

MARC
507
R. 15518

+
25850
2013



OZONO EN ENDODONCIA



Trabajo de Investigación
Requisito para optar al Título
de Especialista en Endodoncia

Alumna: Dra. María Ignacia del Río Weldt

Directora Del Programa
Prof. Dra. Alicia Caro Molina
Docente Guía: Prof. Dra. Emma Fuenzalida Novajas
Cátedra de Endodoncia

Agradezco a mi profesora guía, Dra. Emma Fuenzalida, por su tiempo y paciencia en este proceso. A Marco Chávez, por su gran disposición y ayuda en la recolección de información. A mi familia, por el constante apoyo y preocupación en esta importante etapa.

ÍNDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
<i>OBJETIVOS</i>	4
<i>GENERALIDADES</i>	5
<i>ANTECEDENTES HISTÓRICOS</i>	12
<i>DISPOSITIVOS DENTALES GENERADORES DE OZONO</i>	15
<i>OZONO EN ODONTOLOGÍA</i>	25
<i>OZONO EN ENDODONCIA</i>	29
<i>OZONO EN CIRUGÍA PERIAPICAL</i>	39
<i>CONCLUSIONES</i>	42
<i>RESUMEN</i>	44
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	46

INTRODUCCIÓN

Las infecciones del sistema de conductos radiculares son usualmente polimicrobianas, con complejas interacciones bacterianas, generalmente asociadas en un biofilm (Virtej et al, 2007). Es así como, el uso de sustancias antimicrobianas y una adecuada limpieza y conformación del sistema de conductos, es esencial para lograr la salud y estabilidad del diente y los tejidos periodontales, a través del éxito de la terapia endodóntica.

Para la preparación quimiomecánica de los conductos, históricamente se han utilizado sustancias como el hipoclorito de sodio, que debido a su alta efectividad y actividad antimicrobiana, sigue siendo el gold standar en lo que se refiere a irrigación (Harrison & Hand, 1981). Sin embargo, en la actualidad, los trabajos de investigación se enfocan en la búsqueda de nuevos sistemas antimicrobianos de irrigación y medicación, que presenten los mejores beneficios, junto con la menor cantidad de desventajas.

De esta forma es como se ha estudiado e integrado el uso del ozono ya sea como irrigante o como medicación intraconducto en endodoncia; esto principalmente por las conocidas características desinfectantes y antimicrobianas que presenta este compuesto, gracias a su alto poder oxidativo (Kustarci et al, 2009). El ozono es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno, muy reactivo, que se presenta en forma natural en la atmósfera y que puede ser producido artificialmente por dispositivos generadores de ozono a partir del oxígeno molecular; ha sido utilizado por muchos años en diferentes campos de la industria (Kustarci et al, 2009. Cardoso et al, 2008), así como también en medicina y odontología.

En odontología, hoy en día el ozono está cobrando gran importancia, ya que muchos estudios avalan su utilización en diferentes especialidades, como periodoncia, cirugía y endodoncia.

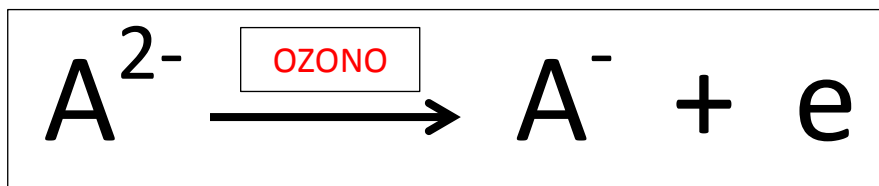
En el presente trabajo, se analizará a fondo las características químicas y biológicas del ozono, su mecanismo de acción y su aplicación en odontología, especialmente en endodoncia, su efectividad y poder antimicrobiano, su función y eficacia como medicación y también su uso en cirugía periapical, a través de lo expuesto en la literatura y reportado por los diferentes estudios relacionados con el tema.

OBJETIVOS

1. Conocer las características generales, químicas y biológicas del ozono
2. Conocer algunos dispositivos generadores de ozono de uso dental
3. Analizar el mecanismo de acción del ozono y sus aplicaciones en odontología
4. Conocer y describir el uso del ozono en Endodoncia y evaluar su efectividad
5. Evaluar la efectividad del ozono en cirugía periapical

GENERALIDADES

Ozono, palabra originaria del griego *ozein*, que significa oler (Loncar et al, 2009), es una sustancia gaseosa, compuesta por tres átomos de oxígeno de estructura cíclica (Bocci, 2006), con un peso molecular de 4798 g/mol^1 , de color azul pálido y con un olor picante muy característico; es un compuesto muy inestable, que a temperatura ambiente, se disocia fácilmente en $\text{O}_2 + \text{O}$ (Estrela et al, 2006). Fue descubierto en el año 1785 y se caracteriza por su alto poder oxidativo (Kustarci et al, 2009). Una reacción de oxidación se define como el proceso mediante el cual una sustancia o compuesto pierde electrones (Hill y Kolb, 1999); por lo tanto, el ozono tiene la capacidad de oxidar otros compuestos, es decir, remover electrones de un átomo o molécula (Estrela et al, 2006), transformándolo en un gas muy reactivo con importantes propiedades antimicrobianas (Cardoso et al, 2008), capaz de destruir bacterias, hongos y virus (Nagayoshi et al, 2004). En el siguiente esquema se grafica una reacción de oxidación, donde el ozono actúa como agente oxidante del compuesto A^{2-} , el cual pierde un electrón:



El ozono está presente en nuestro entorno en pequeñas cantidades, pero es bien sabido de su presencia sobre nosotros en la atmosfera; cuando el oxígeno (O_2) se eleva hacia la atmosfera y se expone a los rayos ultravioleta del sol, el oxígeno se transforma naturalmente en ozono (O_3), formando la llamada “capa de ozono”, como se muestra en la figura 1 (Millar y Hodson, 2006), la cual

absorbe las radiaciones ultravioletas provenientes de la luz solar, crítico para la mantención del balance biológico en la biosfera (Nogales et al, 2008); además, al ser más pesado que el aire, el ozono baja hacia la superficie terrestre, donde se combina con contaminantes presentes en el aire, purificando y limpiando el aire, transformándose en la vía natural de autolimpieza que dispone la tierra (Maiya, 2011).

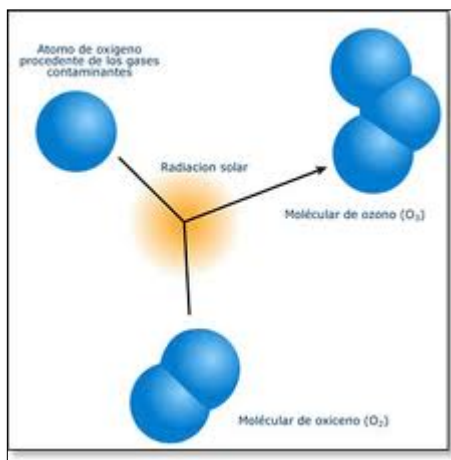


Figura 1: formación de ozono a partir de la exposición de oxígeno a radiación solar

A nivel de la tropósfera (capa de la atmosfera que está en contacto con la superficie de la tierra), también encontramos este gas, aunque en muy bajas concentraciones, ya que está siendo constantemente creado y destruido en oxígeno molecular, bajo la influencia de diferentes fenómenos como relámpagos, tormentas eléctricas y zonas de estrés hídrico, caídas de agua y olas del mar (Millar y Hodson, 2006).

Las descargas eléctricas producidas durante estos fenómenos naturales, rompen el oxígeno molecular, dividiéndolo en dos átomos de oxígeno, los cuales de manera independiente se combinan con otro oxígeno molecular para formar ozono, como se muestra en la figura 2 (Nogales et al, 2008).

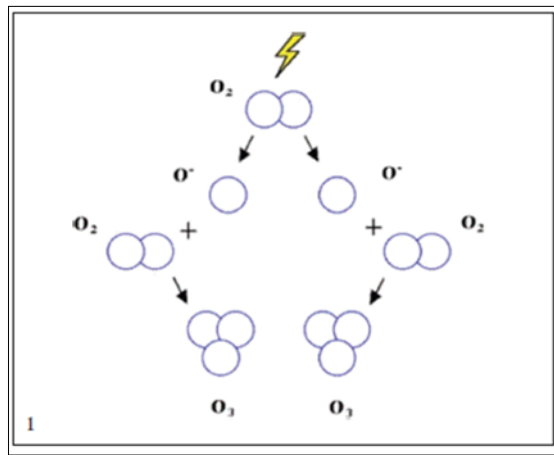


Figura 2

El Ozono es un gas muy tóxico en altas concentraciones (50 ppm por 60 minutos), capaz de causar irritación de las vías respiratorias, ressecamiento de boca y garganta, cefaleas, dolor de pecho y tos, incluso puede producir daño pulmonar y la muerte (Millar y Hodson, 2006). Por otro lado, este gas es reconocido por la Organización Mundial de la Salud, como un agente de desinfección de ambientes, en concentraciones máximas de 0,1 ppm (0,2 mg/m^3) por 8 horas de manera continuada, concentración que nos permite tener entera seguridad y obtener los beneficios de desinfección (www.gmbozone.com). Así también se ha destacado su uso en el tratamiento y purificación de aguas (Estrela et al, 2007), agricultura, alimentación, industria vinícola, medicina y odontología, entre otras.

Debido a la inestabilidad del gas ozono, para ser utilizado como agente desinfectante, éste debe ser preparado inmediatamente previo a su uso, ya que su vida media a 20°C es de sólo 40 minutos, es decir, al cabo de este tiempo, sólo la mitad del gas es aún ozono, mientras que la otra mitad ya se transformó en oxígeno molecular (Bocci, 2006). Para controlar la descomposición de ozono a oxígeno, es que se ha asociado O_3 a un vehículo acuoso, que promueve más rápidamente la conversión de O_3 a O_2 , o la asociación a un vehículo más viscoso u oleoso, que retarda su conversión (Nogales et al, 2008; Garg & Tandon, 2009).

Mecanismo de Acción

El mecanismo de acción antimicrobiano del Ozono, ya sea en forma de gas o como agua ozonizada (Nagayoshi et al, 2004), se detalla principalmente como la oxidación de los componentes celulares microbiológicos (Estrela et al, 2006). Se describe que el Ozono es capaz de oxidar la pared celular y membrana citoplasmática, atacando las glicoproteínas, glicolípidos y otros aminoácidos (Maiya, 2011), actuando sobre bacterias, hongos, protozoos y virus (Cardoso et al, 2008; Guinesi et al, 2011).

La siguiente figura esquematiza el ataque del ozono a una bacteria tipo bacilo; (1) Bacteria sana; (2) y (3) llegada del ozono y contacto con la pared bacteriana; (4) y (5) Formación de poros en pared bacteriana; (6) aumento de la osmolaridad intracelular, provocando una rápida lisis celular.

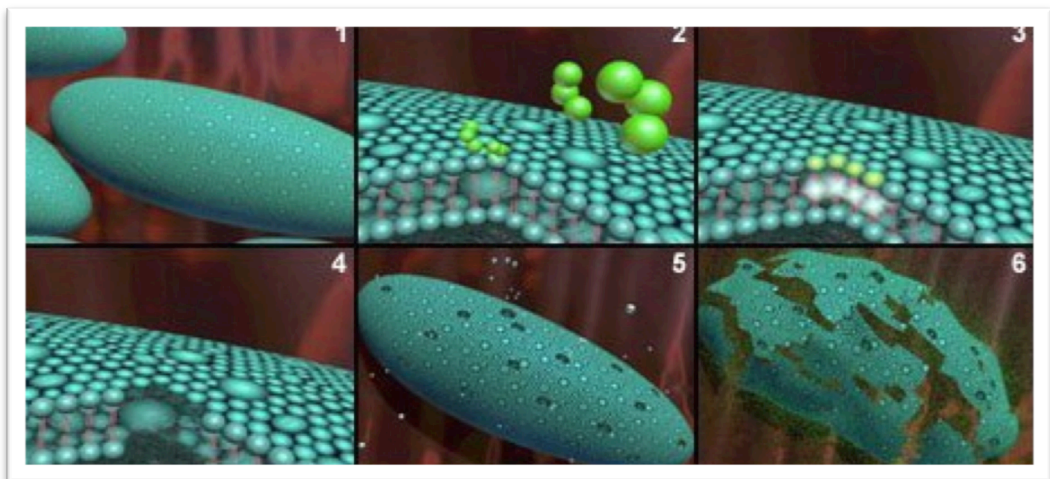


Figura 3

www.gmbozone.com

Posterior al daño provocado en la membrana por la acción de la oxidación, la permeabilidad aumenta y las moléculas de ozono pueden realmente entrar a la célula (Bünning et al, 1996), alterando la osmolaridad, promoviendo la oxidación de aminoácidos y ácidos nucleicos, inhibiendo y bloqueando el control del sistema enzimático celular (Maiya, 2011), provocando finalmente la lisis celular (Cardoso et al, 2008). Es así como, el ozono es muy eficiente contra cepas bacterianas resistentes a antibióticos, aumentando su actividad en medios de pH ácido y en infecciones virales, altera la actividad de la enzima transcriptasa reversa, vital en la síntesis de proteínas virales (Seidler et al, 2008). Todo lo anterior se ha comprobado a través de múltiples estudios microbiológicos y bioquímicos, que corroboran la efectividad del ozono en la reducción de la carga microbiana, principalmente bacteriana y viral (Maiya, 2011).

En relación a la acción del ozono, éste no actúa específica y selectivamente sólo sobre microorganismos, sino sobre todo tipo celular, pero en el caso de las células del cuerpo humano, éstas poseen un mecanismo de defensa que actúa a través de su alta capacidad antioxidante (Bhateja, 2012) Una excepción la constituyen las células pulmonares y oculares, las cuales son muy sensibles al ozono, debido a su mínima capacidad antioxidante y neutralizante (Bocci, 2006).

Por otro lado, el ozono tiene la capacidad de estimular la proliferación de células inmunocompetentes y la producción de inmunoglobulinas, mejorando la respuesta inmune del organismo frente a una injuria. Así también, activa la función de los macrófagos durante la inflamación, aumenta la sensibilidad de los microorganismos para ser fagocitados y estimula la síntesis de interleuquinas, leucotrienos y prostaglandinas, todo lo cual es beneficioso en el proceso de reparación y cicatrización (Bhateja, 2012), además de estimular la producción de enzimas antioxidantes celulares y eventualmente inhibir el estrés oxidativo

(Bocci, 1996). También se describe su acción antihipóxica, al elevar la presión parcial de oxígeno en los tejidos, activando el metabolismo celular aeróbico y su capacidad de estimular la circulación sanguínea, evitando la formación de agregados eritrocíticos, mejorando así el transporte de oxígeno (Seidler et al, 2008).

Como se ha descrito, el ozono es un poderoso agente oxidante, capaz de actuar como modulador metabólico e inmunológico, además de agente antimicrobiano (Bhateja, 2012). Gracias a estas características, se ha transformado en una opción terapéutica válida tanto en el campo médico como odontológico (Garg & Tandon, 2009).

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El químico alemán, Christian Friedrich Schönbein, de la Universidad de Basel en Suiza, es considerado el padre de la ozonoterapia, ya que en 1840 fue el primero en producir este gas en su laboratorio, al aplicar una descarga eléctrica sobre oxígeno y detectar un extraño olor a “materia eléctrica” (Nogales et al, 2008). Casi dos décadas después, en el año 1857, dos físicos alemanes Joachim Hansler y Hans Wolf, desarrollaron el primer generador de ozono para uso médico y fue recién en el año 1870 que el Dr. C. Lender aplicó O₃ en terreno médico (Bhateja, 2012).

En 1881, el ozono fue utilizado como desinfectante en el tratamiento de la difteria (Maiya, 2011); Mientras que en el año 1893, la ciudad holandesa de Ousbaden fue la primera en implementar el ozono en una planta de tratamiento de agua. Durante la primera y segunda guerra mundial, el gas ozono se utilizó para el tratamiento de gangrenas, heridas infectadas y fístulas en los soldados alemanes (Bhateja, 2012).

Recién en el año 1950, Edward Fisch, fue el primer dentista en utilizar ozono de manera regular en su práctica clínica, publicando numerosos artículos sobre su aplicación en odontología, inspirando al austríaco Ernst Payr para iniciar una línea investigativa dedicada al uso del ozono en cirugía (Loncar et al, 2008). Payr reportó sus resultados en el 59° Congreso de la Sociedad Alemana de Cirugía, en Berlín (Azarpazhooh & Limeback, 2008). Estudios recientes han reportado la efectividad del uso del Ozono, tanto en el desarrollo industrial, como en Medicina y Odontología, y sus indicaciones en una amplia gama de especialidades (Nogales et al, 2008).

Dentro de sus usos en la industria, se destacan: (Maiya, 2011)

- Purificación de agua y aire
- Esterilización de equipos
- Tratamiento de desechos industriales
- Secado rápido de barnices y tinturas
- Agente desinfectante en alimentos de almacenamiento en frío
- Agente Bactericida
- Antifúngico en el almacenamiento de frutas y verduras
- Producción de hormonas esteroidales, entre otros.

En el área de la salud, también encontramos múltiples indicaciones, basadas en los beneficios que nos entrega la ozonoterapia, dentro de los cuales detallamos: eliminación de patógenos, restauración del metabolismo de oxígeno, aumento de la circulación, activación del sistema inmune y estimulación del sistema humoral anti-oxidante (Bhateja, 2012).

Dentro de las indicaciones médicas de la ozonoterapia, encontramos (Nogales et al, 2008; Seidler et al, 2008; Garg & Tandon, 2009):

- Alteraciones de la circulación arterial
- Inmunodeficiencias e inmunodesbalances
 - Terapia complementaria en pacientes con carcinoma, leucemia y esclerosis múltiple
 - Enfermedades virales, como Hepatitis
- Condiciones inflamatorias
- Enfermedades reumáticas
- Úlceras superficiales y lesiones en la piel
- Odontología

Dentro de las contraindicaciones que se describen para la Ozonoterapia, como tratamiento sistémico, encontramos: (Bhateja, 2012)

- Embarazo
- Deficiencia de Glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (Flavismo)
- Hipertiroidismo
- Anemia severa
- Miastenia severa
- Intoxicación alcohólica aguda
- Infección reciente al miocardio
- Hemorragia de algún órgano
- Alergia al Ozono

En el caso del uso odontológico, no se describen contraindicaciones, debido a la poca cantidad y concentración en la cual éste se utiliza; sólo el caso de la hipersensibilidad al ozono sería una restricción absoluta para su uso en odontología.

DISPOSITIVOS DENTALES GENERADORES DE OZONO

Como se ha mencionado anteriormente, el ozono es un gas altamente inestable, de corta duración y por lo tanto destinado a la utilización inmediata, debido a su rápida degradación. Por consiguiente, idealmente, su aplicación debe ser directa en la zona requerida. Para esto existen diferentes posibilidades que permiten realizarlo, de manera rápida, sencilla y localizada, gracias a las nuevas tecnologías desarrolladas principalmente durante los últimos años.

Existen tres sistemas diferentes para generar gas ozono (Garg & Tandon, 2009; Bhateja, 2012):

1. Sistema Ultravioleta: produce una baja concentración de ozono y es utilizado principalmente en centros de estética, saunas o para la purificación de aire.
2. Sistema de Plasma Frío: usado en la purificación de agua y aire.
3. Sistema de descarga de corona: Es el más común de los sistemas en el área médica y dental. Produce una alta concentración de ozono, de fácil manejo y que además permite controlar la tasa de producción del gas. Estos sistemas generan ozono a partir de oxígeno puro, el cual al pasar a través de una alta gradiente de voltaje (5 – 13 mV), es transformado en ozono de acuerdo a la siguiente reacción (Bocci, 2005):



Prozone, W&H ®

Prozone ® es un sistema generador de ozono dental, de la empresa W&H ®, apto para su uso en diferentes áreas de la odontología. Además es altamente efectivo en la prevención de la inflamación e infección. El ozono es producido por exposición de aire filtrado a una descarga eléctrica de alto voltaje; el aire es introducido en una bomba especial, transferido a un filtro que lo purifica y deshidrata, para luego entrar en el generador de ozono y salir por un dispositivo especial, según sea la utilidad que se le quiera dar, como se muestra en la figura número 4. (www.wh.com)

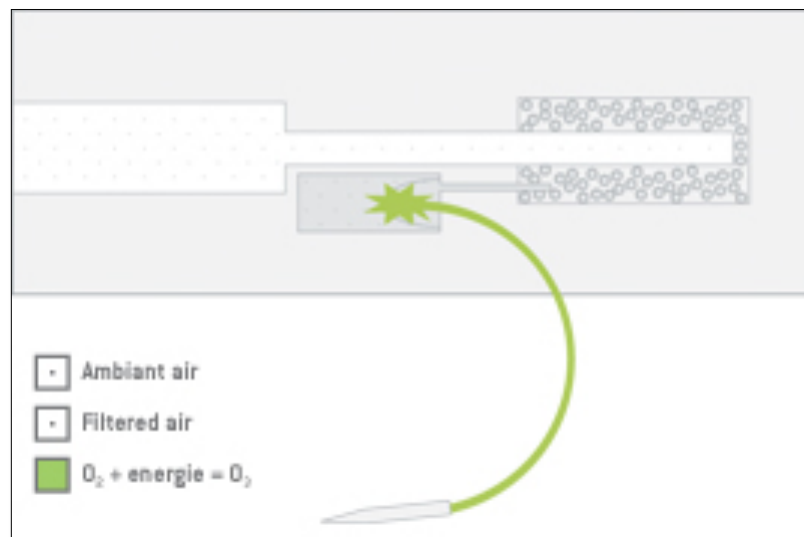


Figura 4: Mecanismo de producción de Ozono, sistema Prozone





Este equipo utiliza dosis mínimas de ozono, de 140 ppm, 2 L/min, la cual es constantemente monitorizada por un sensor que regula que ésta dosis máxima no sea excedida, asegurando así que no se genere una sobredosis potencialmente dañina para el paciente (Case et al, 2012).

El dispositivo consta de una pieza de mano totalmente esterilizable (figura 5) y diferentes puntas intercambiables según aplicación, como se muestra en la tabla I, expuesta a continuación:



Figura 5: Sistema Prozone ®

Tabla I: Puntas Sistema Prozone

PUNTA	APLICACIÓN	MODO DE USO
	<ul style="list-style-type: none"> Desinfección de cavidades (aplicación directa sobre la superficie cavitaria) 	6 Segundos
	<ul style="list-style-type: none"> Desinfección quirúrgico lecho 	12 Segundos
	<ul style="list-style-type: none"> Tratamiento Periodontal: posterior al tratamiento convencional, aplicación directa de ozono en la zona tratada 	18 Segundos
	<ul style="list-style-type: none"> Tratamiento Endodóntico: posterior a la preparación y conformación del conducto, aplicación directa de ozono dentro del conducto para lograr mayor desinfección. 	24 Segundos

Cada punta tiene un uso específico, ya sea para desinfección cavitaria, desinfección del lecho quirúrgico, tratamiento periodontal o para tratamiento endodóntico. Dependiendo del tipo de tratamiento requerido se describen ciclos de diferente duración.

En un estudio realizado por Eick et al, se estudió el efecto del ozono sobre periodontopatógenos *in vitro*, utilizando el sistema Prozone ® como dispositivo generador de ozono. Se aplicó ozono en dos ciclos de 18 segundos cada uno, observándose la eliminación completa de *Fusobacterium nucleatum*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* y principalmente *Porphyromonas gingivalis*, patógenos asociados frecuentemente con enfermedad periodontal destructiva; en el caso de *Staphilococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter cloacae* y *Candida albicans*, su eliminación no fue completa (Eick et al, 2012). Otro estudio evaluó el efecto de Prozone ® sobre el *Streptococcus mutans* y *Escherichia coli*, observándose una fuerte actividad antimicrobiana al aplicar ozono en ciclos de 24 segundos (Plätzer et al, 2010)

También se ha descrito su uso en endodoncia con el fin de ozonizar el irrigante. Se introduce la Endo-tip ® dentro del conducto inundado con suero, a longitud de trabajo menos 2 mm. Luego se activa el sistema por 24 segundos, repitiendo el ciclo 4 veces y cambiando cada vez el suero utilizado como se muestra en las figuras 6 y 7 (Case et al, 2012).



Figura 6



Figura 7

HealOzone ®, Dental KaVo ®

El HealOzone ® es un dispositivo desarrollado originalmente por CurOzone Inc. (Ontario, Canada) y subsecuentemente manufacturado y distribuído por Dental KaVo ® (Kavo, GmbH, Biberach, Alemania) para uso odontológico. Éste dispositivo permite generar concentraciones relativamente altas de ozono (2100 ppm, 0.052%) (Millar & Hodson, 2006). Inicialmente su uso fue exclusivo para tratamiento y prevención de caries. Sin embargo, actualmente, gracias a los últimos avances y perfeccionamientos del dispositivo, se ha ampliado su espectro de indicaciones (www.endoroot.com).

El HealOzone ® genera Ozono a partir de O₂ a través de una pieza de mano especialmente diseñada. Permite la aplicación del ozono en la zona requerida, de forma localizada gracias a una cápsula de silicona que aísla la zona a tratar del resto de la cavidad bucal (figura 8 y 9) (www.dentalozone.co.uk).



Figura 8: Sistema HealOzone®



Figura 9: Pieza de Mano

La punta de la pieza de mano fue especialmente diseñada para ser aplicada sobre la cara oclusal de las piezas dentarias, para la desinfección de cavidades y eliminación de bacterias asociadas a este tipo de lesiones, logrando un sellado óptimo sobre la superficie como se muestra la figura número 10. Sin embargo, su aplicación en la zona interproximal o en sacos periodontales se hace muy difícil, ya que esta misma punta no permite el acceso directo a dichas zonas (Millar & Hodson, 2006).

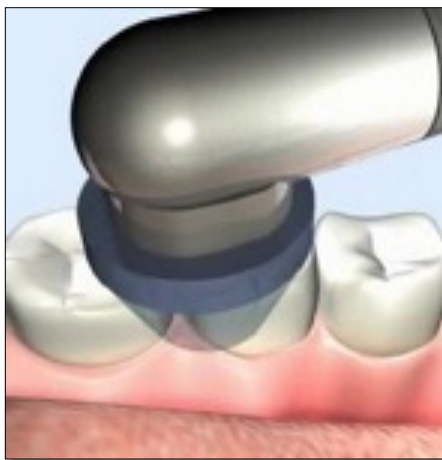


Figura 10: Cabezal pieza de mano para desinfección de cavidades

Se describe como el principal uso del HealOzone ® la desinfección de superficies dentarias con lesiones cariosas, evitando de esta forma un tratamiento más invasivo. Las caries pequeñas fueron una de las primeras indicaciones del HealOzone ®; Tan sólo es necesario aplicar Ozono sobre la superficie a tratar e indicar una adecuada higiene oral al paciente, dejando que la pasta dental y colutorios se encarguen de remineralizar la lesión. En caries medianas, es decir, lesiones que involucran esmalte y parte de dentina, es necesaria la apertura de la fisura, para permitir así el paso del Ozono al fondo de la fisura; no se trata de eliminar la caries, sino de hacerla “visible” al Ozono, con el fin de disminuir la carga bacteriana y permitir la remineralización del tejido. Durante el periodo de remineralización se deja un sellador de fisuras provisional que permita el paso de flúor y minerales necesarios para la remineralización, impidiendo además que se depositen restos orgánicos en el fondo de la fisura. Pasado el periodo de remineralización, se elimina el sellador provisional y se coloca una mínima restauración de manera definitiva sobre el tejido sano. (www.clinicaferrer.com)

Dentro de las ventajas que presenta este sistema, se describe que es una técnica totalmente indolora, que no requiere el uso de anestesia; es una técnica completamente segura para el paciente, sin efectos secundarios y que evita el desgaste o remoción de tejido dentario innecesario, por lo que es muy recomendado en pacientes ansiosos y niños. (www.healthcentre.org.uk)

Para su uso en Endodoncia, se desarrolló una punta endodóntica especial de acero flexible, la cual se adapta a la pieza de mano del dispositivo y permite introducir el gas directamente en el conducto radicular, para lograr la desinfección (figura 11 y 12).

Se describe una aplicación de 40 segundos dentro del conducto, procurando la aislación del diente con una cápsula de silicona adaptada a la misma pieza de mano (Virtej et al, 2007).



Figura 11: Cabezal Endodóntico

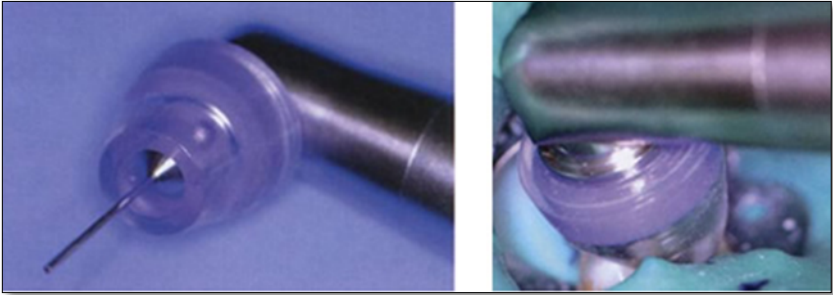


Figura 12

OZONO EN ODONTOLOGÍA

El uso del ozono ha sido propuesto en Odontología debido a su alto poder antimicrobiano, desinfectante y propiedades curativas (Loncar et al, 2009), adquiriendo un rol importante en diferentes tratamientos dentales (Garg & Tandon, 2009). Esto se basa principalmente en su efectividad contra bacterias gram positivas, gram negativas, virus y hongos (Bhateja, 2012). En relación a las bacterias cariogénicas presentes en el medio oral, el ozono tiene un efecto altamente inhibitor, ya que el ácido pirúvico producido por dichas bacterias durante la cariogénesis, es descarboxilado y transformado en ácido acético por el ozono; Se ha visto que la remineralización de lesiones cariosas incipientes puede verse estimulada cuando hay presencia de ácido acético u otro ácido de alto pKa en la placa bacteriana, actuando como una solución buffer (Maiya, 2011).

La aplicación del ozono en diferentes tratamientos y especialidades odontológicas ha demostrado tener grandes ventajas, además de ser un aporte importante a los tratamientos convencionales (Garg & Tandon, 2009). Su aplicación se ha avocado principalmente a la esterilización de cavidades, tratamiento endodóntico, procedimientos periodontales, junto con el tratamiento de lesiones y patologías de la mucosa oral (Baysan y Lynch, 2005). Incluso se han repostado estudios en relación a la reducción de la hipersensibilidad dentinaria (Noguchi et al, 2009)

Como fue mencionado, en el campo de la odontología restauradora, el uso de la ozonoterapia se ha descrito principalmente para la prevención de caries, remineralización de puntos y fisura, junto con el tratamiento de caries incipientes y cavidades (Bhateja, 2012). Se ha sugerido que dicho tratamiento podría detener, revertir o desacelerar el proceso carioso, transformándose en

una alternativa al tratamiento convencional y al uso de anestesia local (Duggal et al, 2012). Esto se basa en la efectividad comprobada del ozono en la eliminación de bacterias presentes en lesiones cariosas incipientes (Garg & Tandon, 2009). Es así como Johansson et al, el año 2009, concluyeron que el ozono tiene una alta capacidad de eliminar especies bacterianas cariogénicas como *S. mutans*, *L. casei* y *A. naeslundii*, en condiciones *in vitro*. Sin embargo observaron que en presencia de saliva, esta capacidad se veía disminuída. Una explicación a lo anterior podría ser que muchos componentes salivales constituyen blancos adicionales para las moléculas de ozono (Johansson et al, 2009). Sin embargo, Baysan & Beighton, el año 2007, encontraron que en el tratamiento con ozono de caries oclusales no cavitadas, no disminuía el número de bacterias viables presentes en la dentina infectada bajo el esmalte desmineralizado (Baysan & Beighton, 2007). Es así como, aunque la eficacia del ozono está bien documentada, no hay evidencia concluyente de que la aplicación de ozono sea efectiva tanto *in vivo* como *in vitro*, en el tratamiento de lesiones cariosas (Azaspazhooh et al, 2008). En un estudio clínico, realizado con 40 niños, se tomaron muestras microbiológicas del suelo cavitario, previo y posterior a la aplicación de ozono por 30 segundos, no observándose diferencias significativas en el número de bacterias viables antes y después de la aplicación (Hauser-Gerspach et al, 2008). Sin embargo, otros estudios han reportado resultados prometedores en el tratamiento de caries superficiales y caries radicales con el uso de ozonoterapia (Garg & Tandon, 2009; Maiya et al, 2011).

Tomando en cuenta toda esta información, podemos concluir que, a la fecha, no existe un número importante de estudios clínicos bien diseñados, con adecuados tamaños muestrales y seguimiento a largo plazo, que entreguen datos duros sobre el uso del ozono en este tipo de tratamientos (Rodrigues et al, 2011).

Un estudio realizado recientemente por Duggal et al, evaluó el efecto del ozono en la inhibición de la desmineralización del esmalte y dentina, reportando un nulo efecto sobre la desmineralización del tejido dentario (Duggal et al, 2012). Si bien el ozono podría temporalmente interrumpir o alterar la placa bacteriana, produciendo un ambiente adecuado para detener el avance de la caries, no hay evidencia de estudios en vivo que reporten la reversibilidad de una lesión cariosa bajo el efecto del ozono (Duggal et al, 2012). En adición, se han estudiado algunas propiedades físicas, como la microdureza del tejido dentario bajo el efecto del ozono, no observándose diferencias significativas con el tejido normal (Celiberti et al, 2006).

La aplicación de ozono en la terapia periodontal ha mostrado resultados prometedores. El agua ozonizada, ha demostrado ser un potente inhibidor de la formación de placa bacteriana y de reducir el número de patógenos periodontales subgingivales; la bacterias gram negativas, como *P. endodontalis* y *P. gingivalis* son sustancialmente más sensibles al agua ozonizada que los streptococos orales gram positivos y *Cándida albicans* (Bhateja, 2012); es así como la aplicación de ozono en pacientes con gingivitis y periodontitis crónica, muestran una mejora importante en el estatus de los tejidos periodontales, así como también en pacientes con abscesos periodontales (Bhateja, 2012; Nagayoshi et al, 2004).

Actualmente también se describe el efecto blanqueador del ozono. El mecanismo sería que dicho gas actúa como catalizador del agente blanqueador, éste último al ser sometido a la radiación con ozono por 3 a 4 minutos, acelera su reacción, observándose resultados inmediatos de blanqueamiento (Maiya, 2011).

OZONO EN ENDODONCIA

La remoción completa del tejido pulpar, detritus dentinario y microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares, son de gran importancia para que la terapia endodóntica sea exitosa (Kustarci et al, 2009). Es así como los microorganismos y sus subproductos son la principal causa de enfermedad pulpar y periapical por lo que su correcta eliminación durante el tratamiento endodóntico mediante la preparación biomecánica, irrigación y medicación del conducto, son la base para promover el restablecimiento de la salud periapical. (Cardoso et al, 2008; Kustarci et al, 2009).

La infección primaria del sistema de conductos radiculares se asocia a una flora compuesta por bacterias anaerobias gram-negativas; pero en dientes con relleno endodóntico y con periodontitis apical persistente, la flora cambia predominantemente a microorganismos gram-positivos, particularmente, *Enterococcus faecalis* (Sundqvist et al, 1998). Por lo tanto, la utilización de un agente irrigante con el máximo efecto antibacteriano, gran poder disolutivo de tejido necrótico y mínima citotoxicidad es necesario (Kustarci et al, 2008). Lo anterior, sumado a una correcta medicación intraconducto debería ser capaz de neutralizar la virulencia de estos microorganismos. Sin embargo, la obtención de cultivos microbiológicos positivos posterior a la conformación del conducto y medicación con hidróxido de calcio entre sesiones, justifica la investigación de otras sustancias o mecanismos antimicrobianos (Estrela et al, 2007).

El ozono, debido a las excelentes características mencionadas, se transforma en un candidato real para la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares. El gas ozono, en concentración aproximada de 4 g/m^{-3} (HealOzone ®; KaVo ®, Biberach, Alemania), ya está siendo utilizado clínicamente en la realización de terapia endodóntica (Huth et al, 2009), aunque

la información existente sobre su efectividad contra endodontopatógenos aún es inconsistente y se ha reportado muy poca información con respecto a la concentración ideal de ozono, su profundidad de acción en túbulos dentinarios y el tiempo de aplicación ideal para alcanzar su máxima actividad antimicrobiana (Nagayoshi et al, 2004; Hems et al, 2005; Estrela et al, 2007).

En relación a la citotoxicidad del ozono, estudios han demostrado una muy baja citotoxicidad del gas ozono en los tejidos periapicales y mucosa oral, en las concentraciones comúnmente utilizadas en endodoncia ($\sim 4 \text{ g/m}^3$) (Huth et al, 2009). El agua ozonizada ha demostrado ser no tóxica para las células orales en condiciones in vitro (Nagayoshi et al, 2004).

Debido a todas estas ventajas presentadas anteriormente, numerosos estudios han intentado dilucidar la efectividad del ozono contra las bacterias que normalmente encontramos en el terreno endodóntico, y comparar su efecto con los irrigantes comúnmente utilizados. Lo anterior con el fin de evaluar su utilización de manera más masiva en este campo de la odontología.

Efecto Antimicrobiano del Ozono

Nagayoshi et al, en su estudio publicado el año 2004, estudiaron el efecto del agua ozonizada contra microorganismos presentes en los túbulos dentinarios. Se realizó en forma in vitro, en dientes de bovinos previamente infectados con *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus mutans*, los cuales fueron irrigados por 10 minutos con: agua ozonizada 4 mg/L (O_3aq 4ppm), agua ozonizada 4 mg/L más activación ultrasónica, agua destilada como control positivo e Hipoclorito de sodio en concentración 2,5% como control negativo; Los resultados obtenidos arrojaron una disminución importante del número de microorganismos viables con todos los tratamientos, siendo mayor en el grupo tratado con O_3aq más activación ultrasónica, alcanzando la misma actividad antimicrobiana que el hipoclorito de sodio 2,5% (Nagayoshi et al, 2004). Los resultados obtenidos, sugieren que el agua ozonizada tiene un fuerte efecto bactericida contra los microorganismos invasores de los túbulos dentinarios, incluso comparable con el hipoclorito de sodio, con la ventaja de ser bastante más biocompatible y menos lesivo para los tejidos periapicales y mucosa oral. Esta baja toxicidad, puede ser atribuible a la rápida degradación del ozono al contacto con compuestos orgánicos, generando radicales libre de oxígeno (Case et al, 2012). Por lo tanto, para mantener su actividad desinfectante y antimicrobiana se requiere un flujo constante de agua ozonizada dentro del conducto (Hems et al, 2005. Nagayoshi et al, 2004). Además, se ha demostrado que la actividad antimicrobiana tanto del gas ozono, como del agua ozonizada, son dosis y tiempo dependiente, ya que una menor concentración de ozono, aplicada por mayor tiempo tendría una acción similar a una mayor concentración de ozono aplicada por un tiempo menor (Huth et al, 2009).

Un estudio reciente realizado por Case et al. (2012), reportó una disminución importante en el número de UFC de *Enterococcus faecalis* al

utilizar gas ozono directamente en el conducto radicular; actividad antimicrobiana que se vio potenciada al combinar la aplicación de ozono junto con la activación ultrasónica. La agitación mecánica de fluidos parece favorecer la remoción del barro dentinario y la disrupción del biofilm bacteriano, lo que llevaría a mejorar la actividad antimicrobiana del ozono, incluso en presencia de cepas tan resistentes como el *Enterococcus faecalis* (Case et al, 2012). El ozono por consiguiente, es efectivo contra *E. faecalis* siempre y cuando éste se encuentre en forma planctónica o en suspensión, ya que en caso de encontrarse asociada o formando parte de un biofilm, es necesaria su disrupción mediante agitación o activación ultrasónica (Hems et al, 2005). Por otra parte, Muller et al, determinaron que el hipoclorito de sodio a 5% es superior al gas ozono en la eliminación de microorganismos organizados en un biofilm cariogénico (Muller et al, 2007).

Cardoso et al, en el año 2008, realizaron un estudio para evaluar la efectividad del agua ozonizada sobre *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis* y sus endotoxinas, presentes en el conducto radicular. El agua ozonizada se obtuvo mediante el burbujeo de gas ozono dentro del conducto con agua destilada por 20 minutos, lo cual logro una concentración de 24mg/L de O₃. La efectividad del agua ozonizada sobre *C. albicans* y *E. faecalis* se observó a partir de los 10 minutos, lo cual concuerda con estudios realizados anteriormente (Velano et al, 2001; Faria et al, 2005). Esto demuestra que el agua ozonizada actúa eficazmente contra éstos dos microorganismos, reduciendo en forma significativa, su número dentro del conducto radicular aunque el agua ozonizada fue incapaz de neutralizar las endotoxinas (Cardoso et al, 2008).

Al comparar el efecto antibacteriano del ozono v/s laser KTP dentro del conducto radicular, se ha concluido que ambos tiene un gran poder antibacteriano contra *E. faecalis*, siendo más efectivo el gas ozono, que el láser.

Sin embargo, el NaOCl 2,5%, sigue siendo superior a los dos anteriores en sus características antimicrobianas, por lo cual se considera que tanto el láser como el ozono podrían utilizarse como una ayuda al NaOCl, y no en su reemplazo durante la eliminación de microorganismos en la terapia endodóntica (Kustarci et al, 2008).

Ozono como Agente Irrigante

En general, se describe que el proceso de desinfección y limpieza es el paso clave para el éxito del tratamiento endodóntico, siendo el irrigante un factor importantísimo para lograr dicho objetivo. Los irrigantes endodónticos deben tener un amplio espectro antimicrobiano, así como también, una relativa ausencia o mínima citotoxicidad contra los tejidos periapicales y mucosas orales.

El hipoclorito de sodio o NaOCl, es el agente irrigante más comúnmente usado en endodoncia debido a su gran poder antimicrobiano, capacidad de disolución de tejidos, su bajo costo, fácil almacenamiento, entre otras ventajas; pero el principal inconveniente, es su alta citotoxicidad para los tejidos periapicales, en caso de extrusión de éste al periápice (Kustarci et al, 2009). En este último caso pudiendo incluso causar hemorragia, edema y ulceración de tejidos blandos (Huth et al, 2009). También se describe su efecto debilitador de la dentina, reduciendo su resistencia a la flexión y resiliencia, aumentando la susceptibilidad del diente a la deformación y posibles fracturas (Hems et al, 2005).

El Digluconato de Clorhexidina al 2% también se ha recomendado como agente irrigante, aunque ha demostrado tener baja actividad contra microorganismos endodónticos altamente patógenos y en casos de patologías refractarias (Siqueira et al, 1998); además puede causar descamación de la mucosa oral, problemas de cicatrización, tinción dentaria y ha mostrado una alta tasa de citotoxicidad en células epiteliales (Huth et al, 2009).

En relación a la citotoxicidad, el ozono tiene una ventaja importante por sobre los dos compuestos antes mencionados; estudios han reportado escasa e incluso nula citotoxicidad, describiéndose una gran biocompatibilidad con

células epiteliales, fibroblastos y células periodontales (Lynch, 2009). Además, un reciente estudio demostró que el agua ozonizada tiene efectos inhibitorios sobre el sistema de Factor nuclear kappa B (NF- κ B) (Huth et al, 2007). El NF- κ B es un factor de transcripción nuclear inducible, que controla múltiples aspectos de la respuesta inflamatoria y que además juega un papel clave en la regulación de la respuesta inmune (Nichols et al, 2001); Su activación estimula la transcripción de IL-1, IL-6 t TNF- α , conocidas citoquinas proinflamatorias, las cuales a su vez producen una regulación positiva o feed back positivo sobre NF- κ B (Crabtree et al, 2008). Adicionalmente, se cree que NF- κ B controlaría la activación de macrófagos y la proliferación celular (Nichols et al, 2001). Todo lo anterior nos sugiere el potencial efecto modulador del ozono, frente a la respuesta inmune del hospedero (Huth et al, 2007).

Al analizar la eficacia antimicrobiana del ozono v/s los irrigantes comúnmente utilizados en endodoncia, como el hipoclorito de sodio y digluconato de clorhexidina, observamos opiniones dispares, lo cual se puede atribuir principalmente a la metodología de cada estudio propiamente tal, como también a las concentraciones y tiempos de irrigación utilizados por cada autor.

Se ha observado que el agua ozonizada no tiene efecto residual, ya que después de un período de tiempo, posterior a su aplicación, se ha visto multiplicación de los microorganismos remanentes; esto parece ser una característica común de los irrigantes endodónticos y podría estar relacionado con la pobre penetración de dichas sustancias a regiones más profundas de los túbulos dentinarios (Cardoso et al, 2008).

Estrela y cols, el año 2007, realizaron un estudio para comparar la eficacia antimicrobiana del agua ozonizada, gas ozono, hipoclorito de sodio 2,5% y clorhexidina 2%, en conductos radiculares de dientes humanos. Los dientes fueron inoculados con *Enterococcus faecalis*, para luego ser irrigados con las soluciones antimicrobianas antes mencionadas. Los resultados fueron

claros: ninguno de ellos, bajo las condiciones utilizadas en este estudio, fue capaz de inactivar el *Enterococcus faecalis* (Estrela et al, 2007). Desafortunadamente, este artículo no menciona la concentración de ozono utilizada, ya sea como gas o como agua ozonizada, lo que no nos permite comparar dichos resultados con los expuesto por otros autores.

Otro estudio, analizó el desempeño de diferentes métodos de desinfección del conducto radicular; se comparó Endox Endodontic System ® (Lysis Srl, Nova Milanese, Italy), MTAD (Dentsply ® Tulsa Dental, Tulsa, OK), Hipoclorito de sodio 3% y HealOzone ® (Kavo ®, Biberach, Germany); Los resultados obtenidos mostraron una disminución importante en el conteo de bacterias viables, con todos los métodos, no existiendo diferencias significativas entre MTAD, hipoclorito de sodio y HealOzone ®. El Endox ® mostró el menor efecto antibacteriano, con diferencias significativas en relación al HealOzono ® (Virtej et al, 2007). Por lo tanto, según este estudio, podemos concluir que el ozono es una buena alternativa para la desinfección del sistema de conductos radiculares, durante la terapia endodóntica.

En el caso de dientes avulsionados, se ha observado mediante estudios inmunohistoquímicos, que la irrigación de estos dientes por dos minutos con agua ozonizada mantiene las células del ligamento periodontal indemnes lográndose una completa descontaminación de la superficie radicular sin toxicidad celular (Azarpazhooh et al, 2008).

Ozono como medicación Intraconducto

Se ha demostrado que, una desinfección predecible del sistema de conductos radiculares, sólo puede lograrse mediante el uso de una medicación intraconducto entre sesiones (Silveira et al, 2007). Esto debido a que muchas bacterias y sus subproductos no son removidos por la acción biomecánica de la instrumentación y de agentes irrigantes, especialmente aquellas que se localizan en los túbulos dentinarios, delta apicales, áreas de reabsorción y biofilm apical (Guinesi et al, 2011). Existe una amplia variedad de medicamentos con este fin, siendo el más común y ampliamente utilizado en el hidróxido de calcio (Silveira et al, 2007). Sin embargo, la persistencia de cultivos positivos después de la instrumentación, desinfección y uso de hidróxido de calcio como medicación, justifica la búsqueda e investigación de nuevas sustancias antimicrobianas (Estrela et al, 2007).

El ozono no sólo puede presentarse en su forma gaseosa y acuosa, también existe el aceite ozonizado (Oleozone, Bioperoxoil), en base a aceites vegetales como girasol y oliva (Silveira et al, 2007; Loncar et al, 2008). Al combinarse el ozono con el aceite mediante burbujeo del sustrato lipídico con gas ozono (Martínez-Sánchez et al, 2012), el ozono rompe el doble enlace entre los átomos de carbono de los ácidos grasos poliinsaturados ($>C=C<$), dando como resultado principios activos como lipoperóxidos, ozónidos, aldehídos y cetonas (Guinesi et al, 2011; Martínez-Sánchez et al, 2012).

El mecanismo de acción del aceite ozonizado es aún desconocido, pero las teorías más aceptadas se refieren a (Martínez-Sánchez et al, 2012):

1. Oxidación directa: la liberación de ozono, trioxolanos y lipoperóxidos podría destruir directamente los microorganismos mediante su oxidación.
2. Citotoxicidad: compuestos como trioxolanos, lipoperóxidos y aldehídos, son citotóxicos para los microorganismos y pueden inactivar rutas enzimáticas claves para su supervivencia.
3. Liberación de factores de crecimiento: diversos componentes de los aceites ozonizados pueden liberar factores de crecimiento como PDGF, TGF- β y VEGF que pueden incidir en la remodelación tisular.
4. Pre-condicionamiento oxidativo: la oxidación local de los tejidos por los componentes de los aceites ozonizados pueden estimular mecanismos antioxidantes endógenos y promover la reparación de los tejidos (Silveira et al, 2007).

Es así como el aceite ozonizado ha demostrado ser efectivo contra muchos microorganismos, como staphilococos, streptococos, enterococos, *Pseudomonas*, *Escherichia coli* y especialmente contra *Mycobacteria* (Loncar et al, 2008).

En endodoncia se describe su utilización como medicación intraconducto entre sesiones, en reemplazo al Hidróxido de calcio, obteniéndose muy buenos resultados contra las especies bacterianas comúnmente asociadas a la patología periapical, incluso mejores resultados a los obtenidos con el hidróxido de calcio (Siqueira et al, 2007). La técnica de aplicación que se describe en la literatura se refiere a la utilización de una mota de algodón impregnada en aceite, la cual se introduce en la entrada del conducto (Martínez-Sánchez et al, 2012) o la inundación del conducto con jeringas de irrigación más una adecuada temporización hasta la próxima sesión en 7 días (Silveira et al, 2007).

La ventaja del aceite ozonizado por sobre el ozono gaseoso o en solución acuosa, es que el aceite permanece mayor tiempo en contacto con

la superficie expuesta, ejerciendo su efecto por más tiempo; además de tener una vida media más larga, lo cual permite su almacenamiento por algunos meses y la posibilidad de prescindir del generador de O₃ en el lugar de trabajo (Guinesi et al, 2011).

OZONO EN CIRUGÍA PERIAPICAL

Los procesos patológicos periapicales en dientes endodónticamente tratados se originan por la presencia de microorganismos en la zona. Esta situación puede tener diferentes causas como: persistencia de microorganismos posterior a la terapia endodóntica, infiltración del material de relleno, ausencia de restauración coronaria y lesión periodontal avanzada, entre otras. En estos casos, el retratamiento endodóntico es la medida terapéutica de elección. Pero en casos cuando es difícil o imposible limpiar y conformar adecuadamente el sistema de conductos radiculares o cuando hay cambios irreversibles en el tejido periapical que no se han resuelto con el tratamiento convencional, la opción de la cirugía periapical es una opción válida y aceptada, para así mantener el diente en boca (Saunders, 2008).

La tasa de éxito de una apicectomía se sitúa entre un 75 y 90% (Torabinejad et al, 2009), según el protocolo quirúrgico que se utilice y los criterios de evaluación que se estipulen. A pesar de que los valores de éxito son bastante auspiciosos, siempre existe la posibilidad de que el proceso periapical recidive o no cure por completo (Karapetian et al, 2011).

Debido a las características que presenta el ozono, principalmente como al estimulador de la respuesta inmune del hospedero, es que se ha descrito la posibilidad de ser utilizado en tratamientos más invasivos como lo es la cirugía periapical.

La influencia del agua ozonizada en el proceso de cicatrización epitelial en la cavidad oral fue observado por Filippi (Bhateja, 2012), quien concluyó que la utilización diaria de agua ozonizada puede acelerar la tasa de cicatrización de la mucosa oral, proceso que se puede observar claramente en los dos primeros días postoperatorios. Bajo la influencia del ozono, las heridas cicatrizan antes

de los 7 días y la proliferación celular comienza más tempranamente, prescindiendo de la utilización de medicación sistémica (Filippi, 1997). El efecto del ozono en la cicatrización se debe a diversos mecanismos biológicos que se ven favorecidos con su aplicación (Filippi, 1997; Bhateja, 2012). La herida recibe mayor cantidad de oxígeno, el cual actúa disminuyendo el tiempo inicial de cicatrización, mejorando la actividad fagocitaria de las células de defensa. Además se acelera la migración de células epiteliales, activación de fibroblastos y síntesis de colágeno, entre otras (Kanzler et al, 1986). También se describe la influencia del ozono en la expresión de citoquinas de gran importancia en la cicatrización, especialmente el factor de crecimiento transformante TGF- β 1 (Bocci et al, 1994). El TGF- β , es una superfamilia de citoquinas, secretadas principalmente por plaquetas, queratinocitos y macrófagos durante el proceso de cicatrización; se describe que, particularmente la TGF- β 1, participa en la regulación de un amplio rango de funciones celulares, incluyendo epitelización, migración de fibroblastos, síntesis y maduración de colágeno junto con la aposición de matriz extracelular (Somprakas et al, 2009). Es así como en pacientes diabéticos la cicatrización tardía y de peor calidad, podría estar asociada a bajos niveles de este factor de crecimiento (Seiichi et al, in press).

En un estudio realizado por Karapetian et al, se analizó el efecto del gas ozono sobre la evolución y éxito de la cirugía periapical. Se trataron 58 pacientes, divididos en dos grupos; en ambos grupos se realizó la apicectomía bajo el mismo protocolo quirúrgico, sólo con la diferencia que en el grupo 1, posterior a la apicectomía, preparación y obturación a retro, se realizó una aplicación de gas ozono (Prozone ®, W&H ®) por 48 segundos en el lecho quirúrgico. (figura 13)

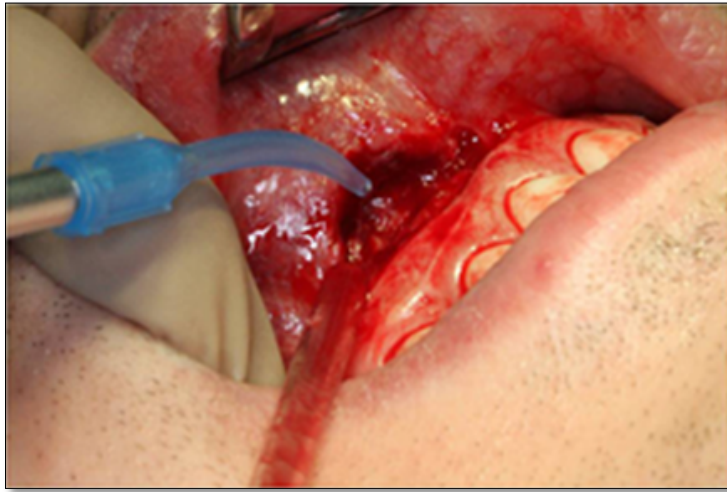


Figura 13: Desinfección del lecho quirúrgico con gas ozono

Los resultados arrojaron lo siguiente: el grupo 1 relató menor dolor y edema postoperatorio, junto con una mayor tasa de cicatrización radiográfica observada a los tres meses post cirugía (Karapetian et al, 2011).

De lo anterior podemos inferir el potencial benéfico del uso del ozono en cirugía. Sin embargo, son necesarios más estudios y datos duros con respecto al tema, para confirmar esta tendencia.

CONCLUSIONES

- El ozono es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno, muy inestable, con alto poder oxidativo y grandes propiedades antimicrobianas.
- Su poder antimicrobiano se relaciona con la oxidación de componentes celulares bacterianos, provocando lisis celular. Por otro lado es capaz de activar procesos inmunológicos y defensivos en el organismo.
- El ozono, debido a sus múltiples cualidades ha sido utilizado en diversas áreas, siendo también muy útil en medicina y odontología.
- En Odontología, se describe su uso en desinfección de cavidades, tratamiento endodóntico, procedimientos periodontales, lesiones y patologías de la mucosa oral; también se han reportado estudios en relación a la reducción de la hipersensibilidad dentinaria y como terapia de blanqueamiento dental.
- Su uso en Endodoncia es más bien reciente y existen grandes controversias en relación a su efectividad antimicrobiana en dicho ámbito, en comparación con otros agentes antimicrobianos, especialmente frente a microorganismos organizados en biofilm.
- La literatura concuerda en el hecho de que su poder antimicrobiano es menor al que presenta el tan usado hipoclorito de sodio, pero sin embargo, su citotoxicidad es mínima o nula en comparación con los tradicionales agentes irrigantes.
- En cirugía periapical, se describe su uso para mejorar las condiciones postoperatorias del paciente y para mejorar la cicatrización de los tejidos

- La mayoría de los estudios en relación a la aplicación del ozono en endodoncia, nos revelan su excelente potencial antimicrobiano y baja toxicidad, lo cual lo hace un agente con características ideales para ser utilizado en la desinfección del sistema de conductos radiculares. Sin embargo, la mayoría de éstos son estudios *in vitro*, por lo que se requieren más estudios *in vivo* y datos duros que fundamenten su uso en endodoncia, así como también, en las diferentes especialidades odontológicas.

RESUMEN

El ozono es una sustancia gaseosa, compuesta por 3 átomos de oxígeno, muy inestable y con un alto poder oxidativo. En forma natural, lo encontramos en la atmósfera formando la capa de ozono, la cual protege a los seres vivos de las radiaciones solares; en forma artificial, se puede producir a través de dispositivos generadores de ozono, los cuales a partir del oxígeno, generan ozono. La principal característica de este gas, es su gran capacidad antimicrobiana, por lo cual es muy utilizado en el desarrollo industrial, medicina y odontología.

Su mecanismo de acción se basa principalmente en la oxidación de componentes celulares microbiológicos, actuando sobre bacterias, virus, hongos y protozoos. Por otro lado tiene la capacidad de estimular y modular la respuesta inmune e inflamatoria del organismo.

En odontología, se describe la utilización de ozono en diferentes tratamientos y especialidades, como en periodoncia, cirugía y endodoncia, entre otros. En endodoncia propiamente tal, se ha estudiado su uso como agente irrigante y desinfectante del sistema de conductas radiculares, ya sea en forma de gas o acuosa; Muchos estudios avalan su uso, ya que su actividad y efectividad contra los endodontopatógenos es bastante favorable, y algunos autores incluso la comparan con la efectividad del NaOCl 2,5%. Sin embargo, el mayor beneficio del ozono por sobre el hipoclorito de sodio es su baja o incluso nula citotoxicidad sobre la mucosa oral y los tejidos periapicales. También se describe el uso de ozono como medicación intraconducto, en forma de aceite ozonizado, el cual ha demostrado tener una gran efectividad, incluso mejor a los resultados obtenidos con el tan utilizado hidróxido de calcio.

En el caso de la cirugía periapical, el ozono ha demostrado mejorar considerablemente los tiempos y calidad de cicatrización, mejorando también las complicaciones postoperatorias como dolor y edema.

Aunque los estudios concuerdan en que el ozono es una buena alternativa como agente desinfectante en el tratamiento endodóntico, aún faltan estudios en vivo que demuestren estos resultados, ya que a la fecha, el tema aún no ha sido bien estudiado y se sugiere la utilización del ozono como una terapia de desinfección complementaria al protocolo convencional de irrigación y medicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Azaspazhooh, A., Limeback, H. (2008). The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature. *Journal of Dentistry*, 36, 104-116.
2. Baysan, A. & Lynch, E. (2005). The use of ozone in dentistry and medicine. *Primary Dent Care*, 12, 47-52.
3. Baysan, A., Beighton, D. (2007). Assessment of the ozone-mediated killing of bacteria in infected dentine associated with non-cavitated occlusal carious lesions. *Caries Research*, 41, 337-341.
4. Bhateja, S. (En prensa). The miraculous healing therapy – Ozone therapy in dentistry. *Indian Journal of Dentistry*.
5. Bocci, V. (2006). Scientific and medical aspects of ozone therapy. State of the art. *Archives of Medical Research*, 37, 425-435.
6. Bocci, V., Luzzi, E., Corradeschi, F., Silvestri, S. (1994). Studies on the biological effects of ozone: Production of transforming growth factor 1 by human blood after ozone treatment. *J Biol Regul Homeost Agents*, 8, 108-112.
7. Bocco, V. (1996). Does ozone therapy normalize the cellular redox balance?: implications for the therapy of human immunodeficiency virus infection and several other diseases. *Medical Hypotheses*, 40, 150-154.
8. Bünning, G., Hempel, D. (1996). Vital-fluorochromization of microorganisms using 3', 6'-diacetylfluorescein to determine damages of cell membranes and loss of metabolic activity by ozonation. *Ozone Sci Engl*, 18, 173-181.
9. Cardoso, M., Dias de Oliveira, L., Koga-Ito, C., Olavo Cardoso, A. (2008). Effectiveness of ozonated water on *Candida albicans*, *Enterococcus*

faecalis and endotoxins in root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 105, e85-e91.

10. Case, P., Bird, P., Kahler, W., George R., Walsh, L. (2012). Treatment of Root Canal Biofilms of *Enterococcus faecalis* with Ozone Gas and Passive Ultrasound Activation. *Journal of Endodontics*, 38, 523-526.
11. Celiberti, P., Pazera, P., Lissi, A. (2006). The impact of ozone treatment on enamel physical properties. *American Journal of Dentistry*, 19, 67-72.
12. Crabtree, M., Pileggi, R., Bhattacharyya, I., Caudle, R., Perez, F., Riley, J., Vertucci, F., Katz, J. (2008). RAGE mRNA expression and its correlation with Nuclear Factor Kappa Beta mRNA expression in inflamed human periradicular tissues. *Journal of Endodontics*, 34, 689-692.
13. Duggal, M., Nikolopoulou, A., Tahmassebi, J. (En Prensa). The additional effect of ozone in combination with adjunct remineralisation products on inhibition of demineralization of the dental hard tissues in situ. *Journal of Dentistry*.
14. Eick, S., Tigan, M., Sculean, A. (2012). Effect of ozone on periodontopathogenic species: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*, 16, 537-544.
15. Estrela, C., Estrela, C. R., Decurcio, D. A., Holanda, A. C., Silva, J. A. (2007). Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root Canals. *International Endodontic Journal*, 40, 85-93.
16. Faria, IS., Ueno, M., Koga-Ito, C., Urruchi, W., Balducci, I. (2005). Effects of ozonated water on candida albicans oral isolated. *Braz journal Sci*, 4, 783-786.
17. Filippi, A (1997). The influence of ozonised water on the epithelial wound healing process in the oral cavity. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*. 56, 104-108.

18. Garg, R., Tandon, S. (2009). Ozone: a new face of dentistry. *Int Journal Dent Sci*, 7:2.
19. Guinesi, A., Andolfatto, C., Bonetti, I., Cardoso, A., Passaretti, J., Farac, R. (2011). Ozonized oils: a qualitative and quantitative analysis. *Braz Dent Journal*, 22, 37-40.
20. Harrison, JW., Hand, RE. (1981). The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5,25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 7, 128-132.
21. Hauser-Gerspach, I., Pfaffli-Savtchenko, V., Dahnhardt, JE., Meyer, J., Lussi, A. (2008) Comparison of the immediate effects of gaseous ozone and chlorhexidine gel on bacteria in cavitated carious lesions in children in vivo. *Clin Oral Invest*, 13, 287–291.
22. Hems, R., Gulabivala, K., Ng, Y., Ready, D., Spratt, D. (2005). An in vitro evaluation of the ability of ozone to kill a strain of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 38, 22-29.
23. Hill, J. W. & Kolb, D. K. (1999). *Química para el nuevo milenio* (8va Edición). Mexico: Prentice Hall.
24. Huth, K., Quirling, M., Maier, S., Kamereck, K., AlKhayer, M., Paschos, E., Welsch, U., Miethke, T., Brand, K., Hickel, R. (2009). Effectiveness of ozone against endodontopathogenic microorganisms in a root canal biofilm model. *International Endodontic Journal*, 42, 3-13.
25. Huth, K., Saugel, B., Jakob, F., Cappello, C., Quirling, M., Paschos, E., Ern, K., Hickel, R., Brand, K. (2007). Effect of Aqueous Ozone on the NF- κ B System. *Journal of Dental Research*, 86, 451-456.
26. Johansson, E., Claesson, R., van Dijkena, J.W.V. (2009). Antibacterial effect of ozone on cariogenic bacterial species. *Journal of Dentistry*, 37, 449-453.

27. Kanzler, M.H., Gorsulowsky, D.C., Swanson, N.A. (1986). Basic mechanisms in the healing cutaneous wound. *J Dermatol Surg Oncol*, 12,1156-1164.
28. Karapetian, V., Herrera, M., Möller, F., Müller, J., Duddeck, D., Zöller, J. (2011) Intraoperative Ozonanwendung zur Verbesserung der Ergebnisse einer Wurzelspitzenresektion. *ZMK/Jg 27/Sonderausgabe*, 6-12
29. Kustarci, A., Sümer, Z., Altunbas, D.m, Kosum, S. (2009). Bactericidal effect of KTP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with gaseous ozone: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 107, e73-e79.
30. Loncar, B., Stipetic, M., Matosevic, D., Tarle, Z. (2009). Letter to the editor: Ozone application in dentistry. *Archives of Medical Research*, 40, 136-137.
31. Lynch, E. (2009). Comment on “The application of ozone in dentistry: a systematic review of the literature”. *Journal of Dentistry*, 37, 406-410.
32. Maiya, A. (2011). Applications of ozone in dentistry. *Int Journal Clinical Dental Science*, 2, 23-27
33. Martínez- Sánchez, G., Re, L., Perez-Davison, G., Horwat Delaporte, R. (2012). Las aplicaciones médicas de los aceites ozonizados, actualización. *Revista Española de Ozonoterapia*, 2, 121-139.
34. Millar, B. & Hodson, N. (2007). Assessment of the safety of two ozone delivery devices. *Journal of Dentistry*, 35, 195-200.
35. Muller, P., Guggenheim, B., Schmidlin, PR. (2007) Efficacy of gasiform ozone and photodynamic therapy on a multispecies oral biofilm in vitro. *European Journal of Oral Sciences*, 115, 77-80.
36. Nagayoshi, M., Kitamura, C., Fukuizumi, T., Nishihara, T., Terashita, M. (2004). Antimicrobial effect of ozonated wáter on bacteria invading dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 30, 778-781.

37. Nichols, T., Fischer, T., Deliargyris, E., Baldwin, A. (2001). Role of Nuclear Factor-Kappa B in inflammation, periodontitis and atherogenesis. *Ann Periodontol*, 6, 20-29.
38. Nogales, C., Ferrari, P., Kantorovich, E., Legw-Marques, J. (2008). Ozone therapy in medicine and dentistry. *J Contemp Dental Pract*, 9, 1-9.
39. Noguchi, F., Kitamura, C., Nagayoshi, M., Chen, K., Terashita, M., Nishihara, T. (2009). Ozonated Water Improves Lipopolysaccharide-Induced Responses of an Odontoblast-like Cell Line. *Journal of Endodontics*, 35, 668-672.
40. Plätzer, K., Dallinger, C., Krammer, B. (2010). Inactivation of bacteria using W&H Prozone. *Dental Tribune, Austria*.
41. Rodrigues, J., Lussi, A., Seemann, R. & Neuhaus, K. (2011). Prevention of crown and root caries in adults. *Periodontology 2000*, 55, 231–249.
42. Saunders, W. (2008). A prospective clinical study of periradicular surgery using Mineral Trioxide Aggregate as a root-end filling. *Journal of Endodontics*, 34, 660-665.
43. Seidler, V., Linetskiy, I., Hubálková, H., Stanková, H., Smucler, R., Mazánek, J. (2008). Ozone and its usage in general medicine and dentistry. A review article. *Prag Med Rep*, 109, 5-13.
44. Seiichi, Y., Winston, K., Cortino, S. (En Prensa). Downregulated gene expression of TGF- β s in diabetic oral wound healing. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*.
45. Silveira, A., Lopes, H., Siqueira, J., Macedo, S., Consolaro, A. (2007). Periradicular repair after two visit endodontic treatment using two different intracanal medications compared to single visit endodontic treatment. *Brazilian Dental Journal*, 18, 299-304.
46. Siqueira JF Jr, Rôças IN. (2004) Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg*, 97, 85-94.

47. Siqueira, J., Bastidas, M., Fraga, R., de Uzeda, M. (1998). Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented Gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *Journal of Endodontics*, 24, 414-416.
48. Somprakas, B., Mohan, K., J.P.N. Chansuria, Tej Bali Singh, Raj Bhatnagar, Vijay K. Shukla. (2009). Effect of Cytomodulin-10 (TGF- β 1 analogue) on wound healing by primary intention in a murine model. *International Journal of Surgery*, 7, 460-465.
49. Sundqvist, G., Figdor, D., Persson, S., Sjögren, U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative retreatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 85, 86-93.
50. Torabinejad, M., Corr, R., Handysides, R., Shabahang, S. (2009). Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *Journal of Endodontics*. 35, 930-7.
51. Velano, H., Nascimento, L., Barros, L., Panzeri, H. (2001). Avaliacao in vitro da atividade antibacteriana da agua ozonizada frente ao *Staphylococcus aureus*. *Pesq Odontol Bras*, 15, 18-22.
52. Virtej, A., MacKenzie, C., Raab, W., Pfeffer, K., Barthel, C. (2007). Determination of the performance of various root canal disinfection methods after In situ carriage. *Journal of Endodontics*, 33, 926-929.
53. www.hw.com/microsite/prozone.
54. www.dentalozone.co.uk/healozone.
55. www.gmbozone.com
56. www.endoroot.com
57. www.clinicaferrer.com/healozone
58. www.healthcentre.org.uk/dentistry/healozone.html