



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

APLICACIÓN DEL OZONO EN EL TRATAMIENTO DE
CONDUCTOS RADICULARES

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

LILIANA MUNGUIA MALDONADO

TUTORA: Esp. MÓNICA CRUZ MORÁN V.o.B.o. *Mónica*

ASESOR: Esp. MARIO GUADALUPE OLIVERA EROSA

V.o.B.o. *[Firma]*



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Agradecimientos.

Le agradezco a Dios por guiarme y enseñarme en cada una de mis etapas, por amarme porque con su ayuda no podría estar segura de haber llegado a este momento, por permitirme llegar a este punto de mi vida y gracias por ponerme a las personas indicadas.

A mi padre Javier Agustín, por dar su esfuerzo por siempre darme las herramientas y llegar a terminar la carrera y ser alguien en la vida, por las horas de trabajo bajo el sol, te dedico esto.

A mi madre Teresa Maldonado, te agradezco por darme siempre darme lo mejor en el hogar, por cuidarme, preocuparse y haberme enseñado las cosas necesarias en la vida.

A mi familia y los que no son de sangre, pero considero familia, se los agradezco por cada una de las personas que estuvieron ahí cuando necesitaba de ayuda, por guiarme, reprenderme y enseñarme lo bueno de la vida.

Agradezco a mi tutora, la Esp. Mónica Cruz Morán y mi asesor, el Esp. Mario Guadalupe Olivera Erosa, por asesorarme y dedicar el tiempo cada una de estas semanas de revisar este trabajo, gracias por guiarme durante la elaboración de esta tesina.



ÍNDICE

Agradecimientos.....	1
Introducción.....	4
Objetivo general.....	5
Objetivo específico	5
1.Capítulo I: Antecedentes históricos.....	6
1.1 Antecedentes históricos generales	6
1.2 Antecedentes históricos odontológicos	10
2.Capítulo II: Ozono	11
2.1 Definición de ozono	11
2.2 Propiedades del ozono.....	13
2.2.1 Propiedad oxidante.....	13
2.2.2 Propiedad germicida.....	14
2.2.3 Propiedad bactericida.....	15
2.2.4 Propiedad virucida.....	16
2.2.5 Propiedad fungicida.....	16
2.2.6 Propiedades terapéuticas y mecanismos de acción del ozono médico.	17
3.Capítulo III: Aplicaciones del ozono.....	19
3.1 Aplicaciones de ozono en medicina	19
3.2 Aplicaciones de ozono en odontología.....	22
3.3 Vías de administración.....	25
3.4 Contraindicaciones.....	26
3.5 Complicaciones y efectos adversos con ozono.....	27
4.Capítulo IV: Aparatos de ozono: Médico y odontológicos.....	31
4.1 Aparato médico.....	31
4.2 Aparato odontológico.....	33



5.Capítulo V: Microorganismos del conducto radicular.....	37
5.1 Microbiología en los fracasos endodónticos.....	39
6.Capítulo VI: Sustancias irrigadoras.....	40
6.1 Hipoclorito de sodio.....	41
6.2 Clorhexidina.....	43
6.3 Solución salina.....	45
6.4 EDTA.....	45
6.5 Ozono.....	46
7.Capítulo VII: Estudio experimental.....	48
7.1 Aplicación de ozono gas sobre conductos radiculares previamente infectados con <i>Enterococcus faecalis</i>	57
7.2Aplicación de agua ozonizada sobre conductos previamente infectados con <i>Actinomyces Israelii</i>	65
Conclusiones	68
Referencias bibliográficas.....	70



Introducción.

En el presente trabajo de investigación bibliográfica se presenta la eficacia de la aplicación del ozono sobre el conducto radicular, para lograr un tratamiento endodóntico exitoso y conseguir la eliminación del tejido pulpar y bacterias de los conductos radiculares.

Ya que con la técnica de instrumentación y la irrigación se consigue una reducción bacteriana de alrededor del 50%, es de relevancia realizar una buena limpieza e irrigación para no tener un fracaso endodóntico.

Hoy en día el ozono ha sido empleado con un sin número de beneficios para el ser humano por sus propiedades germinicidas, bactericidas, virucidas, fungicidas y oxidantes, pero con estudios experimentales ha llegado en el ámbito de la odontología, es de suma importancia saber que la aplicación del ozono en el conducto radicular es en forma de gaseosa y acuosa, estas formas de aplicación del ozono se utilizan hoy en día como irrigante y limpieza para los conductos radiculares o como complemento de sustancia irrigadora.

Una de las principales causas de fracaso endodóntico es la persistencia, multiplicación y migración de bacterias desde el interior de los conductos hacia los tejidos periapicales, investigaciones han permitido asociar a la especie *Actinomyces israelii* como una de las dos especies bacterianas que han sido aisladas con frecuencia en los tejidos periapicales, la segunda especie bacteriana más comúnmente aislada en los fracasos endodónticos es *Enterococcus faecalis*.

Es por ello que este trabajo bibliográfico presenta dos estudios experimentales, el primero muestra la reducción de *Enterococcus faecalis* con ozono gas comparando dos aparatos de ozono, aparato médico que genera ozono por medio de oxígeno puro y aparato odontológico que genera ozono con oxígeno ambiental.

El segundo estudio experimental muestra una reducción de *Actinomyces israelii* comparando el agua ozonizada con 3 sustancias irrigadoras suero fisiológico, hipoclorito de sodio 5,25% y Clorhexidina.



Objetivo general.

- Determinar la eficacia de la aplicación del ozono en el tratamiento de conductos radiculares.

Objetivo específico.

- Analizar si el agua ozonizada y gas ozonizado sirven como reductores de biopelículas maduras como *Enterococcus faecalis* y *Actinomyces Israelli*.
- Considerar sí el agua ozonizada sirve como complemento de sustancia irrigadora.
- Examinar que concentraciones de ozono son favorables para tener un efecto bactericida.
- Comparar cual aparato de ozono tiene mayor efectividad para ser bactericida; aparato odontológico que utiliza oxígeno del medio ambiente vs aparato medico utiliza oxígeno medicinal.



1. Capítulo I: Antecedentes histórico.

1.1 Antecedentes históricos generales.

La primera mención acerca del ozono fue hecha por el físico holandés Martin van Marum en 1785. Durante varios experimentos en los que descubrió que al pasar una chispa eléctrica a través del aire aparecía una sustancia gaseosa de color característico, que poseía fuertes propiedades oxidantes, pero no fue hasta mayo de 1840, cuando el químico alemán Cristian Friedrich Schonbein lo sintetiza.^{1,2}

El profesor Cristian Frederick Schönbein americano (Figura 1), descubrió por primera vez el ozono en 1840, para quien la pesca representaba una fuente central de alimento, notó una relación entre una captura exitosa y un fuerte olor generado por la acción de un rayo posterior a una tormenta eléctrica.³

En 1840 le da nombre a lo que hoy se llama ozono, el origen etimológico del nombre de ozono de la palabra griega ozein “oloroso” ya que este gas presenta un olor muy característico, único y punzante para nuestros receptores olfatorios.¹



Figura 1. Cristian Frederick Schönbein,
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Sch%C3%B6nbein.jpg>

Artificialmente se puede generar ozono usando la misma luz ultravioleta (UV), o por métodos eléctricos, la mayor parte de los generadores de ozono se fundamentan en el principio del generador de Werner Von Siemens (1857) el cual logró preparar ozono en ciertas cantidades⁴ con

ayuda del “moderno tubo de inducción magnética”, se construyó el primer aparato técnico de ozonización que fue empleado en una instalación para la purificación de agua potable (Figura 2). Desde entonces la ozonización permite obtener de modo industrial agua potable higiénicamente pura y apta para el consumo humano.¹

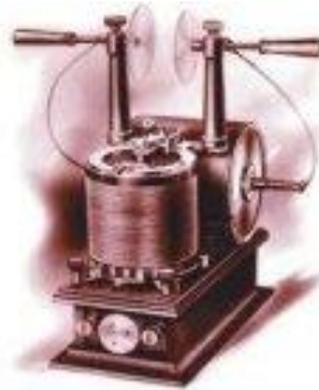


Figura 2. Generador de ozono propuesto por Werner Von Siemens.
https://www.ozono21.com/imagenes/actualidad/historia_generadores_ozono_alta_frecuencia_1320790839.jpg

En 1885 la sociedad médica de Florida (Estados Unidos) publica el libro “Ozono”, escrito por el Dr. Charles J. Kenworth, donde se daban detalles sobre el uso del ozono con fines terapéuticos.¹

En 1893 se instaló en Holanda un sistema de tratamiento de aguas con ozono y en septiembre de 1896 fue patentado por Nikola Tesla un sistema generador de ozono.

En 1900 formó la compañía Tesla Ozono que comenzó a vender máquinas generadoras de ozono y aceite de oliva ozonizado para uso médico.¹



Figura 3. Nicolas Tesla,
<https://trioximed.com.mx/wpcontent/uploads/2020/09/1900.jpg>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



En 1898 se fundó el Instituto para la sanación con ozonoterapia por Thauerkauf y Luth en Berlín, en ese año se comenzó a experimentar con la administración del ozono por medio de inyecciones en animales.

En 1902 se escribió un diccionario práctico de materia médica de Londres, en el diccionario John Henry Clarke describió el uso exitoso del agua ozonizada que llamo oxygenium en el tratamiento de anemia, cáncer, diabetes, influenza, envenenamiento de morfina, aftas y tosferina. En este mismo año el Dr. Charles Linder escribió un artículo que describirá el uso de inyecciones de ozono dentro de su práctica habitual.

En 1913 se crea la primera Sociedad Alemana de Ozonoterapia bajo la dirección del Dr. Eugene Blass con el nombre de Eastern Association for Oxygen Therapy. ¹

En la primera guerra mundial (1914-1918) el Dr. Albert Wolff en Berlín, fomenta el uso del ozono tópico para el tratamiento de heridas, pie de las trincheras, gangrena y úlceras de decúbito. ⁵

En 1929 se publicó el libro “Ozono and Its Therapeutic Action” en el que se enumeran 114 enfermedades y su tratamiento mediante la aplicación de ozono.

El primer odontólogo que utilizó el ozono fue Edward Fish en 1950, el ver la utilización de ozono e investigar sus usos y ventajas que generaba, trabajó con agua ozonizada desde antes de 1932, cuando trató la pulpitis gangrenosa por medio de la infiltración de gas, el paciente al que trató con gas fue el Dr. Edwin Payr (1871-1946) y empezó a utilizar su aplicación en cirugía general.¹ En 1935 el Dr. Edwin Payr publicó un artículo de 290 páginas titulado “Tratamiento con ozono en cirugía” presentándolo al 59º Congreso de la Sociedad Quirúrgica Alemana.⁶

En 1933 la Asociación Médica Americana (AMA) dirigida entonces por el Dr. Simmons, pidió al Gobierno de los Estados Unidos para que se prohibieran todas las terapias que no fueran medicamentos autorizados y debidamente registrados.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



En 1950 Joachim Hänsler fabrica el primer generador de ozono médico con posibilidades de dosificar y graduar las concentraciones de la mezcla, y gracias a las experiencias y estudios de Haensler, que estableció las dosificaciones y concentraciones de ozono para su empleo en medicina. En 1953 el Dr. Hans Wolff creó la primera escuela de ozonoterapia formando a muchos médicos.

En 1986 el primer centro de Investigación de Ozono del mundo fue fundado en Cuba.

En 2002 aparece el libro “Terapia de Oxígeno-Ozono: Una evaluación crítica” del profesor de la Universidad de Siena Italia Velio Bocci, que constituye un libro de referencia para la práctica de la ozonoterapia, consta de 444 páginas.

En 2007 Rusia se convirtió en el primer país del mundo en regularizar la ozonoterapia, que fue normalizada por el Servicio Federal de Control en Área de Salud Pública y Desarrollo Social (Figura 4).⁷



Figura 4. Rusia como primer país en regularizar la ozonoterapia, <https://trioximed.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/2007.jpg>

En 2008 se publicaron gran variedad de libros de ozonoterapia, entre los que se encuentran el del ruso Oleg Maslennikov et al. “Ozone Therapy in Practice: Health Manual. Ministry of Health Service of the Russian Federation”; el de la cubana Silvia Menéndez et al. “Ozono Aspectos Básicos y Aplicaciones Clínicas”; y el del alemán Z. Fahmy, “The Application of Ozone Therapy in Pain Management, Rheumatic and Orthopaedic Diseases”.

En el 2011 se publica la obra más completa escrita en español, el libro “Guía para el uso médico del ozono: fundamentos terapéuticos e



indicaciones” de Adriana Schwartz et al. publicado por la Asociación Española de Profesionales Médicos en Ozonoterapia, AEPRIMO.

En 2010, se aprobó la «Declaración de Madrid sobre la Ozonoterapia» en el encuentro Internacional de Escuelas de Ozonoterapia.

Hasta marzo de 2013, 28 Asociaciones Nacionales y Federaciones Internacionales de la Ozonoterapia de África, América, Asia y Europa se han adherido y han firmado esta declaración.⁷

1.2 Antecedentes históricos en odontología.

Oizumi et al., 2002 realizaron un experimento en que se analizaba el uso de limpiador de 10 ppm de concentración sobre *Staphylococcus aureus* meticilin-resistente y fago T1, sobre una prótesis, se determinó la eficacia bactericida.⁸

Nagayoshi et al., 2004 analizaron la efectividad del agua ozonizada sobre microorganismos en la flora oral, encontrando efectividad sobre grampositivos como frente a los gramnegativos, comprobando mayor eficacia en un tiempo de exposición mayor.⁹

Arita et al., 2005 examinaron la eficacia del agua ozonizada durante 1 minuto sobre prótesis dentales acrílicas contaminada de *Cándida albicans*, resultando total erradicación de células viables.¹⁰

Hems et al., 2005 trabajaron con *Enterococcus faecalis* en forma planctónica como organizados en biopelículas, para evaluar el potencial bacteriano, el ozono en solución era eficaz frente a estas células.¹¹

Estrela et al., 2006 realizaron la evaluación del potencial antimicrobiano del ozono sobre *Staphylococcus aureus*, cuando era aplicado a tres soluciones diferentes (agua destilada estéril, vinagre y agua destilada estéril + Endozime AWpluz) utilizadas en un sistema de limpieza por ultrasonidos, en todos los casos se encontró una fuerte actividad antibacteriana.¹²

Polydorou et al., 2006 estudiaron la posible actividad bactericida del ozono sobre modelos in vitro o de cavidades infectadas con *Streptococcus mutans*



a distintos tiempos de aplicación, obtienen que la exposición más prolongada al ozono presentaba un mayor efecto bactericida.¹³

Zan et al.,2013 se analizó ozono acuoso contra *Enterococos faecalis* en conductos radiculares los resultados mostraron que cuando se aplicó ozono acuoso con el objetivo de desinfectar los conductos radiculares, presentó un mayor efecto antibacteriano que los láseres KTP. ¹⁴

Noites et al.,2014 comprobó la acción antimicrobiana sinérgica de la clorhexidina y el ozono en el tratamiento de endodoncia a la asociación de clorhexidina al 2% seguida de ozono gaseoso durante 24 segundos promovió la eliminación completa de *Candida albicans* y *Fecaelis*.¹⁵

Ajeti et al.,2018 se analizó el efecto del ozono gaseoso en el conducto radicular infectado, cuando se combinó ozono gaseoso con irrigantes 0,9%, NaOCl, 2,5 % y CHX 2 %, se concluyó que se redujo el número de colonias de bacterias aerobias y anaerobias.¹⁶

Makeeva et al.,2020 realizaron tratamiento de una lesión Endo-Perio con gas ozono en un paciente con periodontitis agresiva, las radiografías en una cita de seguimiento a los 6 meses mostraron una curación completa de la lesión periapical y del hueso alveolar lateral a la raíz.¹⁷

2.Capitulo II: Ozono.

2.1 Definición del ozono.

El ozono es un gas con 3 átomos de oxígeno O_3 es un compuesto natural, se encuentra en la troposfera 10% y en la estratosfera 90% en forma de gas, este es creado y destruido en O_2 molecular. Es la forma fundamental del oxígeno que se produce de forma natural como resultado de la energía ultravioleta o de un rayo, lo que provoca una combinación temporal de átomos de oxígeno en grupo de tres.

Es controvertido el gas ya que, aunque es útil en la estratosfera al absorber la peligrosa radiación B y ultravioleta, es tóxico para el tracto pulmonar en

la troposfera por esta razón las mucosas respiratorias son extremadamente sensibles al ozono, este nunca debe ser inhalado.

En el entorno clínico un generador de ozono simula un rayo a través de una descarga eléctrica, el generador medico de ozono lo produce a partir de oxígeno puro que pasa a través un gradiente de alto voltaje (5-13 mega voltios) de acuerdo a la reacción (Figura 5).¹⁸⁻²⁰

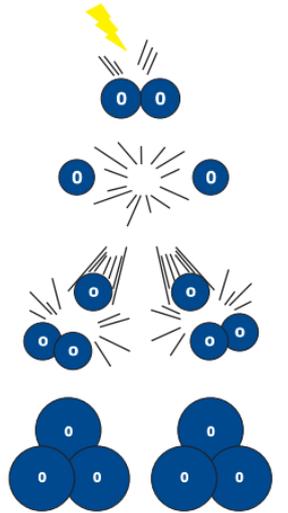


Figura 5. El oxígeno por medio de una descarga eléctrica, se rompen los enlaces de las moléculas para dejar dos átomos de oxígeno libre que buscan asociarse, se une a una molécula de O_2 que no haya sido dividida formando ozono O_3 . https://ozonosolutions.es/wpcontent/uploads/2020/05/COMPOSICION_OZON_O.jpg

En consecuencia, siempre recogemos una mezcla de gases compuesta por no menos del 95% de oxígeno y no más de 5% de ozono, este es un gas inestable se puede almacenar y que se debe utilizar de inmediato, tiene una vida media de 40 min a $20^{\circ}C$.²⁰

En condiciones normales de presión y temperatura, el ozono es inestable, dicha inestabilidad aumenta con la temperatura y la humedad, llegando a ser total por encima de los $200^{\circ}C$. Por el contrario, su mayor grado de estabilidad lo alcanza a los $-50^{\circ}C$.

Dentro de las características químicas del ozono, se destacan:

- Después del flúor, es el compuesto más oxidante, debido a su facilidad para captar electrones.
- Es de fácil descomposición.



- Presenta estructura molecular típicamente angular entre los tres átomos de oxígeno que componen su molécula.
- En igualdad de condiciones, es más estable en el agua que en el aire.²¹

Hoy por hoy el ozono es conocido como el desinfectante más poderoso de la naturaleza que puede producirse industrialmente, sus aplicaciones van desde la desinfección de agua potable, instrumentos quirúrgicos, heridas entre otros, pero las aplicaciones médicas del ozono trascienden sus efectos oxidantes directos sobre diversos gérmenes.

2.2 Propiedades del ozono.

2.2.1 Propiedades oxidativas.

El ozono es una de las moléculas con mayor potencia oxidante, es capaz de reaccionar con una gran variedad de compuestos, oxidar es modificar la estructura de un material ya sea orgánico e inorgánico (Menéndez et al., 2008). La acción oxidante es ser germicida, bactericida, fungicida y viricida, la oxidación es el proceso a través del cual un átomo o grupo de átomos, pierde uno o más electrones (se oxida) y los cede a otro (el cual se considera reducido).²²

El ozono es uno de los oxidantes más poderosos que se conoce y es por ello que posee una fuerte capacidad de desinfección, la alta reactividad química del ozono está relacionada con el hecho que posee una configuración electrónica estable que le impulsa a buscar electrones de otras moléculas. Durante su reacción con otras moléculas, el ozono se destruye, los procesos finales de esta oxidación de moléculas orgánicas con el ozono son el dióxido de carbono.

A diferencia de otros agentes biocidas como el cloro, el tiempo necesario para realizar la desinfección es mínimo, por ello, es muy eficaz en la destrucción de microorganismo que el cloro (Tabla 1).²¹



Agente oxidante	Potencial de oxidación	Poder reactivo de oxidación
Flúor	3,06	2,25
Radical hidroxilo	2,80	2,05
Ozono	2,07	1,52
Peróxido de hidrogeno	1,77	1,30
Acido hipocloroso	1,49	1,10
Cloro	1,38	1,00

Tabla 1. Agentes oxidantes de mayor a menor grado que existen. Augusto Gonçalves A. El ozono como agente antiséptico en la industria pesquera. Brasil; 2007

2.2.2 Propiedades germicidas.

Las primeras aplicaciones del ozono en el campo de la medicina estuvieron encaminadas a la desinfección de heridas e instrumental quirúrgico, aprovechando sus propiedades altamente oxidantes.

En 1915 Albert Wolf explota las propiedades germicidas del ozono en el campo de la medicina, las aplicaciones iniciales estuvieron dirigidas al tratamiento local de heridas infectadas. Posteriormente, tras el descubrimiento de los materiales plásticos resistentes a la reacción con el ozono, se hizo posible el tratamiento local de extremidades sépticas con ozono gaseoso, introduciéndolas en bolsas plásticas de fácil producción y adquisición.

La acción germicida (bactericida, virucida y fungicida) de amplio espectro del ozono permite que la ozonoterapia sea un valioso tratamiento para la limpieza y desinfección de heridas infectadas y otros procesos sépticos locales.



2.2.3 Propiedades bactericidas.

El ozono al entrar en contacto con las bacterias genera una ruptura de la membrana celular, este proceso se le conoce como destrucción de células por lisina, generando una dispersión del citoplasma celular, los lípidos insaturados son los componentes mayoritarios de la membrana citoplasmática que posee las bacterias, el ozono ataca a los enlaces olefínicos que son grupos de compuestos de hidrocarburos que tienen uno o más enlaces dobles o triples entre los átomos de carbono en la cadena lineal, esta acción comienza la destrucción de la capacidad celular de funcionar.

El ozono tiene alto potencial de oxidante, ejerce su propia acción de desinfección atacando enzimas, grupos sulfhidrilos o aldehídos, liberando compuestos peróxidos que tienen un poder alto de desinfección, todo eso conduce a la dispersión del citoplasma y por consiguiente a la muerte celular.²³

Según los datos de investigaciones microbiológicas, el ozono es capaz de matar a todos los tipos conocidos de bacterias grampositivas y gramnegativas, incluyendo la *Pseudomona aeruginosa* y la *Eschericea coli*; ambas bacterias son resistentes a los antibióticos. Los efectos desinfectantes locales, antiviral y antibacterianos del ozono, por tanto, se deben a su capacidad germicida, básicamente a su alta capacidad oxidante sobre las paredes bacterianas. Este hecho lo convierte en un germicida general de amplio espectro ante el cual no actúan los mecanismos clásicos de resistencia microbiana.

El efecto bactericida del ozono en la flora grampositiva de heridas supurantes y de úlceras tróficas, se hace más efectivo cuando se constata cada vez más una alta resistencia de los microbios ante los antibióticos habituales.⁶



2.2.4 Propiedades virucidas.

Los virus son pequeñas partículas, a diferencia de las bacterias, los virus siempre son nocivos y provocan enfermedades a todo organismo al que atacan. Enfermedades tan comunes como la gripe, el catarro, el sarampión, la viruela, varicela, rubéola, poliomielitis y otras muchas son debidas a virus. El ozono actúa sobre ellas oxidando las proteínas de su envoltura y modificando su estructura tridimensional, generando la ruptura de la cápside al ocurrir esto, el virus no puede anclarse a ninguna célula próxima por no reconocer su punto de anclaje y al encontrarse el virus desprotegido y sin poder reproducirse, muere. El ozono afecta a los virus a concentraciones muy pequeñas, existiendo gran diferencia con las bacterias; esto es debido a la complejidad de la envoltura vírica que es inferior a la de la bacteriana.¹

2.2.5 Propiedades fúngicas.

El ozono ejerce su acción oxidable sobre los que contiene enlaces dobles, procede a disminución del crecimiento del hongo, el fin del efecto del ozono es agredir la membrana de los fosfolípidos, las enzimas intracelulares y los materiales genómicos, estas obstrucciones provocan daño celular y la muerte de los microorganismos. La pared de los hongos es de varias capas y su composición es 80% carbohidratos y 20% proteínas y glicerinas, la presencia de los enlaces hace posible la oxidación por ozono. El ozono tiene la capacidad de difundirse a través de la pared fúngica, entrando en el citoplasma y alterando las funciones del hongo.

El ozono tiene propiedades esterilizantes y reduce la contaminación de esporas de hongos y toxinas, sin embargo, si la mayor carga microbiana se encuentra en la superficie, el ozono tiene un importante efecto esterilizante.²⁴



2.2.6 Propiedades terapéuticas y mecanismos de acción del ozono médico.

Las formas de aplicación del ozono médico son básicamente tres: tópico, infiltrativo y sistémica. Las aplicaciones tópicas actúan como germicida del ozono y su efecto positivo en los procesos de cicatrización, se aplica directamente.

Cuando infiltramos ozono, estamos infiltrando un gas altamente oxidante, con una buena capacidad de difusión tisular, que va a reaccionar con los fluidos intersticiales produciendo peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y radical hidroxilo ($OH\cdot$), además de otras especies reactivas de oxígeno (ROS), como respuesta, en el medio habrá un aumento de los sistemas antioxidantes, tales como la superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa (GSH-Px) y la catalasa (CAT).²⁵

Estos antioxidantes nos ayudan para mejorar la salud en general o del sitio de la infiltración, formando complejos que mitigan las reacciones productoras de radicales libres y por consiguiente desempeñando una función fundamental en la prevención de las enfermedades derivadas del estrés oxidativo.²² El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) ayuda a la proliferación de fibroblastos y condrocitos, favoreciendo la regeneración cartilaginosa.

El ozono tiene la propiedad de ser antiinflamatorio, analgésico y anti edema de las infiltraciones se realiza por la oxidación, inhibirá la señal dolorosa y activará el sistema antinociceptivo, estas propiedades favorecerán un efecto relajante muscular, así como la mejora de la movilidad de la zona tratada. Los efectos de ozono inhibirán la acción de prostaglandinas proinflamatorias, la serotonina, la bradiquinina o la sustancia P, justificando así su efecto analgésico, antiinflamatorio y remielinizante. La acción antiinflamatoria de ozono también se potenciará por la inhibición de las citocinas proinflamatorias (IL 1, IL 6, IL 2, IL 12, IL 15 y TNF α) y de la fosfolipasa A2 y por la acción estimulante de las citoquinas inmunosupresoras, tales como IL10 y el TNF β 1 de efecto antiinflamatorio y reparador tisular, el ozono aumenta la microcirculación

local, reduce las estasis venosas produciendo un efecto analgésico.

El ozono infiltrado a nivel subcutáneo interaccionaría con los mediadores y/o receptores periférica del dolor, que serían oxidados.

La infiltración subcutánea del ozono producirá cambios periféricos que inducirían neuro plasticidad central, en cuanto al núcleo pulposo del disco intervertebral, se han descrito que el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y el radical hidroxilo ($HO\cdot$) y las ROS reaccionarán con los aminoácidos e hidratos de carbono de los proteoglicanos y colágeno I y II que conformarán la matriz, dando lugar a un proceso de momificación que encogería el disco disminuyendo la compresión (Figura 6).²⁵



Figura 6. Infiltración de ozono vertebral, posee tiene la propiedad de ser antiinflamatorio y analgésico.

<https://meddi.mx/wpcontent/uploads/2018/11/meddi-ozonoterapia-blog-min-1-e1597358476778.png>

Dosificaciones infiltrativas intramuscular, intraarticular, intradérmica. Autores acoplan la cantidad de ozono gas a la extensión del terreno a infiltrar o a la cavidad articular de la que se infiltrará, generalmente las cantidades de gas oscilan entre los 5ml y los 15 ml, a unas concentraciones de ozono que varían entre los 4 $\mu\text{g/ml}$ y los 30 $\mu\text{g/ml}$.

El número de sesiones de infiltración suele ser de 10 o 12 por lo general cuando se trata de procesos inflamatorios crónicos del aparato locomotor, aunque en general la sesión se suele ajustar a la evolución concreta de



cada caso. El ozono sistémico estaría indicado como coadyuvante en el tratamiento de las enfermedades que cursan con alteraciones del balance redox celular o de oxigenación tisular.

El ozono sistémico ayudaría al paciente con dolor crónico ya que estudios han demostrado que el papel de las especies reactivas de oxígeno (ROS) en la hiperalgesia, activa la vía de los receptores N-metil-D-aspartato que sirven para los procesos de aprendizaje y memoria, el desarrollo y la plasticidad neural, así como los estados de dolor agudo y crónico.²⁵

El ozono produce un efecto mayor a la capacidad de los eritrocitos para ceder oxígeno, lo que supone, una mejoría en la capacidad celular para autorepararse.²⁷

Efecto sobre el sistema inmune celular y humoral: reacciona con el sistema inmune mediante la activación de los macrófagos y la liberación de citoquinas, lo que hace que el sistema inmune sea útil en la inmunodepresión.

Efecto de la microcirculación: El ozono produce la secreción de óxido nítrico, agente vasodilatador, previene la formación de coágulos e incrementa el área de contacto de los glóbulos rojos para transportar oxígeno. Además, activa procesos aerobios, como la glucólisis o el ciclo de Krebs.²⁸

3.Capitulo III: Aplicaciones del ozono.

3.1 Aplicaciones de ozono en medicina.

El uso terapéutico del ozono se denomina ozonoterapia, esta presenta múltiples aplicaciones médico-quirúrgico, todas ellas relacionadas con la capacidad germicida del ozono, procesos isquémicos y con las descomposiciones balance redox-celular.²⁹ Es posible la aplicación de la ozonoterapia en distintas especialidades como son: Dermatología y Estética, Ginecología, Neurología, Geriátrica, Cardiología, Traumatología,



Oftalmología, Odontología, Angiología, Urología, Pediatría y Medicina interna (Tabla 2), se puede administrar de manera local, sistémica o rectal. Además, se puede aplicar el ozono mediante vaporizaciones, aceites y fangos termales, el ozono es un poderoso agente oxidante. Sin embargo, en predeterminadas condiciones y concentraciones es aplicado en enfermedades que cursan con un déficit en las defensas antioxidantes con el objetivo de estimularlas, el estrés oxidativo está presente en diversos procesos como la inflamación, enfermedades degenerativas, deficiencias inmunitarias, enfermedades autoinmunes, etc.³⁰

Las formas de aplicación del ozono médico son básicamente tres: tópico, infiltrativo y sistémico. Las aplicaciones tópicas actúan como germicida y su efecto positivo en los procesos de cicatrización, se aplica directamente. El ozono infiltrativo o concentraciones de entre 4-30 $\mu\text{g/ml}$ se utiliza para tratar afecciones del aparato locomotor, tales como artritis, tendinitis, miositis, fascitis o dolores miofasciales.

El ozono en forma infiltrativa sirve para tratar patología músculo-articular, puede ser una patología de rodilla, hombro, columna y tobillo.

La ozonoterapia sistémica consiste en administración mediante dos vías: La autohemoterapia y la insuflación rectal. La autohemoterapia puede ser “Mayor” o “Menor”. La hemoterapia mayor consiste en la extracción de una cantidad determinada de sangre, esta sangre tiene contacto con el gas, con el que reaccionar hasta la dilución del mismo, tras unos minutos la sangre se regresa a la vena.

En la hemoterapia menor la mezcla tiene lugar en una jeringa y la sangre ozonizada se inyecta por vía intramuscular. Mediante la insuflación rectal, la mezcla de gases es amplia y rápidamente absorbida a través de la mucosa intestinal; esta técnica resulta fácil de aplicar, barata, muy segura y cómoda.

En esta tabla de muestra las distintas especialidades que utilizan la aplicación de ozonoterapia.



Especialidad	Patología
Dermatología	Herpes zoster simple, acné eczema, lipodistrofia, micosis, psoriasis, dermatitis
Medicina Interna	Hepatitis, diabetes, aterosclerosis, hipertensión arterial, artrosis, asma, bronquitis crónica, gastritis, ulcera gástrica
Nefrología / Diálisis	Adyuvante en el tratamiento de patología isquémico -metabólicas.
Neurología	Migraña, depresión, trastornos neurovasculares
Odontología	Tratamiento de caries, desinfección de cavidades durante la cirugía y post operatoria. periodontitis, aftas
Reumatología Ortopedia	Hernia discal, reumatismo articular, lumbalgias, artrosis, artropatías, periartritis, artritis reumatoide
Angiología	Insuficiencia venosa, ulcera del diabético, artropatías, coronariopatías, gangrena, ulcera posflebítica,
Ginecología	Infecciones bacterianas, por protozoos o micosis, inflamación pélvica crónica.
Inmunología	Inmunomodulador, trastornos autoinmunes, adyuvante en los tratamientos con radiaciones y en las inmunodeficiencias

Tabla 2. Principales aplicaciones de la ozonoterapia en distintas especialidades. Scwhartz A. La ozonoterapia y su fundamentación científica. Revista Española de Ozonoterapia. 2012; 2, p. 163–98.



3.2 Aplicaciones de ozono en odontología.

La ozonoterapia se ha encontrado con varias aplicaciones en odontología:

Aceleración de la curación.

Se realizaron exámenes planimétricos, inmunohistoquímicos y morfológicos de las heridas de la mucosa oral en un experimento en la Universidad de Basilea, Suiza. Los pacientes aplicaron agua ozonizada, sus heridas mostraron una aceleración de la cicatrización y un cierre más temprano de la herida de los pacientes. Esto puede deberse al hecho de que el factor de crecimiento transformante $\beta 1$ se produce en mayores cantidades en la presencia de ozono.

Manejo de Caries Dental.

Streptococcus mutans y *Streptococcus sobrinus* son odontopatógenos causantes de la caries dental. La colonización por *Streptococcus mutans* puede causar una caries inevitable si crece dentro de las fisuras profundas de los dientes, mientras que *Streptococcus sobrinus* causa caries en la superficie lisa. Sin embargo, cuando sometieron a estas bacterias con un generador de ozono, hubo una reducción significativa en muestras tratadas. Una forma de controlar la caries dental es mediante el uso de ozono, este se puede utilizar en una rutina de cuidado preventivo para la caries. La rutina incluye la aplicación de ozono durante 40 segundos.

Liquen Plano.

El liquen plano es una afección inflamatoria que afecta las membranas mucosas de la boca, puede causar manchas blancas como encaje o lesiones hinchadas rojas, se ha demostrado que la aplicación de ozono gaseoso es eficaz para aumentar la cicatrización de heridas después de una dosis alta de radioterapia.

Gingivitis y periodontitis, cirugía-postoperatorio.

La gingivitis y periodontitis son enfermedades inflamatorias comunes de la encía, puede causar sensibilidad, sangrado y hasta pérdida de dientes debido a una infección. Durante la cirugía para extraer los dientes con movilidad, se puede utilizar agua ozonizada como irrigante. Se puede aplicar una capa delgada de aceite ozonizado a las suturas tres o cuatro veces al día para disminuir las posibilidades de infección. Si el paciente tiene periimplantitis, se puede administrar ozono gaseoso o acuoso como irrigantes durante el desbridamiento y legrado (Figura 7). Para los injertos gingivales, los grupos tratados con ozono tuvieron una mejor calidad de vida debido a la disminución del dolor postoperatorio.



Figura 7. Ozono gas, sonda n°6 para el tratamiento de estomatitis en superficies, del aparato DTA.

<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQVWYyc1cTILRFloPGL9fK8s6phcUFSNzVveg&usqp=CAU>

Halitosis

La halitosis es el mal aliento crónico, las bacterias que forman compuestos de azufre volátiles como el sulfuro de hidrógeno y el metilmercaptano son las principales causas del mal olor bucal. Las infecciones de la boca, la nariz o la garganta que conducen al goteo posnasal también pueden causar mal aliento. La halitosis también puede estar relacionada con el reflujo gástrico, la diabetes y las enfermedades renales o hepáticas. El ozono



puede matar las bacterias, hongos y virus dentro de la boca y disminuir la halitosis.

Osteonecrosis de la mandíbula.

La osteonecrosis de la mandíbula es un efecto secundario que experimentan los pacientes que están en tratamiento contra el cáncer, bisfosfonatos y prolia® (denosumab) es un medicamento autorizado para el tratamiento de la osteoporosis en mujeres posmenopáusicas y en varones con riesgo elevado de fracturas; para el tratamiento de la pérdida ósea, así como después de un trauma como una extracción dental o una cirugía dental, se caracteriza por una pérdida de suministro de sangre al hueso, lo que hace que el hueso se rompa y puede causar hueso alveolar expuesto, la administración de ozono demostró ser un método eficaz para tratar la osteonecrosis de la mandíbula después de la cirugía, especialmente en pacientes que tenían una lesión mayor de 2,5 cm.

Eliminación de placa o biofilm.

Una biopelícula es una agregación compleja de microorganismos en una superficie sólida como un diente, las bacterias que crecen en biopelículas se multiplican y se incrustan en una matriz polimérica en canales que contienen nutrientes y agua, la placa dental es un ejemplo de biopelícula organizada. En un estudio realizado en 2004, la placa dental se expuso a agua ozonizada. Después, los resultados mostraron que el número de *Streptococcus mutans* viables disminuyó y el ozono inhibió la acumulación de placa dental.

Trastornos de la articulación temporomandibular.

La articulación temporomandibular es una bisagra que conecta la mandíbula con el hueso temporal del cráneo. En ciertos casos, los pacientes tienen disfunción de la articulación temporomandibular, donde puede haber dolor o disfunción de los músculos de la masticación y las articulaciones. Los estudios demostraron que la inyección de gas de ozono



intraarticular puede tratar el trastorno interno de la articulación temporomandibular.

Terapia de conducto radicular.

Un estudio realizado por la Universidad de Zagreb mostró que hay una disminución significativa de *Streptococcus mitis* y *Propionibacterium acnes* después del tratamiento con ozono. Esta terapia funciona mejor cuando queda la menor cantidad de desechos orgánicos y se puede utilizar agua ozonizada o gas de ozono. Este método es eficaz porque el oxígeno tiene un efecto tóxico sobre las bacterias microaerófilas y anaeróbicas.³¹

3.3 Vías de administración.

La administración de la terapia con ozono es variable según los objetivos del tratamiento y la ubicación de la terapia.

- Autohemoterapia mayor: La mayor que consiste en la extracción de aproximadamente 200 ml de sangre de un paciente, agregándole el ozono a la bolsa que contiene heparina como anticoagulante para evitar la coagulación de la sangre, se mezcla con cierta concentración con ozono dependiendo la patología y se regresa inmediatamente en la vena.³
- Autohemoterapia menor: Se extraen 10 cc de la sangre del paciente, se mezclan con 10 cc de ozono y se inyectan por vía intramuscular.
- Insuflación rectal: Se insufla el ozono médico por vía rectal con una sonda adecuada.
- Insuflación vaginal: Se insufla el ozono médico por vía vaginal con una sonda adecuada



- Local o externa: Se aísla la zona con un accesorio plástico o bolsa, se extrae el aire restante y se inyecta en ella una atmósfera de ozono médico.
- Inyección intradérmica: Se toma el ozono en una jeringa y se inyecta intradérmicamente con una aguja de 30GX1/2 (0,3mm x13 mm) distribuyéndolo en la zona deseada, en porciones de 1-2 cc por punto.
- Inyección intramuscular: Se toma el ozono en una jeringa (20 cc) y se inyecta muy lentamente en el músculo, con aguja intramuscular de 3–4 cm. Puede hacerse, inclusive, en los músculos paravertebrales.
- Inyección intraarticular: Se toma el ozono en una jeringa (10–20 cc) y se inyecta muy lentamente en la cápsula articular, con aguja de 4 cm.
- Inyección periarticular: Se toma el ozono en una jeringa (10–20 cc) y se inyecta intradérmicamente con una aguja de mesoterapia, se distribuye en la zona periarticular.
- Inyección intradiscal: Debe realizarse en quirófano se emplea una aguja especial que permite penetrar el disco desde un abordaje percutáneo y se inyecta parte del ozono (30–40 cc), después de lo cual se retira hasta nivel del foramen, donde se inyecta el resto del ozono (10–20 cc).³²
- El aceite ozonizado: Existen aceites de diferentes concentraciones dependiendo la patología a tratar.
- Ozono gaseoso: Hay máquinas que pueden generar gas ozono a través de un sistema abierto o un sistema de succión sellado.³¹
- Agua ozonizada: La preparación del agua ozonizada se hace haciendo pasar el ozono por un burbujeador de vidrio aglomerado y burbujear el agua por al menos 5-10 min, la concentración dependerá de la patología que se requiera tratar.³³



3.4 Contraindicaciones.

- Deficiencia de Glucosa-6-Fosfato-Dehidrogenasa (Favismo, anemia hemolítica aguda) estas personas no deben recibir este tratamiento, puesto que pudiera ocurrir una oxidación de los hematíes causando hemólisis.
- Hipertiroidismo tóxico (Estado de Enfermedad de Basedow).
- Trombocitopenia con menos de 150.000 con serias alteraciones de la coagulación.
- Inestabilidad cardiovascular severa.
- Intoxicación alcohólica aguda.
- Infarto del miocardio agudo.
- Durante una crisis convulsiva
- Hemocromatosis.
- Pacientes que están recibiendo tratamiento con hierro y cobre.³³

La inhalación prolongada de ozono puede ser perjudicial para los pulmones y otros órganos, pero las dosis bien calibradas se pueden usar terapéuticamente en varias condiciones sin toxicidad ni efectos secundarios.²⁰

La Cooperación Europea de Sociedades Médicas de Ozono advierte que no se deben practicar inyecciones intravenosas directas de gas ozono debido al posible riesgo de embolia gaseosa.⁶

3.5 Complicaciones y efectos adversos asociados a las intervenciones con ozono.

La mayoría de los efectos secundarios reportados podrían estar relacionados con mala praxis, técnica de administración, vía de administración, la concentración de ozono administrado, etc.³³



El efecto adverso más comúnmente descrito en inhalar el ozono es la cefalea transitoria.

Se puede clasificar en 5 grados las complicaciones:

- Grado 1 leve: Asintomáticos o síntomas leves: Algunos pacientes informaron de una breve y transitoria sensación de calor local y dolor leve durante la inyección de ozono, hematoma en el sitio de la infiltración de ozono.
- Grado 2 Moderado intervención local mínimamente invasiva o no: que limita las actividades autónomas de la vida diaria: Reducción de sensibilidad en la zona infiltrada, irritación y dolor que se resuelve espontáneamente.
- Grado 3 Medicamente significativa, grave, pero no atenta de forma inmediata a la vida: Irritación meníngea, ictus.
- Grado 4: Consecuencias peligrosas para la vida: indicación de una intervención urgente, se informó un caso de embolia gaseosa en el plexo venoso repi-ganglionar que involucra la arteria vertebro basilar que se manifiesta clínicamente como dolor local durante varios minutos que desaparecen en unos cuantos días.
- Grado 5: Embolia gaseosa después de la administración de ozono por inyección intravenosa directa.³³

3.6 Dosis del ozono.

La dosis total de ozono es equivalente al volumen de gas (ml) multiplicado por la concentración de ozono ($\mu\text{g/ml}$) (dosis =Volumen X concentración). La dosis no está dada por kg de peso corporal. Pero si por la respuesta dependiendo de la dosis y la concentración se puede expresar bien en $\mu\text{g/mL}$ o como mg/NL de ozono.³³

- Dosis bajas: Estas dosis tiene un efecto inmunomodulador y se utilizan en enfermedades en las que existe la sospecha que el



sistema inmunológico está muy comprometida. Por ejemplo, en el cáncer, en ancianos y pacientes debilitados.

- Dosis medias: Son inmunomoduladores y estimulan el sistema enzimático antioxidante de defensa. Estas son más útiles en enfermedades degenerativas crónicas tales como la diabetes, la aterosclerosis, la EPOC, síndrome de parkinson, alzheimer y demencia senil.
- Dosis altas: Tienen un efecto inhibitor sobre los mecanismos que se producen en enfermedades autoinmunes como la artritis reumatoide y el lupus. Se emplean en úlceras o heridas infectadas externamente y son también utilizadas para preparar aceite y agua ozonizada.³³

3.7 Agua ozonizada.

El agua ozonizada también se encuentra en un gran campo de aplicación en odontología, con el uso del agua ozonizada durante las intervenciones estomatológicas se logra un alto grado de asepsia que repercute en una mejor recuperación de los pacientes.¹

La preparación del agua ozonizada se hace haciendo pasar el ozono por un burbujeador de vidrio aglomerado y burbujear el agua por al menos entre 5-10 minutos hasta lograr su concentración deseada. Varios de los equipos modernos para uso clínico incluyen los aditamentos necesarios para producir el agua ozonizada como piedras difusas con una manguera de silicón.

La estabilidad del ozono en solución acuosa es baja, aproximadamente de 5 a 6 min después de obtenida el agua ozonizada la concentración de ozono desciende en un 25 % con respecto a la concentración inicial.

La concentración final de ozono corresponde solo a $\frac{1}{4}$, significa que al terminar el tiempo el agua tendrá la concentración del 25% de la concentración inicial.³³



Cuando se requiere un agua ozonizada de una concentración elevada para fines médicos, se debe partir de una concentración de ozono de 80 µg/ml que rendirá una concentración aproximada de 20 µg/ml ya que su concentración final corresponde a $\frac{1}{4}$ de la inicial (Tabla 3). Esta solución es útil para el tratamiento y desinfección de heridas infectadas, para eliminar el exudado, áreas necróticas y eliminar gérmenes en general, ejemplo de patologías y concentraciones utilizadas (Tabla 4 y 5}. Una vez que las heridas comienzan a evolucionar se recomienda el uso de una concentración más baja, o sea partir de ozonizar el agua con una concentración de ozono de 20 µg/ml para tener una concentración final de 5 µg/ml.

La preparación de agua bidestilada ozonizada una vez obtenida debe ser mantenida a 5 °C que sería una temperatura ideal en un frasco de vidrio con tapa de vidrio o silicona, firmemente tapado. En estas condiciones la concentración de ozono se reduce a la mitad de la concentración inicial en unas 110 horas, sin embargo, si se deja a 20 °C el tiempo de vida media del ozono es de solo 9 horas.³³ Estos conocimientos tienen una repercusión práctica, e indican que para los propósitos de desinfección de heridas es aconsejado usar agua recién ozonizada y si se decide almacenarla o que el paciente la lleve a su casa, deben seguirse las recomendaciones de almacenamiento óptimas.

Tabla concentraciones terapéuticas en ozono.

Niveles	Alta	Media	Baja
O3 µg/ml inicial	100-80µg/ml	60-40µg/ml	20-10µg/ml
O3 µg/ml final	25-20µg/ml	15-10µg/ml	5-2.5 µg/ml

Tabla 3. Concentraciones terapéuticas utilizadas, alta, media, baja dependiendo la patología que se desea tratar. Schwartz A, Martínez Sánchez G, Sabah F. Declaración de Madrid sobre la ozonoterapia. 2nd ed. Madrid: ISCO3; 2015.

Ejemplo ulcera, heridas/ uso externo

O3 Concentración $\mu\text{g/ml}$	100 $\mu\text{g/ml}$
Volumen de agua bidestilada	500
Tiempo de burbujeo (min)	10
Final O3 $\mu\text{g/MI}$	25

Tabla 4. Se utiliza concentraciones altas en las úlceras ya que existe una infección bacteriana. Schwartz A, Martínez Sánchez G, Sabah F. Declaración de Madrid sobre la ozonoterapia. 2nd ed. Madrid: ISCO3; 2015.

Úlcera Gástrica/Ingestión

O3 Concentración $\mu\text{g/ml}$	10
Volumen de agua bidestilada	250
Tiempo de burbujeo (min)	5
Final O3 $\mu\text{g/MI}$	2.5

Tabla 5. Las dosis fisiológicas bajas terapéuticas pueden desempeñar un papel importante dentro de la célula a nivel molecular, se debe utilizar concentraciones bajas de ozono a la ingestión para no causar toxicidad. Schwartz A, Martínez Sánchez G, Sabah F. Declaración de Madrid sobre la ozonoterapia. 2nd ed. Madrid: ISCO3; 2015.

4.Capitulo IV: Aparatos de ozono: Médico y Odontológicos.

4.1 Aparato médico.

El aparato médico consta de una máquina de ozono más un tanque de oxígeno ya que este generará ozono por medio de oxígeno puro (Figura 8).



Figura 8. Generador de ozono con tanque de Oxígeno.
https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_645419-MPE44135522944_112020-V.webp



El ozono deber ser producido por un generador fiable y certificado, cumpliendo como cualquier dispositivo médico con las normas establecidas. El generador debe producir ozono exclusivamente de grado medicinal, al menos 99.5% de oxígeno puro, procedente de un contenedor debidamente certificado y de calidad médica.

El generador debe ser capaz de producir la mezcla de oxígeno-ozono terapéutico, es decir, una mezcla homogénea con un rango de concentración de ozono entre 1 g/Nm³ y 80 g/Nm³. No puede haber presentes otras sustancias que no sean O₂ y O₃ en la mezcla del gas producido. Para asegurar la exactitud de la concentración de ozono, la calibración de los generadores de ozono se debe regular una vez al año.³³

Protocolo:

- Conectar el equipo de ozonoterapia a una fuente de energía eléctrica.
- Presionar en el botón de encendido de color rojo.
- Abrir la llave de salida de la bala de oxígeno, inmediatamente el reloj de la válvula mostrará la cantidad de oxígeno presente.
- La válvula tiene un regulador de salida la cual siempre estará en 0 cuando no está en uso, el médico debe calibrar la cantidad de salida según la concentración necesitada y se mide así: 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 1.5, 2, posteriormente se debe mover el regulador del equipo que se encuentra a la derecha.
- Este se coloca en potencia 1, 2, 3, 4, o 5 rotándolo hacia el sentido de las manijas de reloj para calibrar la potencia en la cual se transformará el oxígeno en ozono, para finalizar se debe abrir el regulador que está a lado izquierdo en dirección al sentido contrario a las manecillas del reloj para, controlar la salida del ozono (Figura).³⁴



Figura 9. Generador de Ozono con tanque de oxígeno.
<https://ozonotab.weebly.com/uploads/1/2/8/3/12835757/348997519.jpg>

4.2 Aparatos odontológicos.

Equipo HealOzone

El diseño de cualquier equipo para uso en la cavidad bucal, debe estar libre de crear un peligro para el operador y lo que es más importante para el paciente que recibe el tratamiento, los equipos deben contar con la con la aprobación CE (Conformité Européene se traduce como Conformidad Europea) y MDA (Empresa que se encarga de recolectar la información para asistir a los fabricantes en la identificación y atención de causas de problemas del equipo) el HealOzone. es fabricado por Curo Zone Inc,- Canadá y comercializado por KaVo GmbH (Figura 10A).

El HealOzone es esencialmente un dispositivo autónomo para la fabricación de gas ozono, tiene una pieza de mano conectada a la unidad principal por medio de manguera, todas las conexiones son acoplamientos de liberación rápida y todas las piezas, excepto las copas, se pueden esterilizar en autoclave.

Esta es una pieza de mano que tiene una copa de goma de silicona en la punta de un solo uso que es fácil de quitar y reemplazar (Figura 10B).

La copa se coloca sobre el área de la caries que se va a tratar y cuando se opera el HealOzone crea una succión dentro de la copa (Figura 10C). El HealOzone puede ser programado por el usuario para administrar 10,20,30 o 40 segundos de ozono a una concentración fija de 2100 ppm de ozono. HealOzone está ubicado en una consulta con aire acondicionado, los filtros biológicos están diseñados para evitar que los fluidos orales suban a través

de la taza, desciendan por la manguera de conexión y entren en la unidad HealOzone.

La electrónica HealOzone cuenta el número de tratamientos administrados, a medida que este número alcanza un umbral, la unidad solicitará que un servicio sea realizado por un ingeniero de KaVo.

Este aparato tiene la característica que generará ozono por medio del ambiente y no por oxígeno puro como el aparato médico.³¹

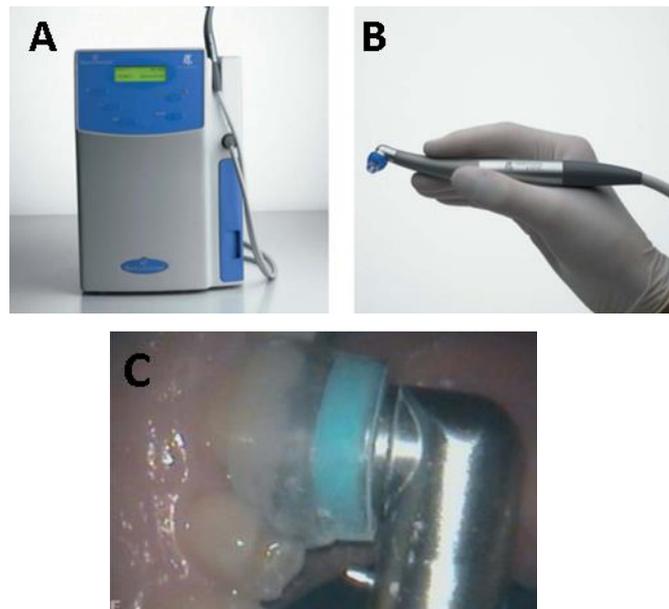


Figura 10A: Equipo HealOzone. Figura 10B: Pieza de mano, tiene una copa de goma de silicona en la punta de un solo uso. Figura 10C: HealOzone generando ozono gas sobre el diente. Steier L, Steier G. Ozone Application in Root Canal Disinfection. En: Ozone:the revolution in dentistry. London:Quitessence Publishing Co; 2004. pp. 329–339.

HealOzone -Endodoncia.

El prototipo de la aguja (Kavo) (Figura 11,12) para potenciar la aplicación de ozono en los conductos radiculares.



Figura 11. Pieza de mano HealOzone para conductos radiculares, se le coloca la punta. Steier L, Steier G. Ozone Application in Root Canal Disinfection. En: Ozone:the revolution in dentistry. London:Quitessence Publishing Co; 2004. pp. 329–339.

La punta se monta en la pieza de mano Healozone .



Figura 12. Pieza de mano Healozone para conductos radiculares, Punta de endodoncia y goma. Steier L, Steier G. Ozone Application in Root Canal Disinfection. En: Ozone:the revolution in dentistry. London:Quitessence Publishing Co; 2004. pp. 329–339.

Ozono DTA

El Ozono DTA es un aparato estudiado especialmente para en el ámbito odontológico, es fácil de usar, seguro, rápido y se suministra con unas series de sondas diferentes y adecuadas para todas las aplicaciones en odontología (Figura 13).³⁶



Figura 13. Aparato DTA creado para odontólogos. <https://www.sweden-martina.com/articms/admin/upParagrafilmages/20643/1491313621.png>

Campos de la aplicación

- Desinfección de las bolsas periodontales
- Desinfección de las cavidades

- Desinfección de los conductos radiculares
- Desinfección de pre y post-operatorio
- Tratamiento de mantenimiento post-extracción
- Tratamiento de inflamación y desinfección de heridas y en la fase postoperatoria
- Tratamiento de aftas orales, de lesiones debidas a herpes, de la candidiasis oral.

Configuración Estándar:

Unidad de control, pieza de mano, barra de seguridad, adaptador de potencia, pedal, set de 5 sondas en bandeja autoclavable(Figura 14).³⁶



Figura 14. Sonda n°1 ángulo 10°, para el tratamiento de gingivitis. sonda n°2 ángulo 50° para el tratamiento de gingivitis. sonda n°3 plana para el tratamiento de las mucosas. sonda n°4 cónica para terapias alveolares post-extracción. sonda n°5 para el tratamiento de los conductos radiculares. sonda n°6 para el tratamiento de estomatitis en superficies amplias. Suecia-martina.com. [citado el 25 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.swedenmartina.com/articms/admin/reserved_area_file/360/d-chi-ozone-s_rev.07-17_v.01_LR.pdf

5. Capítulo V: Microorganismos del conducto radicular.

Los dientes comparten el ambiente de la cavidad bucal donde se encuentran especies bacterianas. Cuando el esmalte y la dentina están intactos, protegen a la pulpa, si esta protección se rompe, algunos microorganismos pueden llegar a esta, el modo más frecuente en que las bacterias lleguen a la pulpa es por medio de las caries, otras causas pueden ser fracturas y grietas traumáticas, los tratamientos restauradores, el desgaste o abrasión, una vez que las bacterias han penetrado el tejido pulpar comienza a desintegrarse porciones de la pulpa y llega a hacer inevitable la necrosis pulpar (Figura 15). Las sustancias agresivas derivadas de la necrosis terminan por alcanzar tejidos perirradiculares, las bacterias necesitan un entorno húmedo, cálido, nutritivo y anaerobio y no pueden acceder las defensas de huéspedes debido a la falta de microcirculación activa en el tejido necrótico.³⁷

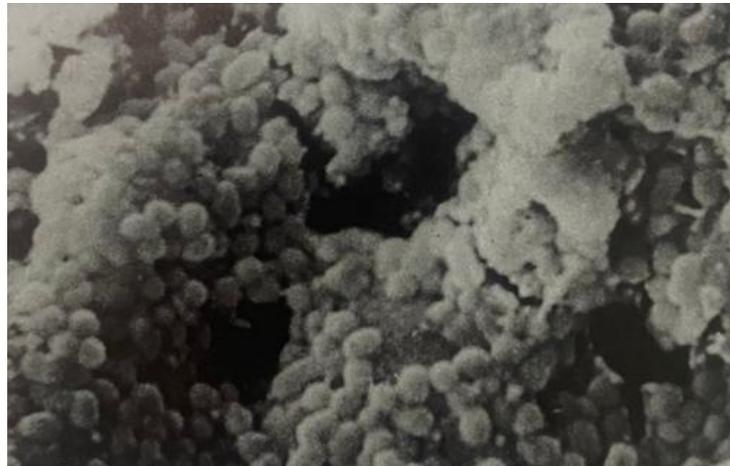


Figura 15. Se observa que hay gran cantidad de microorganismo que bloquean la entrada de los túbulos dentinarios, microscopía electrónica de barrido. Soares IJ, Golberg F. Endodoncia Técnicas y Fundamentos. 2.^a ed. Buenos Aires-Argentina; 2012.

La variedad de microorganismos presentes en el conducto radicular dependerá de la disponibilidad de nutrientes, de la presencia de oxígeno y de las interacciones entre ellos.



En esta tabla se muestra los géneros bacterianos con presencia habitual en las infecciones endodónticas (Tabla 6).

Bacterias Gramnegativas		Bacterias Gram positivas	
Anaerobias	Facultativas	Anaerobias	Facultativas
Bacilos	Bacilos	Bacilos	Actinomyces
Dialister	Capnocytophaga	Actinomyces	Corynebacterium
Porphyromonas	Eikenella	Speudoramibacter	Lactobacillus
Tannerella	Haemophilus	Filifactor	
Prevotella		Eubacterium	
Fusobacterium		Mogibacterium	
Campylobacter		Propionibacterium	
Synergistes		Eggerthella	
Catonella		Bifidobacterium	
Selenomonas		Slackia	
Centipeda		Atopobium	
		Solobacterium	
Cocos	Cocos	Lactobacillus	
Veillonella	Neisseria		
Megasphaera		Cocos	Cocos
		Micromonas	Streptococcus
Espirilos		Peptostreptococcus	Enterococcus
Treponema		Finegoldia	Granulicatella
		Peptoniphilus	
		Anaerococcus	
		Streptococcus	
		Gemella	

Tabla 6. Bacterias Gramnegativas y Grampositivas presentes en el conducto radicular. Siqueira JF, Rocas IN. Microbiología Endodóntica. En: Torabinejad M, Walton RE, editores. Principios y práctica de la endodoncia. Elsevier; 2009.



Las bacterias gramnegativas son los microorganismos más frecuentes en las infecciones odontológicas primarias, en la fase más temprana del proceso infeccioso pulpar predominan las bacterias facultativas, al cabo de unos días o semanas disminuye el oxígeno en el interior del conducto a causa de la necrosis pulpar, se crea así un entorno anaerobio con un potencial redox reducido, lo que favorece a las bacterias anaerobias y estas bacterias pasan a dominar la microbiota.³⁸

En ocasiones un tratamiento endodóntico no logra erradicar por completo las bacterias presentes en los conductos radiculares produciéndose los miembros más resistentes de la microbiota, las bacterias más común que suelen desaparecer son la gramnegativas y se han observado bacterias grampositivas como *Streptococos, Lactobacilos, Enterococcus faecalis, Olsenella uli, Micromonas micros, Pseudoramibacter alactolyticus* y *Propionibacterium*).

5.1 Microbiología en los fracasos endodónticos.

Una de las principales causas de fracaso endodóntico es la persistencia, multiplicación y migración de bacterias desde el interior de los conductos hacia los tejidos periapicales. La incompleta desinfección químico-mecánica de los conductos mantiene una capa residual infectada que potencia la capacidad de los microorganismos en progresar hacia el interior de los túbulos dentinarios intraradiculares, actuando como reservorio de microorganismos. Es cuestión de tiempo que estas bacterias alcancen el periapice, en donde se manifiesta el fracaso.

Cuando existe un fracaso endodóntico hay bacterias en áreas lacunares en el cemento radicular del ápice (Tabla 7).

Investigaciones han permitido asociar a la especie *Actinomyces israelii* (31,8%) como una de las dos especies bacterianas que han sido aisladas con frecuencia en los tejidos periapicales de casos que no responden al tratamiento convencional de los conductos radiculares.



La segunda especie bacteriana más comúnmente aislada en los fracasos endodónticos es *Enterococcus faecalis* (32%), bacteria grampositiva anaerobia facultativa, se observó que *Enterococcus faecalis* es más prevalente en periodontitis apicales asintomáticas que en las que producen sintomatología y a su vez es más frecuente en infecciones persistentes o secundarias que en las infecciones primarias de origen endodóntico.³⁹

Enterococcus faecalis es un coco grampositivo anaerobio facultativo que se encuentra a menudo en el 30%-90% de los dientes endodonciados. Las probabilidades que la bacteria *Enterococcus faecalis* son nueve veces mayores que las de los dientes con infecciones primaria, esta bacteria posee una serie de atributos que pueden permitirle sobrevivir en los conductos endodonciados, como la resistencia de los fármacos intrarradiculares y la capacidad para formar biopelículas, invadir los túbulos dentinarios y soportar periodos prolongados de privación nutricional.³⁹

En esta tabla se muestran las bacterias que se encuentran en un conducto ya tratado de mayor a menor frecuencia.

Grupo Taxonómico	Frecuencia (%)
<i>Enterococcus faecalis</i>	77
<i>Pseudoramibacter alactolyticus</i>	55
<i>Propionibacterium propionicum</i>	50
<i>Filifactor alocis</i>	48
<i>Dialister pneumosintes</i>	46
<i>Streptococcus</i> spp:	23
<i>Tannerella forsythia</i>	23
<i>Dialister invisus</i>	14
<i>Campylobacter rectus</i>	14
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	14
<i>Treponema denticola</i>	14

Tabla 7. Microorganismos detectados en dientes tratados con conducto radicular asociados con periodontitis persistente. Datos tomados de Siqueira JF, Jr., Toca IN: Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endo 97:85,2004; Siqueira JF, Jr., Rocas IN: J Clin Microbiol 43:3314,2005.

6. Capitulo VI: Sustancias irrigadoras

El objetivo principal del tratamiento endodóntico es eliminar por completo los microorganismos y evitar que se reproduzcan dentro del conducto



radicular, es importante el uso de sustancias irrigadoras ya que existe una capa residual en las áreas en donde los instrumentos entran en contacto con las paredes del conducto radicular y por esta razón es necesario que sea capaz de eliminar y lograr la máxima limpieza y la desinfección.⁴⁰

Propiedades y requerimientos ideales de un irrigante endodóntico:

- Disolvente de tejidos orgánicos
- Disolventes de tejidos inorgánicos
- Acción antimicrobiana
- Sin efectos tóxicos
- Baja tensión superficial
- Lubricante
- Remover capa residual
- Funcionar como lubricante para los instrumentos endodónticos
- Evitar la transportación de restos dentinarios que provoquen bloqueos en el conducto radicular ^{40,41}

Una solución irrigadora debe contar con estos requerimientos, sin embargo, hoy en día ninguna de las soluciones disponibles en el mercado para este fin cumple con todo.

El pronóstico de un tratamiento endodóntico solamente puede ser elevado si durante la preparación biomecánica del conducto radicular se utiliza una combinación de soluciones irrigadoras con una secuencia adecuada.

6.1 Hipoclorito de sodio (NaOCl)

El hipoclorito de sodio ha sido definido por la Asociación Americana de Endodoncia como líquido claro, pálido, verde-amarillo, alcalino y con olor a cloro, con acción disolvente sobre el tejido necrótico y restos orgánicos.

Encuestas de todo el mundo, informaron que el hipoclorito de sodio es la solución de irrigación más común utilizada en endodoncia (Figura 16).⁴⁴

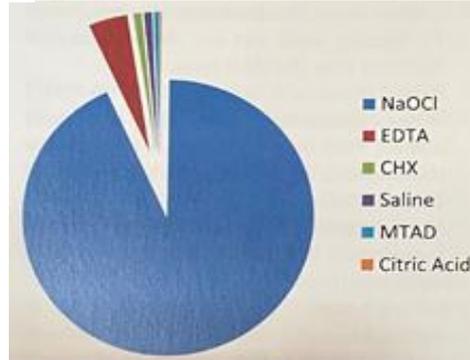


Figura 16. Porcentaje de respondedores que utilizan cada irrigante como agente desinfectante principal. Basrani B, Malkhassian G. Update of Endodontic Irrigating Solutions. En: Basrani B, editor. Endodontic Irrigation. Springer; 2015. p. 99–115.

El hipoclorito de sodio tiene un efecto antibacteriano sobre la mayoría de los microorganismos, también conocido como lejía doméstica, se le considera como la solución irrigadora más adecuada en endodoncia. Este producto permite disolver el tejido vivo y necrótico, suprimir microorganismos presentes, lubricar el conducto, además barato y fácil de conducir.

El empleo de NaOCl en endodoncia es recomendado en una concentración de entre 0.5% y 5,25% en la que tiene un potencial adecuado para disolver tejido pulpar. Una concentración utilizada es de 2,5% es menos tóxica y tiene su poder de disolución tisular y su actividad microbiana.

En investigaciones se han demostrado que el NaOCl posee un efecto antibacteriano alto en concentraciones bajas, aunque en la práctica diaria, su efecto antibacteriano se ve reducido debido a la presencia de restos de tejido, exudado o microorganismos, por estos motivos es necesario que durante la preparación de los conductos la cantidad y el tiempo de empleo de NaOCl sean prolongados.^{41,42}

La capacidad de esta solución sobre el tejido orgánico hace que fragmentos de la pulpa que está en estado sólido sean disueltos por el propio hipoclorito de sodio.⁴³

Las desventajas del NaOCl son su toxicidad, su sabor y la incapacidad para remover la capa residual, debido a su toxicidad, debe evitarse la extrusión, la aguja de irrigación debe colocarse sin apretar en el conducto radicular,

se debe tener cuidado para no ocasionar un accidente de hipoclorito de sodio, para controlar la profundidad de inserción, la aguja se dobla ligeramente a la longitud adecuada o se coloca un tapón de goma en la aguja (Figura 16).^{41,42}

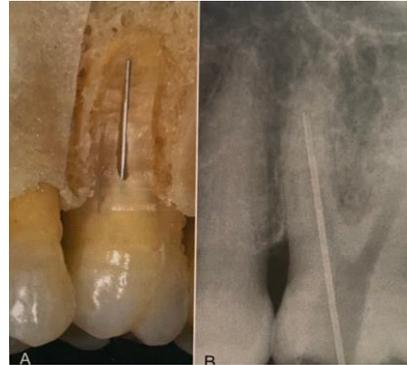


Figura 17. Para una irrigación efectiva, la aguja debe colocarse en el tercio apical de la raíz y no debe atascarse. Johnson WT, Craig Noblett W. Limpieza y modelado. En: Torabinejad M, Walton RE, editores. Principios y práctica de la endodoncia. Elsevier; 2009.

Debido a una de las desventajas que es la toxicidad hay que evitar su extrusión, para limitar el riesgo de extrusión se puede introducir la aguja hasta que quede encajada y extraerla después ligeramente, a pesar de estas desventajas es considerada la solución más utilizada para irrigar y única capaz de disolver material inorgánico, biofilm y partes orgánicas de la capa residual.^{41,42}

6.2 Clorhexidina

La clorhexidina también conocida como gluconato de clorhexidina, se clasifica como detergente catiónico con actividad antimicrobiana de amplio espectro. Su acción bacteriostática y bactericida es efectiva contra microorganismo gramnegativos y grampositivos.³⁷

Dependiendo de su concentración, puede tener efectos tanto bacteriostáticos como bactericidas, a altas concentraciones actúa como detergente y ejerce su efecto bactericida al dañar la membrana celular y provoca la precipitación del citoplasma. En bajas concentraciones es bacteriostática, lo que provoca que sustancias de bajo peso molecular

(potasio y fosforo) se filtren de la membrana celular sin que la célula sufra daños permanentes.⁴⁴

Es efectiva para el control de la placa bacteriana; también se recomienda en la irrigación de conducto radiculares en diversas concentraciones, en forma de solución (acuosa) o gel (Con Natrosol), a la que se le conoce a su eficacia.

La clorhexidina se ha utilizado en la irrigación de los conductos radiculares, bajo la forma de solución acuosa (digluconato de clorhexidina) en concentraciones de entre 0.12% y 2%, se ha demostrado que al 2% tiene mayor eficacia bacteriana que la del 0.12% (Figura 18).



Figura 18. Solución de gluconato de clorhexidina al 2% para irrigación de conductos radiculares. Soares IJ, Golberg F. Endodoncia Técnicas y Fundamentos. 2.^a ed. Buenos Aires-Argentina; 2012.

Cuando se le ha utilizado en conductos que han sido irrigados con hipoclorito de sodio, se combina con este y se origina pigmentos de color café-naranja, originando la presencia de paracloroanilina (PCA), la paracloroanilina presenta componentes cancerígenos y mutagénicos, que es potencialmente tóxico, tampoco es conveniente mezclarla con EDTA porque precipita en forma de sal, formando precipitados para evitar la obliteración de los túbulos dentinarios.

A pesar de que la clorhexidina es un antimicrobiano eficaz, parece no ofrecer ventajas sobre el hipoclorito de sodio como solución irrigadora. No posee la capacidad disolvente de tejido orgánico ni la acción blanqueadora de este fármaco.³⁷

La clorhexidina tiene el inconveniente de que no disuelve el tejido necrótico ni elimina el barrillo dentinario.⁴¹



Recomendaciones clínicas para usar clorhexidina durante el tratamiento: En dientes con ápices abiertos o perforación donde exista riesgo de extrusión de NaOCl.⁴⁴

6.3 Solución salina.

La solución salina o suero fisiológico en endodoncia es considerado como el irrigante más biocompatible que existe, no es caustico en los tejidos periapicales, reduce la irritación e inflamación de los tejidos periapicales causada por la extrusión del hipoclorito de sodio.

La solución salina es un irrigante débil como para ser utilizado como irrigante principal en la práctica diaria, por lo que en la actualidad es utilizado como un irrigante auxiliar que se utiliza alternándolo con otras soluciones y como solución irrigadora final cuando se desea eliminar los residuos de la solución anterior.⁴⁵

6.4 EDTA.

La eliminación del barrillo dentinario se logra con ácidos u otros agentes quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) después de la limpieza y el modelado (Figura 19). Un método recomendado es la irrigación con EDTA 17 % durante 1 minuto seguido de un enjuague final con NaOCl. Los quelantes eliminan los componentes inorgánicos y dejan intactos los elementos orgánicos del tejido. Entonces se necesita NaOCl para la eliminación de los componentes orgánicos restantes.³⁷

Se indica la irrigación con una solución de EDTA después de concluir con la conformación, es decir, antes de colocar la medicación intraconducto o de la obturación.³⁷

El tiempo recomendado para la eliminación del barrillo dentinario con EDTA es de 1 minuto, las partículas pequeñas del barrillo dentinario son principalmente inorgánicas con una alta relación superficie/masa, lo que facilita la eliminación por medio de ácidos y quelantes. La exposición al EDTA durante 10 minutos provoca una eliminación excesiva de dentina tanto peritubular como intratubular.⁴¹



Figura 19A. Pared del canal radicular con la capa de barrillo presente. Figura 19B. El barrillo dentinario se eliminó con EDTA al 17%. Soares IJ, Golberg F. Endodoncia Técnicas y Fundamentos. 2.^a ed. Buenos Aires-Argentina; 2012.

El uso del EDTA no presenta contraindicaciones y puede emplearse tanto en casos de pulpectomía como en el tratamiento de dientes con pulpa mortificada.

6.5 Ozono.

El ozono se ha considerado como una alternativa más segura para la irrigación tanto para el paciente como para el operador, además de ofrecer las propiedades necesarias al ser empleado como un agente de irrigación endodóntico.⁴⁶

Una alternativa beneficiosa de antiséptico de los canales radiculares, sus principales ventajas son una alta actividad antimicrobiana, baja toxicidad y la acción de no generar farmacoresistencia, la forma de gas proporciona



alta penetrabilidad a los canales laterales y deltas de la raíz, ya que mediante la insuflación el ozono viaja electroquímicamente hacia los canales laterales y los túbulos dentinarios eliminando a los microorganismos presentes, incrementando así la capacidad de desinfección, pudiendo reaccionar con compuestos orgánicos e inorgánicos.⁴⁷

El gas "ozonizado" se mezcla con el agua para disolverse, la desinfección más eficiente se logra con 0.4 mg/l sostenido por 4 minutos, es decir un CT (Concentración en mg/l por Tiempo en minutos) de 1.6.

Existen métodos para que la irrigación endodóntica con gas o agua ozonizada tenga aun mayor efecto, se demostró que el ozono ejerce una acción antimicrobiana contra una biopelícula establecida, que se mejora mediante agitación ultrasónica.⁴⁶

El ozono es un tratamiento eficaz, fácil, barato y rápido para ayudar desinfectar el conducto radicular, es el más poderoso antimicrobiano y oxidante que podemos usar en endodoncia.⁴⁸

La cantidad de ozono requerido para alcanzar una concentración eficaz depende de la temperatura del agua, del pH, de la demanda inicial de ozono y el sistema del aparato.

El conducto se puede irrigar utilizando aparatos odontológicos como Healozone que presenta 5 colores correspondientes a los diámetros utilizados en endodoncia o el DTA que tiene la sonda n°5 para el tratamiento de los conductos radiculares.

Y se puede irrigar con aparato médicos, se puede preparar agua ozonizada para irrigar el conducto endodóntico a una concentración baja o con ozono gas, la desventaja de este último que debe tener una goma de succión ya que, si no cuenta con este, un porcentaje del gas va a ir directo al sistema respiratorio y puede ocasionar toxicidad.



Capítulo VII: Estudio experimental

7.1 Aplicación de ozono gas sobre conductos radiculares previamente infectados con *Enterococcus faecalis*.

El experimento se realizó en el laboratorio de Patología y Terapéutica Dental II de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela.

En este experimento, los dientes fueron extraídos por enfermedad periodontal, tratamiento de ortodoncia, se solicitó el consentimiento informado de los pacientes para utilizar estos dientes para este experimento, solo se seleccionaron dientes unirradiculares para trabajar con la muestra más homogénea.

Se realizó la limpieza y desinfección, posterior la eliminación de la corona con fresa de diamante con pieza de alta velocidad y abundante refrigeración, se midieron las raíces y se seleccionaron solamente los que presentaban una longitud de 12mm.

Limpieza de los conductos y conformación: Se permeabilizaron los conductos radiculares hasta su longitud de trabajo con la lima Flexo file (Dentsply-Maillefer) hasta el número 20.

Se utilizó EDTA al 17% en gel Glyde® para lubricar el conducto. Para la conformación de conducto se utilizaron instrumentos de NITI con sistema rotatorio de Protaper (Dentsply-Maillefer) con un motor endodontico X-Smart.

Se realizó la siguiente instrumentación:

- 1. Protaper Universal S1 hasta la longitud de trabajo.
- 2. Protaper Universal S2 hasta la longitud de trabajo.
- 3. Protaper Universal F1 hasta la longitud de trabajo.
- 4. Protaper Universal F2 hasta la longitud de trabajo.
- 5. Protaper Universal F3 hasta la longitud de trabajo.
- 6. Protaper Universal F4 hasta la longitud de trabajo.

Cada cambio de lima se irrigó con 3 ml de hipoclorito de sodio al 5,25% durante un 1 min con jeringa Monoyect y con aguja endodoncia Max-I-probe 30 G.

Se utilizó hasta la Protaper Universal® F5 (Dentsply-Maillefer), se irrigó con 3 ml de hipoclorito de sodio al 5,25% durante un minuto. Para mejorar la efectiva se aplicó vibración ultrasónica (P5 Booster Suprasson®, (Satelec) a una potencia de 7.

Irrigación final; se irrigó con 3 ml de EDTA al 17% dentaflux® seguido de 3 ml de hipoclorito de sodio al 5,25% durante un minuto.

Preparación de los dientes para la experimentación.

Los dientes fueron observados al microscopio para que no quedara tejido pulpar ni detritos, si había residuos se volvía a repetir el mismo procedimiento hasta conseguir una limpieza total.

El ápice se selló, se secó y se grabó con ácido ortofosfórico al 37% ,2 capas de adhesivo, fotopolimerización y obturación con composite en el ápice, una vez sellados los dientes, se esterilizó con agua destilada en la autoclave 121°C por 15 minutos, se realizaron bases de silicona para colocar los dientes, fueron esterilizadas en bolsas individuales (Figura 20A, B).

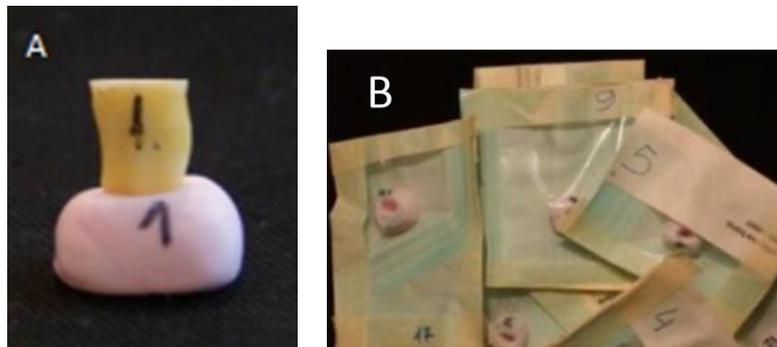


Figura 20A. Diente preparado en la base de silicona. Figura20B. Bases esterilizadas. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015.

Inoculación de los conductos radiculares con *Enterococcus Faecalis*: Esta cepa American Type Culture Collection (ATCC) 29212 de *Enterococcus faecalis* se obtuvo de la colección Española de cultivos tipo (CECT)se

cultivó aeróbicamente 18 horas a 37°C en un medio de uso general adecuado para el cultivo de una amplia variedad de tipo de organismos que se llama Brain-Heart Infusión (BHI), se recogió un alícuota de 20 µL que es igual a una millonésima parte de un litro de cultivo y fueron involucradas en el interior del conducto radicular , se realizó sellado de la corona con una bolita de algodón previamente esterilizada y con cemento provisional .

Se utilizaron dientes inoculados con 20 µL medio estéril. Una vez sellados los dientes se sumergieron en tubos falcon con 5 ml de caldo Brain-Heart y se incubaron a 37°C durante 21 días, con agitación suave el medio fue remplazado cada 3 días (Figura 21).



Figura 21. Dientes inoculados con *Enterococcus faecalis* sellado con bolita de algodón estéril y cemento provisional sumergidos en tubos falcón con 5 ml de caldo Brain-Heart durante 21 días, cambiando el medio cada 3 días. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015.

Procesamiento de los dientes inoculados: Para manipular los dientes se desinfectó la superficie externa con toallas de clorhexidina durante 3 minutos, después sumergiéndolos en agua destilada estéril durante 2 minutos, finalmente fueron divididas en tres grupos al azar.

Análisis de infección de los dientes: Se eliminó la obturación provisional y se tomaron dos muestras una con puntas de papel estéril y otra con lima K 15-21, se introdujeron en 5 ml de caldo Brain-Heart estéril y se incubaron, la infección fue confirmada por turbidimetría a las 16 h (Figura 22). Una vez confirmada la infección se procedió aplicar el ozono gas.



Figura 22. Aparato de turbidimetría: es un tipo de medición óptica basada en la medición de la pérdida de transparencia que tienen las disoluciones al aparecer particular suspendidas. .Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015

En este ensayo se realizaron tres grupos contábamos cada uno de 20 dientes inoculados e incubados durante 21 días, solo se tuvieron en cuenta para el estudio aquellos dientes que dieron crecimiento positivo de infección. Los dientes que presentaban infección fueron divididos en dos grupos, 20 dientes para cada grupo. Los dos grupos a su vez fueron subdivididos en tres subgrupos transcurrido desde la ozonización hasta su proceso para comprobar la presencia o ausencia de infección.

Finalmente fueron inoculados 60 dientes durante 21 días, solo 40 dieron crecimiento positivo de la infección, los 40 dientes se dividieron en tres grupos, 14 Primer grupo, 14 segundo grupo y 12 el tercer grupo.

Subgrupo 1D se determinó el crecimiento microbiano tras un día de incubación después de la aplicación del ozono.

Subgrupo 7D se determinó el crecimiento microbiano tras 7 días de incubación después de la aplicación del ozono.

Subgrupo 14D se determinó el crecimiento microbiano tras 14 días de incubación después de la aplicación del ozono.

En todos los dientes se aplicaron 20 ml de ozono gas a una concentración de 20 $\mu\text{g/ml}$ durante 1 minuto. La concentración utilizada es la

recomendaba con capacidad terapéutica, el ozono fue generador a partir de dos aparatos:

1) Máquina de uso médico Medozon Compact® que genera ozono a partir de oxígeno médico (Figura 23) un equipo odontológico Prozone® W&H que genera el ozono a partir del medio ambiente (Figura 24), la diferencia es que la máquina de uso médico es mejor ya que la concentración del oxígeno es mucho mayor que la del equipo odontológico que es del medio ambiente.



Figura 23. Equipo médico, Herrmann®, utiliza oxígeno medicinal. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015



Figura 24. odontológico, Prozone®, utiliza el aire del medio ambiente. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015

Para aplicar el ozono se utilizaron dos generadores diferentes, para la máquina de uso médico se utilizó una aguja micro perforada que aprovecha al máximo las capacidades físico -químicas del ozono (Figura 25) y la máquina de ozono odontológica se utilizó la aguja con salida apical viene incluida en el aparato (Figura 26). Se aplicó el ozono gas en los conductos, se obturó con una bolita de algodón estéril y se selló con cemento provisional.



Figura 25. Diente en su base recibiendo el tratamiento de ozono con jeringa, O₃ medicinal, equipo Medozon Compact®. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015



Figura 26. O₃ con oxígeno proveniente del medio ambiente, equipo odontológico Prozone®. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015

Estos fueron incubados en 5 ml en BHI a 37°C a tres tiempos diferentes: 1 día, 7 días ,14 días después de esto días se procedió a comprobar la presencia /ausencia de infección, en todos los casos se realizó lo siguiente: se tomaron dos muestras con puntas de papel (Figura 27A), una inmediatamente después de la eliminación de la obturación provisional y la otra después del raspado del conducto con una lima K15-21(Figura 27B). Las puntas con la muestra recogida fueron incubadas en 5 ml de caldo BHI a 37C durante 16 horas. Tras la incubación la presencia /ausencia de crecimiento bacteriano fue confirmada por turbidimetría.

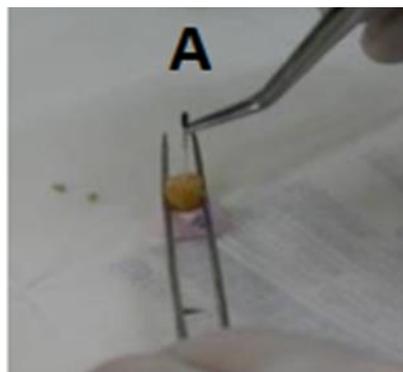


Figura 27A Pruebas con puntas de papel. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015

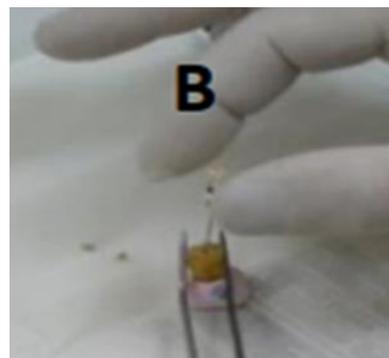


Figura 27 B Pruebas con Lima K 15-21. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015



Resultados.

Para obtener estos resultados se utilizaron dos equipos distintos para generar ozono

1. Medozon Compact® utiliza oxígeno medicinal con una concentración de 20 µg/ml y se aplicó 20 ml durante 60 segundos se utilizó la aguja micro perforada de salida múltiple.

2. Prozone (PROZ) se utiliza oxígeno del medio ambiente con una concentración de ozono de 4 µg/ml durante 60 segundos. Se utilizó una aguja convencional de salida única apical.

A los dientes que presentaba infección fueron divididos en dos grupos (n=20 para cada grupo) a cada grupo se le aplicó el ozono generado por el equipo correspondiente. Cada grupo, una vez aplicado el ozono gas, fue a su vez subdivido en tres subgrupos atendiendo al tiempo transcurrido desde la ozonización hasta su procesado para corroborar la presenta o ausencia de infección.

Subgrupo 1D: Se determinó el crecimiento microbiano tras un día de incubación después de la aplicación del ozono.

Subgrupo 7D. Se determinó el crecimiento microbiano tras 7 días de incubación después de la aplicación del ozono.

Subgrupo 14D: Se determinó el crecimiento microbiano tras 14 días de incubación después de la aplicación del ozono.

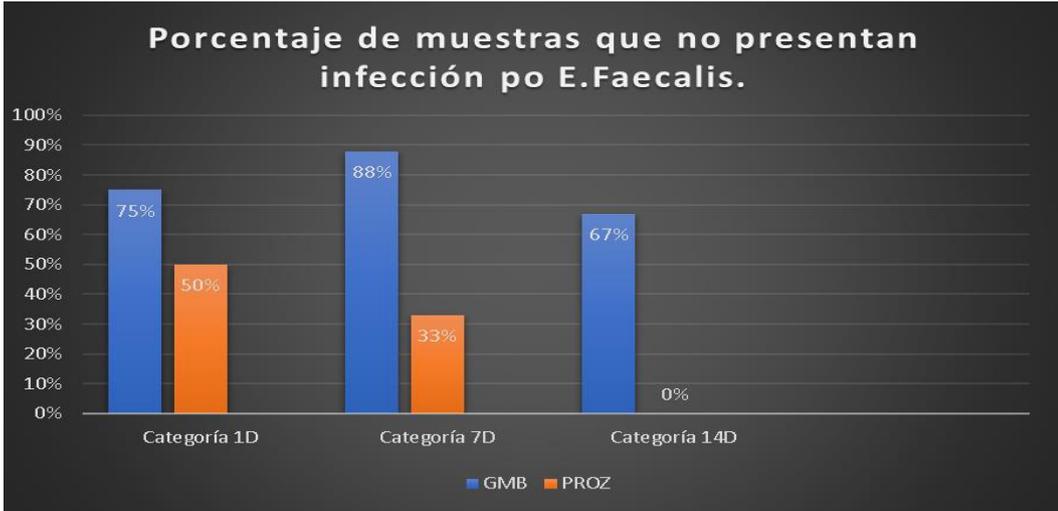
Resultados de infección (Tabla 8, Gráfica 1)

GMB 1D	PROZ 1D	GMB 7D	PROZ 7D	GMB 14D	PROZ 14D
1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0



1	1	1	0	0	0
0		1			
0		0			

Tabla 8. En el total de muestras analizadas previamente tratadas con ozono gas generado por ambos equipos siendo 1: ausencia de infección y 0: Presencia de infección. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015



Gráfica 1. Muestra el porcentaje de casos donde no se encontró infección con cada equipo generados de ozono gas y a cada tiempo de procesamiento de las muestras. Puede observarse la mayor eficacia del ozono generado con el equipo GMB con respecto al equipo Prozone®. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015.

Enterococcus faecalis es una bacteria grampositiva anaerobia facultativa que posee la capacidad de adaptarse y crecer en condiciones adversas de poca disponibilidad de nutrientes y bajos niveles de oxígeno, tal como ocurre en los conductos radiculares dentales.

Enterococcus. faecalis es capaz además de formar biopelículas que protegen a las bacterias de la acción de la respuesta inmune y de los antimicrobianos y actúan como reservorio de bacterias latentes que pueden liberarse como células planctónicas y provocar una nueva infección

Para determinar la capacidad bactericida del ozono gas y su consecuente utilidad clínica, se optó por generar en los dientes extraídos biopelículas maduras de *Enterococcus faecalis* (21 días de incubación) ya que está



situación es muy similar a la que presentan los pacientes con enfermedad periapical persistente.

Aunque conjuntamente a la instrumentación mecánica se utilizan una gran variedad de técnicas de desinfección, el NaOCl como irrigante siendo la más utilizada. En los últimos años se ha empezado a utilizar el ozono, tanto en sus formas acuosa y gaseosa, como desinfectante de los conductos radiculares como coadyuvante de la instrumentación mecánica, describiendo datos contradictorios sobre la capacidad bactericidas del mismo. Esta discrepancia de ozono utilizadas y de máquinas generadoras del mismo. Así, en nuestro ensayo en dientes extraídos infectados con *Enterococcus faecalis*, probamos dos máquinas diferentes, la diferencia entre ambas es que mientras el Prozone® W&H utilizando como oxígeno precursor el procedente del medio ambiente solo alcanza una concentración máxima de 4 µg/ml, el equipo Medozon Compact® utilizando como oxígeno precursor el procedente del oxígeno medicinal alcanza una concentración máxima de 80 µg/ml.

En el estudio se observó una mayor actividad del ozono generado por el equipo Medozon Compact® Herrmann. Cuando el recuento de células viables se realizó un día después del tratamiento el porcentaje de dientes con bacterias viables no fue especialmente significativo. Sin embargo, las diferencias se hacen mayores cuando transcurre más tiempo entre la aplicación del ozono y la recuperación de células viables. Así, a los 14 días después de la aplicación de ozono todas las muestras tratadas con el equipo Prozone® dieron resultado positivo de infección, mientras que las tratadas con el equipo Medozon Compact® Herrmann sólo el 33 % dieron positivo.

La imposibilidad de erradicación de la infección podría deberse a la compleja anatomía interna de los conductos radiculares y al posible contenido orgánico presente en los mismos, que es diana para el ozono con la consecuente disminución de la concentración efectiva del mismo en dichos conductos.



El ligero aumento de la efectividad encontrada en la ozonización con GMB a los 7 días (88%) con respecto al día 1 (75%), podría atribuirse a la capacidad del ozono para combinarse con el contenido orgánico presente formando ozónidos, que poseen capacidad bactericida a largo plazo.

Resultados.

- La efectividad del aparato GMB con respecto al Prozone® es muy superior en cada uno de los tiempos analizados
- Concentraciones terapéuticas (20ml a una concentración de 20µg/ml) de ozono gas aplicadas directamente durante 60 segundos sobre la superficie de biopelículas maduras de *Enterococcus faecalis* son capaces de producir una reducción superior al 99,9% de células viables
- Nuestros resultados demuestran la posible utilidad del ozono gas como tratamiento coadyuvante en la endodoncia y resaltan la importancia de que el conducto a tratar esté seco y libre de materia orgánica residual.⁴⁹

7.2 Aplicación de agua ozonizada sobre conductos previamente infectados con *Actinomyces Israelii*.

Se recolectaron 43 premolares superiores e inferiores unirradiculares, de los cuales 3 serán utilizados para comprobación de información y 40 dientes para la investigación, que serán divididos en grupos de 10 para aplicar cada solución química.

Criterios de Inclusión:

- Primeros premolares superiores e inferiores unirradiculares.
- Primeros premolares superiores e inferiores con Apex completamente formado.

- Primeros premolares superiores e inferiores sin presencia de tratamiento de conducto previo.

Criterios de exclusión:

- Primeros premolares superiores o inferiores birradiculares.
- Primeros premolares superiores o inferiores que presenten fractura radicular.
- Primeros premolares superiores o inferiores con tratamiento endodóntico.
- Primeros premolares superiores o inferiores con apicectomía.
- Primeros premolares superiores o inferiores con ápice abierto.

Las piezas dentales fueron donadas por un consultorio privado de la ciudad de Quito, se almacenaron en un frasco con suero fisiológico.

La toma de muestra se realizó por medio de una punta de papel estéril ingresando por la fístula empapándolo de esta manera con el contenido purulento del absceso, se realizó la siembra en placas de agar sangre, pasado el tiempo de evidencio crecimiento (Figura 28).

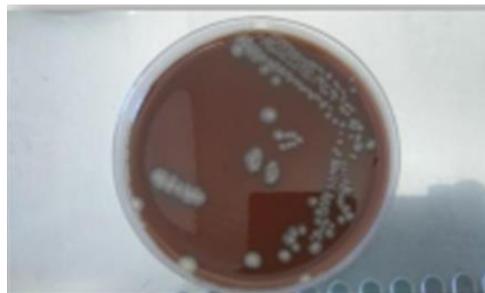


Figura 28. Pasado el tiempo de incubación se evidencia crecimiento bacteriano, colonias rugosas, elevadas, cremosas y brillantes características de colonias de *Actinomyces israeli*. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con hipoclorito de sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces*. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.

Preparación de piezas de trabajo: Se inició el acceso de los dientes, luego se seccionó la corona dental a nivel de la unión cemento-esmalte con un disco de corte y así obtener bloques radiculares de 12-15 mm de longitud (Figura 29A, B).

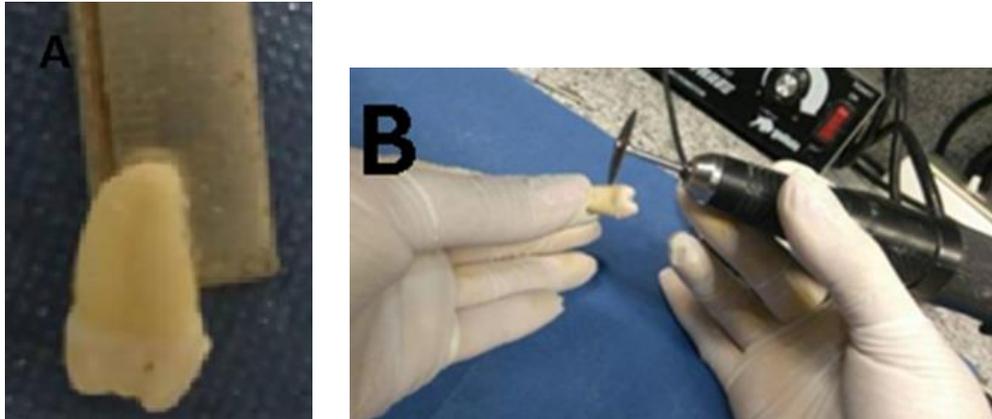


Figura 29A. longitud de la raíz debe ser de 12-15mm. Figura 29B. Corte de la corona dental. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con Hipoclorito de Sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre Actinomyces. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.

Se realizó la preparación de los conductos radiculares utilizando limas K-File con técnica convencional llegando a la lima #35 como lima maestra y se combinó con la técnica de Protaper manual para dar conicidad al conducto, se irriego con hipoclorito de sodio al 2.5% y una irrigación final con EDTA al 17% para permeabilizar los conductos, posterior a esto de sello el ápice dental con resina para evitar micro filtración y contaminación del conducto radicular.

Los dientes se sometieron a un proceso de esterilización por calor húmedo en autoclave a una temperatura de 121°C durante 30 minutos. Sumergidas en 100 ml de agua, contenidas en un frasco de vidrio autoclavable. Después de este procedimiento se comprobó la esterilidad de los dientes hisopando uno de ellos y colocando la muestra en una placa de agar sangre la cual se incubó durante 24 horas (Figura 30A, B)

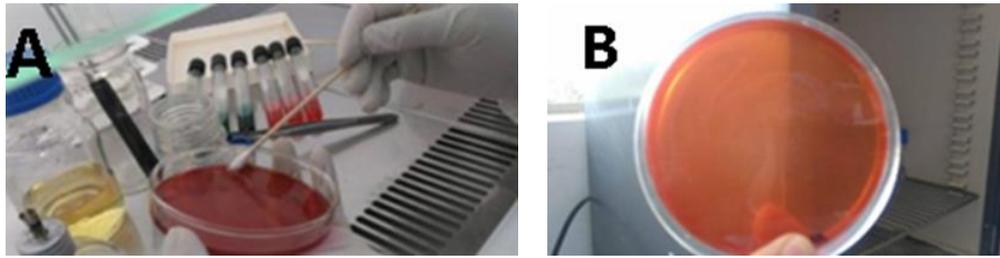


Figura 30 A. Siembra hisopada Figura 30B. comprobación esterilidad de los dientes. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con hipoclorito de sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces*. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.

Preparación para la infección de los conductos radiculares: Se prepararon 100 ml de caldo de tioglicolato en un frasco de vidrio autoclavable en el cual fueron depositadas las raíces dentales en estudio, se tomó 1 cm de cepa *Actinomyces Israelii* de la placa de agar sangre con un asa de siembra estéril y se inoculó dentro del frasco para que los dientes se encuentren expuestos a la misma cantidad de microorganismos (Figura 31) todo dentro de la cabina de bioseguridad. Se inoculó por 15 días a 37°C.



Figura 31. Inoculación de *Actinomyces Israelii* en el frasco para ser expuesto a los dientes la misma cantidad. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con hipoclorito de sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces*. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.

Luego de la incubación se tomó una muestra de los conductos radiculares antes del tratamiento para verificar si la bacteria se adhirió dentro de los mismos (Figura 32).



Figura 32. Se verificó la contaminación de *Actinomyces israelii* en los conductos. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con Hipoclorito de Sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre Actinomyces. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.

Se procedió al tratamiento, lo cual se dividió los dientes en varios grupos.

Grupo 1: Aplicación de suero fisiológico.

Grupo 2: Aplicación de Agua Ozonizada al 5%.

Grupo 3: Aplicación de Hipoclorito de Sodio al 5.25%.

Grupo 4: Aplicación de Clorhexidina al 2%.

Para todos los grupos de utilizó la misma secuencia clínica: Se irrigó durante 1 min y medio con las soluciones químicas, se trabajó con jeringa de 3 ml con punta Navi-tip utilizando micro succión, luego se instrumentó a la longitud de trabajo lima LK #40 con movimientos oscilatorios dejando las paredes del conducto lisas, y por último se reanudó la irrigación durante 1 minuto y medio más (Figura 33).



Figura 33.. Irrigación con cada una de las soluciones químicas, con jeringa 3ml con punta Navi-Tip con micro succión. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del Agua ozonizada en comparación con hipoclorito de sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre Actinomyces. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.

Luego de la desinfección química se procedió a introducir un cono de papel estéril hasta el ápice radicular para tomar una muestra de este sitio (Figura 34), se realizó la siembra en placas de agar sangre y se incubó a 37°C por 15 días. Las raíces suelen colocadas en alcohol luego de la toma de muestras.



Figura 34. Muestra del sitio con punta de papel. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con hipoclorito de sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces*. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.

Resultados

Se evidenció presencia de colonias bacterianas en todas las repeticiones del grupo 1, en el grupo 2 se notó cerniendo bacteriano y en las dos últimas; grupos 3 y 4 no se observan colonias microbianas en las 10 repeticiones

(Tabla 9 y 10, Grafica 2).

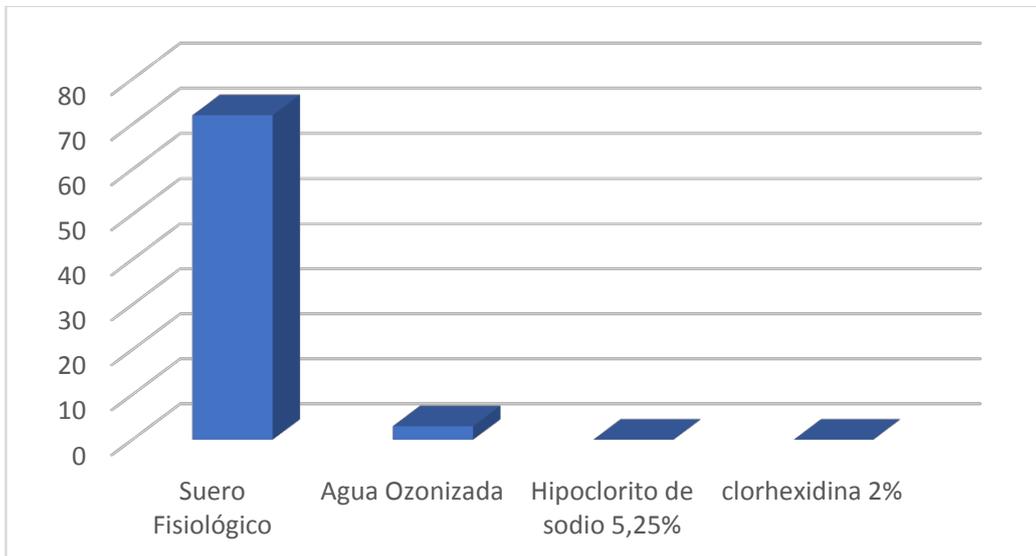
Tratamiento	Descripción	Numero de repeticiones
T1	Suero fisiológico	10
T2	Agua ozonizada 5%	10
T3	Hipoclorito de sodio 5,25%	10
T4	Clorhexidina	10

Tabla 9. Se utilizaron 4 irrigantes suero fisiológico, agua ozonizada 5%, hipoclorito de sodio 5,25%, clorhexidina con cada uno de los irrigantes se utilizaron 10 dientes para verificar la presencia o ausencia de *Actinomyces Israelii*. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con hipoclorito de sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces*. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.



Repeticiones	Suero fisiológico	Agua ozonizada 5%	Hipoclorito de sodio 5,25%	Clorhexidina 2%
1	13	0	0	0
2	5	0	0	0
3	8	0	0	0
4	7	0	0	0
5	8	0	0	0
6	3	0	0	0
7	2	0	0	0
8	7	0	0	0
9	15	1	0	0
10	4	2	0	0

Tabla 10. Resultados se observa que existe mayor presencia de *Actinomyces Israelii* en suero fisiológico, en agua ozonizada en los dientes 9 y 10, el hipoclorito de Sodio 5,25% y clorhexidina sin presencia. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del Agua Ozonizada en comparación con Hipoclorito de Sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces*. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.



Gráfica 2. Mayor presencia de *Actinomyces Israelii* se presenta con suero fisiológico y con menor porcentaje agua ozonizada 5%, hipoclorito de sodio 5,25%, clorhexidina. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con Hipoclorito de Sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces*. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



obteniendo como resultado que hipoclorito de sodio al 5.25% eliminó totalmente la cepa de *Actinomyces israelii* mientras que el agua ozonizada disminuyó la carga bacteriana en menor proporción, pero estadísticamente no existen diferencias significativas entre estas dos soluciones irrigantes, por tanto, ambas sustancias pueden ser usadas en la desinfección de conductos radiculares.

Utilizando agua ozonizada se evidenció una reducción bacteriana significativa, por lo tanto, se evidencia un buen efecto bactericida de la presente solución, ante las bacterias colonizadoras del canal radicular. Se comprobó que dicha solución presenta actividad antimicrobiana.⁵⁰



Conclusión.

El ozono es un gas con 3 átomos de oxígeno O³, es empleado en el campo de la medicina por su capacidad de estimular el sistema inmune hasta llegar al campo de la odontología por sus propiedades bactericidas, fungicidas, virucidas y oxidantes.

Existen gran cantidad de microorganismo en el conducto radicular, el modo más frecuente en que las bacterias llegan a la pulpa es por medio de las caries, las bacterias gramnegativas son los microorganismos más frecuentes en las infecciones odontológicas primarias, en la fase más temprana del proceso infeccioso pulpar predominan las bacterias facultativas, al cabo de unos días o semanas disminuye el oxígeno en el interior del conducto a causa de necrosis pulpar lo que las bacterias anaerobias pasan a dominar la microbiota.

Las principales causas de los fracasos endodónticos es la mala técnica de instrumentación y la irrigación, ya que con esto se consigue una reducción bacteriana de alrededor del 50%, otro motivo es la persistencia, multiplicación y migración de bacterias hacia el interior de los conductos hacia los tejidos periapicales por consiguiente un fracaso endodóntico.

Las principales bacterias que podemos encontrar en un fracaso endodóntico con un 32% es *Enterococcus faecalis* seguido de *Actinomyces Israelli* con un 31.8%, la presencia de este microbiota determinará que no siempre será un éxito el agente irrigante, por lo cual esta investigación bibliográfica ha demostrado el uso de ozono por su propiedad germinicida puede destruir la mayoría de las bacterias en el conducto radicular.

Actualmente no existe un irrigante ideal, encuestas de todo el mundo, informaron que el hipoclorito de sodio es la solución de irrigación más común utilizada en odontología, por su capacidad de disolver tejido vivo y necrótico, lubricar el conducto, es barato y fácil de conseguir.



Por otra parte, hoy en día se ha empezado a utilizar, en los tratamientos endodónticos el ozono en sus dos formas de colocar en el conducto radicular, agua ozonizada y en su forma gaseosa.

En el estudio experimental de esta investigación bibliográfica, se muestra primero la utilización del ozono en su forma gaseosa, se realizó la inoculación de *Enterococcus faecalis* en 40 dientes, se utilizaron dos aparatos generadores de ozono, el primero Medozon Compact® utiliza oxígeno medicinal y el segundo Prozone (PROZ) utiliza oxígeno del medio ambiente, concluyendo en esta investigación que existe una reducción bacteriana en ambos aparatos la diferencia es la cantidad de bacterias que permanecieron en el conducto.

Se mostró mayor efectividad en el aparato Medozon Compact® que utiliza oxígeno medicinal utilizando una dosis de 20 ml a una concentración de 20 µg/ml durante un minuto y se presenta mayor presencia de infección en Prozone (PROZ) utiliza oxígeno del medio ambiente a una concentración de 4 µg/ml durante un minuto. Nuestros resultados demuestran la posible utilidad del ozono gas como tratamiento coadyuvante en la endodoncia.

La segunda investigación bibliográfica fue realizada en forma de agua ozonizada, se realizó la inoculación de *Actinomyces Israelii*, en este caso se analizó la capacidad bactericida del ozono y se comparó con otras sustancias irrigadoras como suero fisiológico, hipoclorito de sodio al 5,25% y clorhexidina, cada sustancia tenía 10 dientes para comprobar su efectividad, se irrigaron por un minuto y medio.

Los datos obtenidos de estas sustancias irrigadoras fueron; suero fisiológico presentó colonias bacterianas en todas las repeticiones, el agua ozonizada al 5% presentó dos colonias bacterianas mientras que el hipoclorito de sodio y clorhexidina no presentaron colonias bacterianas presentes.

Concluyendo que la efectividad del ozono, ya sea en forma acuosa o en gas, dependerá de las concentraciones que se decida utilizar, así como el



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



equipo que generará ozono, esta investigación demuestra la efectividad del ozono como reductor de biopelículas de *Enterococcus faecalis* y *Actinomyces Israelii*, el ozono serviría como irrigante o mucho mejor como complemento de sustancias irrigadoras.



Referencias Bibliográficas

1. Scwhartz A. La ozonoterapia y su fundamentación científica. Revista Española de Ozonoterapia. 2012; 2, p. 163–98.
2. Martín NA, García GR. Ozonoterapia en Paciente intoxicado por Monóxido de Carbono. Revista Española de Ozonoterapia. 2016; 6: 141-164.
3. Grootveld M, Baysan A, Siddiqui N, Sim J, Silwood C, Lynch E. History of the Clinical Applications of Ozone. En: The revolution in dentistry. London: Quintessence Publishing Co; 2022. pp. 23–30.
4. De Castro González FV. El Ozono: cuándo protege y cuando destruye.
5. Padilla Gómez EM, Sueiro Sánchez I, Quintero Chis I, Domínguez Rojas C, Hernández Millán AB, Ercia Sueiro LE. Usos terapéuticos del ozono en los servicios de salud. Cubana de Medicina Natural y Tradicional [Internet]. 2016;1. Available from: <http://www.revmnt.sld.cu/index.php/rmnt/article/view/17/36>
6. Gopalakrishnan S, Parthiban S. Ozono-una nueva revolución en odontología. 2012 April 20; Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.348.6520&rep=rep1&type=pdf>
7. Trujillo S, Almazán C. Indicaciones de Ozonoterapia. Barcelona: Agencia de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya; 2014.
8. Oizumi M, Suzuki T, Uchida M, Furuya J, Okamoto Y. In vitro testing of a denture cleaning method using ozone. J Med Dent Sci. 1998 Jun;45(2):135-9.
9. Nagayoshi M, Fukuizumi T, Kitamura C, Yano J, Terashita M, Nishihara T. Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms. Oral Microbiol Immunol. 2004 Aug;19(4):240-6.
10. Arita M, Nagayoshi M, Fukuizumi T, Okinaga T, Masumi S, Morikawa M, Kakinoki Y, Nishihara T. Microbicidal efficacy of ozonated water against *Candida albicans* adhering to acrylic denture plates. Oral Microbiol Immunol. 2005 Aug;20(4):206-10



11. Hems RS, Gulabivala K, Ng YL, Ready D, Spratt DA. An in vitro evaluation of the ability of ozone to kill a strain of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*. 2005 Jan;38(1):22-9.
12. Estrela C, Estrela CR, Decurcio Dde A, Silva JA, Bammann LL. Antimicrobial potential of ozone in an ultrasonic cleaning system against *Staphylococcus aureus*. *Braz Dent J*. 2006;17(2):134-8.
13. Polydorou O, Pelz K, Hahn P. Antibacterial effect of an ozone device and its comparison with two dentin-bonding systems. *Eur J Oral Sci*. 2006 Aug;114(4):349-53
14. Zan R, Hubbezoglu I, Sümer Z, Tunç T, Tanalp J. Antibacterial effects of two different types of laser and aqueous ozone against *Enterococcus faecalis* in root canals. *Photomed Laser Surg*. 2013 Apr;31(4):150-4
15. Noites R, Pina-Vaz C, Rocha R, Carvalho MF, Gonçalves A, Pina-Vaz I. Synergistic antimicrobial action of chlorhexidine and ozone in endodontic treatment. *Biomed Res Int*. 2014;2014:592423
16. Ajeti NN, Pustina-Krasniqi T, Apostolska S. The Effect of Gaseous Ozone in Infected Root Canal. *Open Access Maced J Med Sci*. 2018 Feb 14;6(2):389-396
17. Makeeva MK, Daurova FY, Byakova SF, Turkina AY. Treatment of an Endo-Perio Lesion with Ozone Gas in a Patient with Aggressive Periodontitis: A Clinical Case Report and Literature Review. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2020 Oct 28;12:447-464.
18. Azarpazhooh A, Limeback H. The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature. *Journal of Dentistry*. University of Toronto, Room #521A, 124 Edward Street, Toronto, ON, M5G 1G6 Canada; 2007. p. 105,106.
19. Mohammadi Z, Azarpazhooh A. Ozone Application in Endodontics. En: Basrani B, ed. by. *Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System*. 1.^a ed. Switzerland: Bettina Basrani; 2015. p. 221–225.



20. Bocci V. Ozone. A new medical drug. 2.^a ed. London New York; 2010.p.5-8.
21. Augusto Gonçalves A. El ozono como agente antiséptico en la industria pesquera. Brasil; 2007.
22. Azofeifa Álvaro. Problemas de Oxidación y oscurecimiento de explantes cultivados in vitro. 1.^a ed. Costa Rica; 2009. pp. 153–175.
23. Ricaurte Galindo SL. Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. España; 2006. p. 2.
24. Piedrahita Sánchez YR. Análisis de concentración de ozono para el control del crecimiento de la *Moniliophthora roreri* (Monilia) en laboratorio. [Ingeniería Agropecuaria]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2018.
25. Hidalgo-Tallón FJ, Torres LM. Ozonoterapia en medicina del dolor. Revisión. Rev Soc Esp Dolor 2013; 20(6): 291- 300
26. Zamora S. JD. Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. Revista Chilena de Nutrición vol. 34, núm. 1. 2007.
27. Hidalgo Tallón Francisco Javier. Oxígeno-ozonoterapia: una realidad médica. Rev. Soc. Esp. Dolor [Internet]. 2009 Abr [citado 2022 Oct 10] ; 16(3): 190-191. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462009000300007&lng=es.
28. Lardiés Utrilla D. Terapia con ozono en odontología. Revisión de la literatura científica. Revista sanitaria de Investigación. 2021.
29. Hidalgo Tallón FJ. Ozonoterapia en medicina del dolor.Revisión. Rev Soc Esp Dolor . España ; 2013. p. 291–300.
30. Saldaña García L, González Jardines M, García Triana BE, Saldaña Bernabeu A, Caraza Fernández A, Trujillo Fernández J. Aplicaciones del ozonoterapia en el campo de la medicina y de la estomatología. 2015.
31. Suh Y, Patel S, Kaitlyn R, Ganhi J, Joshi G, Smith N, Ali Khan S. Utilidad clínica de la ozonoterapia en medicina dental y bucal. 2019. pp. 163–167.



32. Favier Torres MA, Nico García M, Chi Ceballo M, Dehesa González L, Samón Leyva M, Franco de la Iglesia Y, Calzado Begué D. Ozonoterapia. Revista Información Científica. 2006; 50(2).
33. Schwartz A, Martínez Sánchez G, Sabah F. Declaración de Madrid sobre la Ozonoterapia. 2.^a ed. Madrid, España; 2016.
34. Manual de Ozonoterapia para la aplicación en pequeños animales. Ozonoterapia una nueva alternativa. Buscando el bienestar de nuestras mascotas. Internet]. Edu.co. [citado el 21 de octubre de 2022]. Disponible en:<https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/8802/1/Practica%20social%2C%20empresarial%20y%20solidaria-Anexo1.pdf>
35. Steier L, Steier G. Ozone Application in Root Canal Disinfection. En: Ozone:the revolution in dentistry. London:Quitessence Publishing Co; 2004. pp. 329–339.
36. Suecia-martina.com. [citado el 25 de octubre de 2022]. Disponible en:
https://www.swedenmartina.com/articms/admin/reserved_area_file/360/d-chi-ozone-s_rev.07-17_v.01_LR.pdf
37. Soares IJ, Golberg F. Endodoncia Técnicas y Fundamentos. 2.^a ed. Buenos Aires-Argentina; 2012.
38. Siqueira JF, Rocas IN. Microbiología Endodóntica. En: Torabinejad M, Walton RE, editores. Principios y práctica de la endodoncia. Elsevier; 2009.
39. Pumarola Suñe J. Microbiología endodóntica. En: Canalda Sahli C, Brau Aguade E, eds. by. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 4.^a ed. Barcelona, España; 2019. pp. 27–34.
40. Raúl GA, Benjamín BM. Endodoncia I: fundamentos y clínica. Dirección General de Publicaciones; 2016
41. Johnson WT, Craig Noblett W. Limpieza y modelado. En: Torabinejad M, Walton RE, editores. Principios y práctica de la endodoncia. Elsevier; 2009. pp.262-264
42. Víctor Manuel, Baires-Várguez Laura. Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en



- productos comerciales. Rev. Odont. Mex [revista en la Internet]. 2012 Dic [citado 2022 Sep 16] ; 16(4): 252-258. Disponible en:
43. Cárdenas Bahena A, Sánchez García S, Tinajero Morales C, González Rodríguez VM, Baires Vázquez L. Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales. Rev odontol mex [Internet]. 2012 [citado el 16 de septiembre de 2022];16(4):252–8. Disponible en:
44. Basrani B, Malkhassian G. Update of Endodontic Irrigating Solutions. En: Basrani B, editor. Endodontic Irrigation. Springer; 2015. p. 99–115
45. Karen Michael PC. Tendencias de Técnicas de irrigación de los especialistas en Endodoncia de Ecuador. [Doctor]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil ; 2016.
46. Sánchez BF. Aplicaciones de Ozonoterapia en la Odontología. Universidad Finis Terrae, Facultad de Odontología; 2018.
47. Trávez EAP. Utilidad clínica de tratamientos con ozonoterapia en patologías bucodentales. [Ecuador]: Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ciencias de la Salud; 2022.
48. De Langhe CDL, Rocha MT, Finten SB, editores. Actualización sobre irrigantes y nuevas técnicas de irrigación utilizados para la eliminación del smear layer o barro dentinario. Vol. VI N° 1. Revista Facultad de Odontología; 2013.
49. Etchevarren VCL. Desinfección con ozono de los conductos radiculares tratados endodóncicamente. [Santiago de Compostela]: Facultad de Medicina e Odontología; 2015.
50. Cueva ANT. Estudio in Vitro del efecto bactericida del Agua Ozonizada en comparación con Hipoclorito de Sodio (5.25%) como



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre Actinomyces. [Ecuador]: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Odontología; 2016.