo en cuenta esta suspensión, se prepararon las seis diluciones en solución salina al 0,9% anteriormente nombradas. Luego se procedió a realizar la siembra por duplicado usando las diluciones ya establecidas en cajas de Petri que contenían Agar Enterococcosel BD (Bilis Esculina), estas cajas fueron incubadas durante 24 horas a 37°C para comprobar si después del proceso de irradiación por microondas había crecimiento del *Enterococcus faecalis*, que líquido de inmersión presentaba mejores resultados y cuáles eran los tiempos ideales para lograr un adecuado proceso. Después de la toma de muestras post irradiación con microondas, el instrumental fue lavado con abundante suero fisiológico y secado con gasas estériles en campos quirúrgicos asépticos donde fue empacado en bolsas de esterilizar y rotulado para conservar su asepsia y que posteriormente lograra ser usado en los pacientes.

Adicionalmente como control del proceso de esterilización fue usado el *Geobacillus stearothermophilus* cuya cepa fue obtenida de una ampolla de control biológico usada normalmente para evaluar la efectividad de la esterilización. Se tomó la ampolla, se reconstituyó en un caldo de cultivo BHI (infusión de cerebro y corazón) Scharlau® y se le dieron las condiciones ideales tanto de temperatura como de nutrición al *Geobacillus stearothermophilus* para que se lograra su reproducción, una vez comprobado que hubo crecimiento bacteriano, el caldo de *Geobacillus stearothermophilus* fue dividido en dos recipientes de vidrio estériles, donde en estado líquido uno de ellos se llevó al horno microondas para ser irradiado por 5 minutos y el otro recipiente por 10 minutos. Una vez sometido al proceso de irradiación se prepararon las diluciones correspondientes y se procedió a realizar la siembra por duplicado usando las diluciones ya establecidas en cajas de Petri que contenían Agar Enterococcosel BD (Bilis Esculina), donde posterior a la incubación fue realizado el conteo de la cantidad de bacterias presentes de *Geobacillus stearothermophilus* después de su irradiación por microondas.

4.5.5 Recolección de datos. Los resultados provenientes de la observación de los cultivos fueron registrados en el instrumento recolector de la información (Apéndice B) para posteriormente procesar los resultados. La información fue digitada en una base de datos de Microsoft Excel, la digitación fue realizada por duplicado para posteriormente validar la información y ser exportada al software STATA/MP versión 14.0.

4.5.6 Prueba piloto. Por motivo de la pandemia ocasionada por el COVID-19, el equipo investigador y los directores del trabajo de grado tomaron la decisión de no realizar la prueba piloto por limitación en la distribución de tiempos de trabajo para los estudiantes en el Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás y para facilitar la ejecución del proyecto de grado ya que este constaba de varias etapas y tomas de muestras. Se sometió a evaluación los formatos, instrumentos y protocolos para que el personal de laboratorio avalara la parte de metodología, las pruebas de laboratorio fueron realizadas por profesionales altamente capacitados y entrenados, pertenecientes al área de ciencias básicas de la Universidad Santo Tomás, por lo que no se requirió calibración para realizar la toma de muestras.

4.6 Plan de análisis estadístico (Apéndice C)

4.6.1 Plan de análisis univariado. Para el procesamiento de datos, estos fueron registrados en el paquete estadístico STATA/MP versión 14.0, para el análisis univariado de las variables cuantitativas continuas se tuvieron en cuenta las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y de dispersión (desviación estándar, rangos y percentiles). Se evaluó la normalidad de los datos igualmente para las variables cuantitativas continuas. Si las variables distribuían normal se aplicó la media y desviación estándar, si no distribuían normal se tomó en cuenta la mediana y rango intercuartílico. Para las variables cuantitativas ordinales y de razón no se realizó evaluación de la normalidad y se presentó la mediana y el rango. Con las variables cualitativas se analizó la frecuencia absoluta acompañada del porcentaje.

4.6.2 Plan de análisis bivariado. Para el análisis bivariado se realizó prueba de rangos de Wilcoxon para datos pareados. Al momento de realizar los análisis se considerará una significancia estadística cuando el valor de $P \leq 0,05$. (Ver Apéndice C).

4.7 Implicaciones bioéticas

Según los artículos contenidos en la Resolución 8430 de 1993, título IV capítulo I, del Ministerio de la Salud de la República de Colombia, Las instituciones investigadoras en las que se realice investigación con microorganismos patógenos o material biológico que pueda contenerlos deberá adiestrar al personal sobre la manipulación, transporte, utilización, descontaminación y eliminación de desechos, así mismo deberán contar con las instalaciones y equipo de laboratorio de acuerdo con las normas técnicas, que al efecto emita este Ministerio, que garanticen el manejo seguro de tales gérmenes. El investigador principal de acuerdo con el Comité de Ética Hospitalaria, o el Comité de Ética en Investigación, y el representante legal de la institución investigadora, determinarán conforme a las normas técnicas existentes, el tipo de laboratorio en el que se realizarán las investigaciones propuestas; así como los procedimientos respectivos tomando en cuenta el grado de riesgo de infección que presenten los microorganismos a utilizar. Según el artículo 67 presente en este título el microorganismo que será utilizado en este estudio pertenece al GRUPO DE RIESGO II: Microorganismos que representan riesgo moderado para el individuo y limitado para la comunidad y deberán manejarse en laboratorios de tipo básico de microbiología, empleando gabinetes de seguridad cuando se considere necesario (66).

5. Resultados

La muestra estuvo conformada por un total de 8 pinzas, 4 pinzas Weingart y 4 exploradores de una sola punta sin incluir el instrumental que se usó para realizar las muestras por duplicado, para la muestra final no se tuvo en cuenta el instrumental que se usó como control biológico.

Las tablas 3 y 4 muestran los recuentos de UFC/mm² hasta una dilución de 1:1.000.000 para el *Enterococcus faecalis* en el explorador antes de ser irradiado con el horno microondas. Se encontró crecimiento microbiológico hasta en la dilución 1/10.000. La comparación de medias permite establecer que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres recuentos realizados (recuento 1 vs recuento 2 p=0,087; recuento 1 y 3 p=0,196; recuento 2 y 3 p=0,281). Para el caso de la pinza Weingart, los recuentos en general fueron más altos; de igual manera, la comparación de medias permite establecer que tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres recuentos realizados (recuento 1 vs recuento 2 p=0,052; recuento 1 y 3 p=0,087; recuento 2 y 3 p=0,052) (ver tabla 3 y 4).

Tabla 4. *Recuentos de UFC/mm² en el explorador para Enterococcus faecalis en diferentes diluciones antes de la irradiación por microondas*

Explorador					
Dilución	Recuento 1	Recuento 2	Recuento 3	Promedio	Rango
1/10	179,5	157,5	75,5	137,5	75,5 – 179,5
1/100	25	12	10	15,7	10 - 25
1/1.000	4,5	1	0	1,8	1 – 4,5
1/10.000	0	0	1,5	0,5	0 – 1,5
1/100.000	0	0	0	0	0
1/1.000.000	0	0	0	0	0

Tabla 5. Recuentos de UFC/mm² en la pinza Weingart para *Enterococcus faecalis* en diferentes diluciones antes de la irradiación por microondas

Pinza Weingart					
Dilución	Recuento 1	Recuento 2	Recuento 3	Promedio	Rango
1/10	301	76	84,5	153,8	76 - 301
1/100	101	31	69	67	31 - 101
1/1.000	9,5	6	8,5	8	6 - 9,5
1/10.000	1,5	0,5	1,5	1,2	0,5 - 1,5
1/100.000	0	0	0	0	0
1/1.000.000	0	0	0	0	0

Mediante la recolección de datos del recuento de UFC/mm² de *Enterococcus faecalis* para los cuatro diferentes grupos posterior a la irradiación con microondas, se observó que no hubo crecimiento bacteriano en ninguna de las diluciones usadas y en ninguno de los grupos establecidos sin importar tiempo de irradiación ni medio líquido de inmersión, lo que demostró que el uso de irradiación por microondas tanto a 5 como a 10 minutos fue efectivo para la eliminación del *Enterococcus faecalis* (ver tabla 5).

Tabla 6. Comparación antes y después de la irradiación por microondas del recuento de UFC/mm² de *Enterococcus faecalis* en el explorador y la pinza Weingart en diferentes diluciones después de la irradiación por microondas

<i>Enterococcus faecalis</i>							
Dilución	UFC/ mm ² Explorador antes	UFC/ mm ² pinza Weingart antes	Grupo 1* después	Grupo 2** después	Grupo 3*** después	Grupo 4**** después	Valor de P‡
1/10	137,5	153,8	0	0	0	0	0
1/100	15,7	67	0	0	0	0	0,05
1/1.000	1,8	8	0	0	0	0	0
1/10.000	0,5	1,2	0	0	0	0	0
1/100.000	0	0	0	0	0	0	0
1/1.000.000	0	0	0	0	0	0	0

* Agua destilada + gluconato de clorhexidina e irradiación a 5 minutos

** Agua destilada + amonio cuaternario de quinta generación e irradiación a 5 minutos

*** Agua destilada pura e irradiación a 5 minutos

**** Agua destilada pura e irradiación a 10 minutos

‡ Valor de P obtenido a partir de la comparación del recuento pre y post irradiación en cada grupo de comparación y el explorador o la pinza Weingart

Se pudo apreciar que en los tres recuentos realizados de *Geobacillus stearothermophilus* posterior a la irradiación por microondas a 5 y 10 minutos no se logró una eliminación completa de dicho microorganismo ya que se pudo evidenciar recuento de UFC/mm² hasta una dilución de 1:10.000, pero lo que si se pudo determinar es que a mayor tiempo de irradiación si se logra una disminución en el recuento de bacterias tipo *Geobacillus stearothermophilus* (ver tabla 6).

Tabla 7. Recuentos de UFC/mm² de *Geobacillus stearothermophilus* en diferentes diluciones después de la irradiación por microondas como control biológico

<i>Geobacillus stearothermophilus</i>					
Dilución	Recuento 1 5 minutos de Irradiación	Recuento 2 5 minutos de Irradiación	Recuento 3 10 minutos de Irradiación	Promedio	Rango
Directo	Cto +	Cto +	Cto +		
1/10	273,5	263	74,5	203,6	74,5 – 273,5
1/100	50,5	12,5	6,5	23,1	6,5 – 50,5
1/1.000	12	2	1	5	1 – 12
1/10.000	4	0	0	1,3	0 – 4
1/100.000	0	0	0	0	0
1/1.000.000	0	0	0	0	0

*Cto + → Crecimiento positivo

6. Discusión

En ambientes de practica odontológica existen un gran número de procedimientos, así como sustancias, elementos o microorganismos dañinos que pueden dar como resultado una infección cruzada, siendo un alto riesgo para el paciente y el odontólogo (5). Teniendo en cuenta lo anterior se realizó este estudio para evaluar la efectividad de la esterilización por microondas de instrumentos usados en la práctica ortodóncica donde se evidenció que es posible la eliminación del *Enterococcus faecalis*, microorganismo presente en cavidad oral, y la disminución del microorganismo *Geobacillus stearothermophilus* mediante irradiación por microondas.

Todas las diluciones utilizadas para la irradiación con microondas del instrumental ortodóncico en el presente estudio contribuyeron en la reducción completa del recuento de colonias a los 5 minutos de irradiación e incluso a los 10 minutos. Yezdani, et al. Informaron que el efecto de inactivación ocurre principalmente en presencia de agua, lo que indica que la humedad juega un papel vital en la absorción de energía de microondas, siendo este un factor importante para la esterilización en horno microondas. En contraste con los resultados del presente estudio, Yezdani, et al. encontraron que la irradiación con microondas era ineficaz cuando los instrumentos de ortodoncia se sumergieron en agua destilada y se expusieron a irradiación de microondas durante 5 minutos, reiterando el hecho de que la inmersión en agua pura destilada justifica la duración en el microondas durante 10 minutos para asegurar una esterilización completa y efectiva, estas diferencias en los tiempos de esterilización pueden estar relacionadas con la potencia de los microondas ya que Yezdani et al. uso un microondas con una frecuencia de 2450 MHz y 800 W de potencia y en nuestro estudio se usó un microondas con una frecuencia de 2450 MHz y 1250 W de potencia. (20)

Se debe dar manejo adecuado al instrumental que es utilizado durante la práctica clínica, con el fin de evitar la infección cruzada a la que el personal presente en la consulta está expuesto cuando se tiene contacto directo con partículas presentes tanto en el ambiente; y en las diferentes superficies en las que se realiza la práctica. A esta delicada situación se le suma la existencia de una serie de virus muy comunes como lo son el virus de la hepatitis B, el virus de la inmunodeficiencia humana, micro bacterias, *Streptococci pseudomonas*, a los que hoy en día se une el SARS-CoV-2. (9)

Recientemente Cumbo et al. informaron que tanto la radiación electromagnética ionizante como la no ionizante afectan las actividades biológicas de microorganismos como los virus dependiendo de la longitud de onda, y sus efectos sobre los materiales biológicos difieren significativamente. La energía de la radiación también es absorbida por los materiales que rodean al microorganismo y estos fenómenos pueden influir indirectamente en el virus; de hecho, la radiación podría alterar, en primer lugar, este material que se vuelve dañino para el virus debido a la absorción de energía irradiada que puede ser transferida secundariamente al virus, dañándolo. Estos hallazgos pueden contribuir a la disminución del riesgo de propagación de COVID-19, el mayor problema de salud pública al que se ha enfrentado la humanidad en la historia reciente. (67)

Por otro parte según la Asociación Dental Americana (ADA), se estima que los profesionales dentales y los pacientes pueden verse afectados por alrededor de 40 tipos diferentes de enfermedades infecciosas, cuando se encuentran en procedimientos clínicos de rutina (68). Al respecto Choel et al. en su revisión de la literatura han declarado que la prevalencia de riesgos laborales entre los técnicos dentales fue del 15,4%. Sinha, et al. manifiestan que las bolsas de plástico se utilizaron principalmente para transportar impresiones y prótesis desde el quirófano al laboratorio y solo el 4,7% de los asistentes utilizan contenedores para el transporte. De acuerdo con las pautas establecidas por la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), "Los materiales potencialmente infecciosos deben colocarse en un recipiente que evite las fugas. Se requiere etiquetado o codificación de colores cuando dichas muestras y contenedores salen de la instalación". (69)

Debido a ese constante contacto y posible contagio del personal; se hace necesario implementar controles eficaces de desinfección; con el fin de mitigar la probabilidad de contagio que ha venido aumentando significativamente. Así como el personal está expuesto a este contacto, de igual manera están expuestos los pacientes que a diario acuden a nuestra consulta. Respecto a los controles implementados, y previamente establecidos, constantemente se realizan actualizaciones en el manejo de estos, los cuales son estipulados por entidades administrativas, quienes señalan pautas de carácter obligatorio con el fin de unificar criterios de manejo de prevención de la transmisión de patógenos microbianos tanto de un paciente a otro, como al personal trabajador y en el ambiente donde se labora. Dentro de estas pautas, encontramos una secuencia de actividades que inician con la inmersión del instrumental en líquidos encargados de desinfectar cada una de las piezas, este proceso está acompañado del cepillado y enjuague previo con abundante agua de cada instrumento, teniendo en cuenta de igual manera que debe ser uno a la vez, posteriormente está indicado realizar el proceso de esterilización, el cual en el gremio de la ortodoncia se ha convertido en un constante debate, debido a que lo que finalmente se busca es poder esterilizar una amplia variedad de instrumentos en un período mínimo de tiempo y buscando siempre evitar daños al instrumental como pérdida del corte, oxidación, etc. (7)

La Asociación Dental Americana señala el vapor a presión (autoclave), calor seco, entre otros métodos para realizar la esterilización del instrumental de odontología en general, siendo la autoclave el gold standar. La combinación de presurización de la cámara, vapor y altas temperatura durante un período de tiempo prolongado tiene la capacidad de eliminar prácticamente todos los microorganismos. Un ciclo típico para instrumentos empacado incluye el tiempo de calentamiento y presurización, seguido de un ciclo de 15 a 30 minutos durante el cual se lleva a cabo la

esterilización (121°C a 15 psi). El tiempo del ciclo de esterilización disminuye a medida que aumenta la temperatura. (59)

Camargo et al en su investigación demostró el éxito en la esterilización a vapor saturado bajo presión, del instrumental laparoscópico montado, lo que comprueba la seguridad microbiológica de esa práctica. Se utilizó autoclave térmicamente calificado en los parámetros recomendados para esterilización a vapor saturado bajo presión con vacío previo, temperatura de 134°C por 5 minutos, asociado a una contaminación de esporas del *Geobacillus stearothermophilus* ATCC 7953, en la concentración de tres veces 10^6 UFC, con pruebas de esterilidad con método de inoculación directa y con un tamaño de muestra que permitió demostrar la veracidad de los resultados. (70)

Chávez et al realizaron una investigación para evaluar la eficacia de la esterilización en la autoclave del instrumental odontológico del Área de Endodoncia y Periodoncia y determinaron que el 60% de las limas, después de esterilizar, no estaba contaminado y que el 69%, para ambos paños y fundas, no presentaba contaminación (71). Al momento de ceñirse a este método es muy común pensar en que si bien es cierto que el porcentaje de efectividad es muy alto; también está comprobado el daño que genera este método de esterilización en las piezas de corte y del instrumental con bisagras. Matlack et afirmó que la esterilización en autoclave causa oxidación severa y corrosión en las juntas de los alicates. (23)

La eficacia del método de esterilización por microondas está dada por la intensidad del campo electromagnético y del tiempo de exposición ya que la energía electromagnética esta expresada de dos formas por un efecto térmico y efecto no térmico. En investigaciones que se han realizado previamente se llegó a la conclusión de que la esterilización con microondas por un periodo de tiempo de 2,7 minutos cuando de manera constante la temperatura aumenta hasta llegar a 140°C es efectiva para esterilizar instrumental (20). Otros estudios de igual manera sostienen que el efecto de la irradiación de microondas sobre los microorganismos es directamente de carácter térmico, otros afirman que la muerte de los organismos probablemente también resulta de los efectos no térmicos de microondas. En general para intentar estos mecanismos de destrucción de microondas, diferentes regímenes de ellos han sido probados y defendidos. (72)

Aunque la acción letal de las microondas sobre los microorganismos está bien establecida en el en la literatura, el mecanismo de destrucción de las microondas no se comprende completamente. La Eficacia de la irradiación de microondas parece estar asociado con el vehículo en el que se sumergen, el tiempo de exposición, el nivel de potencia del horno microondas y el tipo de microorganismos. Además, al seleccionar un procedimiento de desinfección, su efecto sobre las características físicas y mecánicas, se deben considerar cuidadosamente las propiedades de los materiales irradiados. Así, el establecimiento de diferentes protocolos debe ser fundamental para cada caso particular, con el objetivo de lograr esterilización constante sin dañar los materiales dentales. (72)

En odontología, la irradiación por microondas se ha utilizado para varios fines, entre ellos: desinfección de cepillos de dientes, raspadores de lengua, instrumentos, gasa contaminada, fresas de metal, instrumentos de pulido compuestos, moldes hechos de elastómeros y moldes de yeso. Es más, la irradiación de microondas ha sido ampliamente aceptada para polimerizar resina acrílica, secado de productos de yeso y materiales de revestimiento, y como tratamiento para reducir los

contenidos de monómeros residuales de las resinas acrílicas polimerizadas y reducir su citotoxicidad. (20,27,28)

Como único método de verificación de efectividad se encuentran los indicadores biológicos, en este estudio fue implementado el *Geobacillus stearothermophilus* como indicador ya que esta bacteria gram-positiva es altamente resistente a temperaturas inferiores a 121°C. Se ha informado ampliamente sobre su uso en la esterilización por microondas en odontología. Hay estudios que han apuntado a las microondas como método para desinfectar alimentos, lentes de contacto, materiales microbiológicos de laboratorio, prendas de ropa íntima contaminadas con *Candida albicans*, basura hospitalaria, materia coloreada utilizada en la industria cosmética e instrumentos utilizados en medicina. Por lo tanto, el interés en esta área se ha mantenido y en 1985 se aplicó la tecnología a la esterilización de Aparatos dentales. (20)

Se debe tener en cuenta que en la Universidad Santo Tomás es el primer estudio que evalúa el microondas para desinfección y esterilización de instrumental de uso ortodóntico y que la evaluación fue realizada en diferentes sustancias lo que provee unos resultados con más veracidad. Dentro de las limitaciones del estudio se debe mencionar que el tamaño de la muestra fue pequeño, pero el trabajo en el laboratorio se hizo por duplicado para así proporcionarle validez al estudio y que debido a la contingencia por COVID-19 no fue posible que los responsables de la investigación participaran activamente en la toma de muestras y verificación de los resultados por lo que este trabajo se le delegó al personal del área de Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás, que al momento del estudio se encontraba altamente capacitado para la ejecución del mismo.

6.1 Conclusiones

- Mediante las pruebas microbiológicas realizadas se pudo determinar que el proceso de esterilización por irradiación de microondas fue satisfactorio, donde se logró eliminar por completo el *Enterococcus faecalis*.
- No se observó una eliminación completa del *Geobacillus stearothermophilus*, pero si una disminución del recuento de colonias a mayor tiempo de exposición a las ondas del microondas.
- Independientemente de que se use una sustancia desinfectante o agua destilada para sumergir el instrumental antes de ser irradiado a 5 o 10 minutos, los resultados siempre serán satisfactorios en la eliminación por completo del *Enterococcus faecalis*.
- La desinfección por microondas es un método eficaz, rápido, una herramienta versátil fácil y económica que pueden realizar odontólogos, asistentes, técnicos, pacientes y / o sus cuidadores para inactivar microorganismos, además, no requiere almacenamiento especial. Por lo tanto, este método puede tener un uso potencial importante en consultorios odontológicos, laboratorios dentales e instituciones y hospitales.

6.2 Recomendaciones

Se sugiere hacer un estudio donde se evalúe si la potencia del microondas que se use tiene influencia directa en la eliminación de los microorganismos, determinando si a mayor potencia y a mayor tiempo de irradiación, se puede eliminar por completo el *Geobacillus stearothermophilus*.

Referencias

1. Baines S. Surgical asepsis: Principles and protocols. In Pract. 1996;18(1):23–33.
2. Hussain A, Bansal A, Tandel N, Patel S, Naik A. Arshad Hussain et al; Instrument sterilization in orthodontics J Cont Med A Dent. J Cont Med A Dent. 2015;3(5):4–8.
3. Codagnone C. Editorial: Efficiency and effectiveness [Internet]. Vol. 2, European Journal of ePractice · www.epracticejournal.eu. 2008 [cited 2020 Apr 24]. Available from: www.epracticejournal.eu
4. Khattri S, Bhardwaj M, Shrivastava S. Sterilization monitoring by biological indicators and conventional swab test of different sterilization processes used in orthodontics: A comparative study. J Indian Orthod Soc. 2015;49(2):67–70.
5. Meng L, Hua F, Bian Z. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Emerging and Future Challenges for Dental and Oral Medicine. J Dent Res. 2020;00(0):1–7.
6. Vivek Aithal PR, Akshai Shetty KR, Dinesh MR, Amarnath BC, Prashanth CS, Roopak MD. In vitro evaluation of microbial contamination and the disinfecting efficacy of chlorhexidine on orthodontic brackets. Prog Orthod [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2020 Feb 20];20(17):1–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31041551>
7. Suha Saad H, Nidhal GH, Batool Hassan A-G. Evaluation of Microbial Contamination of Different Orthodontic as Received Arch Wires from Manufacturers. Int J Med Res Heal Sci [Internet]. 2017 [cited 2020 Mar 4];6(12):13–8. Available from: www.ijmrhs.com
8. Dewhirst FE, Chen T, Izard J, Paster BJ, Tanner ACR, Yu WH, et al. The human oral microbiome. J Bacteriol. 2010 Oct;192(19):5002–17.
9. Peng X, Xu X, Li Y, Cheng L, Zhou X, Ren B. Transmission routes of 2019-nCoV and controls in dental practice. Vol. 12, International Journal of Oral Science. 2020. p. 1–6.
10. K P, W B, D C, M M-S, L C. Examination of oral biofilm microbiota in patients using fixed orthodontic appliances in order to prevent risk factors for health complications. Ann Agric Environ Med [Internet]. 2019 Jun 17 [cited 2020 Feb 20];26(2):231–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31232051>
11. Bourgeois D, Dussart C, Saliasi I, Laforest L, Tramini P, Carrouel F. Observance of sterilization protocol guideline procedures of critical instruments for preventing iatrogenic transmission of Creutzfeldt-Jakob disease in dental practice in France, 2017. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2018 May 1 [cited 2020 Feb 20];15(5):1–16. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29693615>
12. Douet JY, Lacroux C, Aron N, Head MW, Lugan S, Tillier C, et al. Distribution and quantitative estimates of variant Creutzfeldt-Jakob disease prions in tissues of clinical and asymptomatic patients. Emerg Infect Dis. 2017 Jun 1;23(6):946–56.
13. Omidkhoda M, Rashed R, Bagheri Z, Ghazvini K, Shafaei H. Comparison of three different sterilization and disinfection methods on orthodontic markers. J Orthod Sci [Internet]. 2016 [cited 2020 Feb 20];5(1):14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26998472>
14. Shaghaghian S, Golkari A, Pardis S, Rezayi A. Occupational Exposure of Shiraz Dental Students to Patients' Blood and Body Fluid. J Dent (Shiraz, Iran) [Internet]. 2015 Sep [cited 2020 Mar 4];16(3):206–13. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26331151>
15. Martignon S, Ekstrand KR, Lemos MI, Lozano MP, Higuera C. Plaque, caries level and oral hygiene habits in young patients receiving orthodontic treatment. Community Dent

- Health. 2010 Sep;27(3):133–8.
16. Sawhney R, Sharma R, Sharma K. Microbial colonization on elastomeric ligatures during orthodontic therapeutics: An overview. *Turkish J Orthod*. 2018;31(1):21–5.
 17. Shah R, Collins JM, Hodge TM, Laing ER. A national study of cross infection control: “Are we clean enough?” *Br Dent J* [Internet]. 2009 Sep 26 [cited 2020 Feb 20];207(6):267–74. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19779516>
 18. Saniç A. Sterilization Applications and Problems in Turkey. *Clin J Microbiol Infec*. 2003;2:45–58.
 19. Lall R, Sahu A, Jaiswal A, Kite S, Sowmya AR, Sainath MC. Evaluation of Various Sterilization Processes of Orthodontic Instruments using Biological Indicators and Conventional Swab Test Method: A Comparative Study. *J Contemp Dent Pract* [Internet]. 2018 Jun 1 [cited 2020 Feb 20];19(6):698–703. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29959299>
 20. Yezdani A, Mahalakshmi K, Padmavathy K. Orthodontic instrument sterilization with microwave irradiation. *J Pharm Bioallied Sci*. 2015 Apr 1;7(Suppl 1):S111–5.
 21. Rohmetra, Tandon R, Jaiswal A, Singh K, Chandra P. De-rigueur protocol: Sterilization in orthodontics. *Int J Orofac Res*. 2018;3(1):5–13.
 22. Vendrell RJ, Hayden CL, Taloumis LJ. Effect of steam versus dry-heat sterilization on the wear of orthodontic ligature-cutting pliers. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2002 May [cited 2020 Feb 20];121(5):467–71. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12045764>
 23. Matlack RE. Instrument sterilization in orthodontic offices. *Angle Orthod* [Internet]. 1979 Jul [cited 2020 Feb 20];49(3):205–11. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/384851>
 24. Perkowski K, Baltaza W, Conn DB, Marczyńska-Stolarek M, Chomicz L. Examination of oral biofilm microbiota in patients using fixed orthodontic appliances in order to prevent risk factors for health complications. *Ann Agric Environ Med* [Internet]. 2019 Jun 17 [cited 2020 Feb 20];26(2):231–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31232051>
 25. Starnbach H, Biddle P. A pragmatic approach to asepsis in the orthodontic office. *Angle Orthod* [Internet]. 1980 Jan [cited 2020 Feb 20];50(1):63–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6928355>
 26. Crowell W. Why dental instruments rust and how to prevent it. *Dent Cosm*. 1925;67:752–5.
 27. Custer F, Addington L. Physical Changes of Instruments During Sterilization. *J Periodontol* [Internet]. 1965 Sep [cited 2020 Feb 20];36(5):382–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5212846>
 28. Fais LMG, Pinelli LAP, Adabo GL, da Silva RHBT, Marcelo CC, Guaglianoni DG. Influence of microwave sterilization on the cutting capacity of carbide burs. *J Appl Oral Sci*. 2009;17(6):584–9.
 29. Jeng DK, Kaczmarek KA, Woodworth AG, Balasky G. Mechanism of microwave sterilization in the dry state. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 1987 Sep [cited 2020 Feb 20];53(9):2133–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3118807>
 30. Carrol D, Lopez A. Lethality of Radio-Frequency Energy upon Microorganisms in Liquid, Buffered, and Alcoholic Food Systems. *J Food Sci* [Internet]. 1969 Jul 1 [cited 2020 Feb 20];34(4):320–4. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365->

- 2621.1969.tb10354.x
31. Culkin K, Fung D. No Title Destruction of *Escherichia coli* and salmonella typhimurium in microwave-cooked soups. *J Milk Food Technol.* 1975;38:8–15.
 32. Menendez J, Moreno A. Aplicaciones industriales del calentamiento con energía microondas. Primera Ed. Cotopaxi UT de, editor. Latacunga, Ecuador; 2017. 315 p.
 33. Huat O, Gapor A. Applications of microwave technologies and their potential assimilation in the palm oil industry. *Palmas.* 1998 Jan 1;3(3):75–98.
 34. Rohrer MD, Bulard RA. Microwave sterilization. *J Am Dent Assoc.* 1985 Feb 1;110(2):194–8.
 35. Sabnis RB, Bhattu A, Mohankumar V. Sterilization of endoscopic instruments. Vol. 24, *Current Opinion in Urology.* 2014. p. 195–202.
 36. Watanabe K, Kakita Y, Kashige N, Miake F, Tsukiji T. Effect of ionic strength on the inactivation of micro-organisms by microwave irradiation. *Lett Appl Microbiol.* 2000;31(1):52–6.
 37. Dixon DL, Breeding LC, Faler TA. Microwave disinfection of denture base materials colonized with *Candida albicans*. *J Prosthet Dent.* 1999;81(2):214.
 38. Najdovski L, Dragas AZ, Kotnik V. The killing activity of microwaves on some non-sporogenic and sporogenic medically important bacterial strains. *J Hosp Infect.* 1991;19(4):247.
 39. Brusca M, Chara O, Sterin-Borda L, Rosa A. Influence of Different Orthodontic Brackets on Adherence of Microorganisms In Vitro. *Angle Orthod.* 2007;77(2):331–6.
 40. Rôças IN, Siqueira JF, Santos KRN. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod.* 2004;30(5):315–20.
 41. Pourhajibagher M, Chiniforush N, Bahador A. Antimicrobial action of photoactivated C-Phycocyanin against *Enterococcus faecalis* biofilms: Attenuation of quorum-sensing system. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2019;28:286–91.
 42. Duggan JM, Sedgley CM. Biofilm Formation of Oral and Endodontic *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2007;33(7):815–8.
 43. *Geobacillus stearothermophilus* - Una visión general [Internet]. Science Direct. 2017 [cited 2020 Apr 6]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/geobacillus-stearothermophilus>
 44. Kitada K, de Toledo A, Oho T. Increase in detectable opportunistic bacteria in the oral cavity of orthodontic patients. *Int J Dent Hyg* [Internet]. 2009 May [cited 2020 Mar 4];7(2):121–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19416094>
 45. Tonetto MR, da Silva MA dos S, Kuga MC, Bandeca MC, Pinzan-Vercelino CRM, Carvalho MRA, et al. Comparison of Antimicrobial Activity between Chemical Disinfectants on Contaminated Orthodontic Pliers. *J Contemp Dent Pract* [Internet]. 2015 Aug 1 [cited 2020 Mar 4];16(8):619–23. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26423496>
 46. Wichelhaus A, Bader F, Sander FG, Krieger D, Mertens T. Effective disinfection of orthodontic pliers. *J Orofac Orthop* [Internet]. 2006 Sep [cited 2020 Mar 4];67(5):316–36. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16953352>
 47. Krithikadatta J, Roongta Nawal R, Amalavathy K, Mclean W, Gopikrishna V. Endodontic and Dental Practice during COVID-19 Pandemic: Position Statement from International Federation of Endodontic Associations (IFEA) & Indian Endodontic Society (IES). 2020 Mar.

48. Nareto S. Principles in Contemporary Orthodontics. 1st ed. Nareto S, editor. Rijeka, Croatia: IntechOpen; 2011. 113–128 p.
49. Çelikel ADG, Ekmekçioğlu H, Külekçi G, Fıratlı S. Evaluation of the compliance of orthodontists to infection control procedures in Turkey. *Turkish J Orthod* [Internet]. 2018 Jun [cited 2020 Mar 4];31(2):37–49. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30112513>
50. McCarthy GM, Mamandras AH, MacDonald JK. Infection control in the orthodontic office in Canada. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1997 Sep;112(3):275–81.
51. de Almeida CMF, de Carvalho AS, Duarte DA. Avaliação dos métodos de desinfecção de alicates ortodônticos. *Dental Press J Orthod*. 2012 Jul;17(4):105–9.
52. Rani L. Sterilization Protocols in Dentistry-A Review. *J Pharm Sci Res*. 2016;8(6):558–64.
53. Madhuri M, Meeran N, Sheriff O, Vijay C. Sterilization Protocol for Orthodontic and Endodontic Instruments. *Indian J Multidiscip Dent*. 2011;1(3):172–8.
54. Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and sterilization: An overview. *Am J Infect Control*. 2013 May;41(5):S2–5.
55. Stanton C. Guideline for manual chemical high-level disinfection. *AORN J*. 2018 Jan 1;107(1):P7–9.
56. Junk AK, Chen PP, Lin SC, Nouri-Mahdavi K, Radhakrishnan S, Singh K, et al. Disinfection of Tonometers: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2017 Dec;124(12):1867–75.
57. Woo J, Anderson R, Maguire B, Gerbert B. Compliance with infection control procedures among California orthodontists. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1992 Jul;102(1):68–75.
58. Punia P, Kumar D, Tanwar R, Solanki R, Khangwal M. METHODS OF STERILIZATION IN ORTHODONTICS:A REVIEW. *Int J Dent Heal Sci*. 2014;1(4):610–6.
59. Laneve E, Raddato B, Dioguardi M, Di Gioia G, Troiano G, Lo Muzio L. Sterilisation in Dentistry: A Review of the Literature. *Int J Dent*. 2019 Jan;2019:1–9.
60. Panta G, Richardson AK, Shaw IC. Effectiveness of autoclaving in sterilizing reusable medical devices in healthcare facilities. *J Infect Dev Ctries*. 2019 Oct;13(10):858–64.
61. Jones ML. An initial assessment of the effect on orthodontic pliers of various sterilization/disinfection regimes. *Br J Orthod*. 1989 Nov;16(4):251–8.
62. Sanofer A. Glass Bead Steriliser Used As Chair Side Sterilisation in the Dentistry-A Research Article. *J Pharm Sci Res*. 2015;7(7):466–7.
63. Miller CH. Cleaning, sterilization and disinfection: basics of microbial killing for infection control. *J Am Dent Assoc*. 1993 Jan;124(1):48–56.
64. Donis JH. Tipos de diseños de los estudios clínicos y epidemiológicos (Types of clinical and epidemiologic study designs). *Av en Biomed*. 2013;2(2):76–99.
65. Hernandez-Sampieri R, Mendoza C. Selección de la muestra en la ruta cuantitativa. In: *Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. 2018th ed. 2018. p. 196–217.
66. Republica de Colombia. Resolución número 8430 [Internet]. Ministerio de Salud. 1993 [cited 2020 Mar 4]. p. 1–19. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
67. Cumbo E, Gallina G, Messina P, Scardina GA. Alternative Methods of Sterilization in

- Dental Practices Against COVID-19. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Aug 2 [cited 2021 Nov 23];17(16):1–14. Available from: [/pmc/articles/PMC7459510/](#)
68. Dirceu D-P, De R, Diretores M, Maierovitch C, Henriques P, Cecília M, et al. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2007.
 69. Sinha DK, Kumar C, Gupta A, Nayak L, Subhash S, Kumari R. Knowledge and practices about sterilization and disinfection. *J Fam Med Prim care* [Internet]. 2020 [cited 2021 Nov 23];9(2):793. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32318422/>
 70. Camargo TC de, Graziano KU, Almeida AGCDS, Suzuki K, Silva CB da, Pinto FMG. Microbiological evaluation of the steam sterilization of assembled laparoscopic instruments. *Rev Lat Am Enfermagem* [Internet]. 2016 Nov 21 [cited 2021 Nov 23];24:e2830. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27878222/>
 71. Chávez-Fermín E, Marie Domínguez-Cuevas N, Acosta-Carrasco S, Jiménez-Hernández L, de-la-Cruz-Villa R, Grau-Grullón P, et al. Evaluación de la eficacia de la esterilización del instrumental odontológico en la Clínica de Odontología de Unibe. *Rev Nac Odontol* [Internet]. 2013 Dec 30 [cited 2021 Nov 23];9(17):35–9. Available from: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/od/article/view/571>
 72. Vergani CE, Ribeiro DG, Dovigo LN, Sanitá PV, Pavarina AC. Microwave Assisted Disinfection Method in Dentistry [Internet]. [cited 2021 Nov 23]. Available from: www.intechopen.com

Apéndices

Apéndice A. Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICIÓN / ESCALA DE VALORES	VALOR QUE ASUME
Tiempo de exposición a ondas electromagnéticas	Periodo determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.	Tiempo al cual serán sometidos los instrumentos a la exposición de ondas electromagnéticas en el microondas.	Cuantitativa	Razón/Según sus valores discreta	(0) Cinco (5) minutos (1) Diez (10) minutos
Tipo de solución de esterilización	Es una mezcla homogénea a nivel molecular o iónico de 2 o más sustancias que no reaccionan entre sí, que se utiliza en el proceso de esterilización dando como resultado un producto libre de microorganismos	Medio liquido en el cual serán sumergidos los instrumentos para ser llevados al microondas.	Cualitativa	Nominal	(0) Agua destilada (1) Gluconato de clorhexidina (2) Amonio cuaternario
Unidades formadoras de colonias (UFC)	Unidad de medida que se emplea para la cuantificación de microorganismos, para contabilizar el número de bacterias	Número de microorganismos presentes en los cultivos posteriores al proceso de esterilización con	Cuantitativa	Razón/Según sus valores discreta	Unidades formadoras de colonias registradas al momento del estudio

	o células viables en una muestra líquida o sólida.	ondas electromagnéticas de microondas.			
Concentración del microorganismo	Proporción o relación entre la cantidad de microorganismos y la cantidad de disolución	Concentración del microorganismo al momento de la inoculación del instrumental para posteriormente ser llevado a esterilización.	Cuantitativa	Razón/Según sus valores discreta	Concentración del microorganismo registrada al momento del estudio
Concentración de la sustancia de esterilización	La concentración es una magnitud que describe la proporción de soluto respecto al solvente en una disolución.	Concentración a la cual se encuentran diluidas las soluciones de esterilización que se van a usar en el estudio.	Cuantitativa	Razón/Según sus valores discreta	Concentración de la sustancia de esterilización registrada al momento del estudio

Apéndice B. Instrumento de recolección de datos



EFFECTIVIDAD DE LA ESTERILIZACIÓN MEDIANTE LA IRRADIACIÓN DE MICROONDAS EN LA ELIMINACION DEL *Enterococcus faecalis* EN INSTRUMENTAL DE USO ORTODÓNTICO

Fecha de toma de la muestra: _____

Tipo de Cultivo:

- Control antes de la inoculacion
- Control despues de la esterilizacion
- Control Biologico

Estudiantes a cargo:
 María Fernanda Acelas
 Andrea Marcela Jaimes
 Eliana Simanca Buelvas
 Paola Astrid Mejía

GRUPO	MEDIO LIQUIDO DE INMERSION	TIEMPO DE IRRADIACION	INSTRUMENTAL EN EL RECIPIENTE	[] DEL E.F	[] DEL MEDIO LIQUIDO	RESULTADO UFC/MM2
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> Gluconato de clorhexidina <input type="checkbox"/> Amonio cuaternario <input type="checkbox"/> Agua destilada	<input type="checkbox"/> 5 minutos <input type="checkbox"/> 10 minutos	<input type="checkbox"/> 1 Alicate Weingart <input type="checkbox"/> 1 Explorador de una sola punta			

[] - Concentración
 E.F - *Enterococcus faecalis*

Apéndice C. Plan de análisis estadístico

Plan de Análisis Estadístico		
Análisis Univariado		
Variable	Naturaleza	Reporte / Operaciones
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de exposición a ondas electromagnéticas - Unidades formadoras de colonias (UFC) - Concentración del microorganismo - Concentración de la sustancia de esterilización 	Cuantitativa	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de tendencia central (moda, media, mediana) - Medidas de dispersión (desviación estándar, rangos, percentiles)
<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de solución de esterilización 	Cualitativa	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencias absolutas (#) - Porcentajes (%)

Plan de Análisis Estadístico		
Análisis Bivariado		
Variable dependiente o de salida	Análisis	Prueba estadística
Unidades formadoras de colonias (UFC)	Crecimiento microbiológico antes y después de la irradiación	Test de rangos de Wilcoxon