



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**APLICACIONES DEL OZONO COMO MÉTODO
TERAPÉUTICO EN PERIODONCIA.**

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:

EDITH GRISELDA ORIHUELA MARTÍNEZ

TUTORA: C.D. ELSA MÓNICA TORIZ PICHARDO

MÉXICO, D. F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

A dios que ha iluminado mi camino.

A la universidad por haberme permitido ser parte de ella.

A los profesores de la facultad de odontología que me transmitieron sus conocimientos para formarme como profesionista.

A mi madre por su ternura, amor y comprensión. Porque sin ella no seria lo que soy, una persona con valores y principios. A mi padre porque me ha enseñado el ideal de tener metas con humildad, de amar la justicia y ser fuerte ante las adversidades. A ambos muchas gracias.

A mis hermanos por su apoyo incondicional por estar a mi lado en los momentos más difíciles y sobre todo por que los quiero.

A mi tía Ofelia y a David por todo el cariño y apoyo.

A mi familia en general y amigos por todos los ánimos, consejos para que yo continuara adelante en mi profesión.

A Roberto, por que día a día, cuando el cansancio me vencía por toda la presión de trabajo, me brindo una sonrisa, motivándome y animándome a seguir adelante, por todo gracias.

A mi Dr. Mónica por su apoyo y guía para que este trabajo se realizara, de corazón y con gran humildad, gracias.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PROPÓSITOS	5
3. OBJETIVO	5
4. OZONO	6
4.1 Antecedentes generales	6
4.2 Composición	12
4.3 Funciones	14
4.4 Mecanismos de acción	15
4.5 Efectos tóxicos	17
4.6 Presentaciones	19
5. USOS INDUSTRIALES	22
6. USOS EN MEDICINA	24
7. ANTECEDENTES EN ODONTOLOGÍA	30
8. USOS EN ODONTOLOGÍA	32
9. USOS EN PERIODONCIA	38
10. CONCLUSIONES	43
11. FUENTES DE INFORMACIÓN	44
12. ANEXO	51

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes alternativas de tratamiento cuyo objetivo principal es devolver la salud a los pacientes y siempre existe la necesidad de nuevas investigaciones en busca de este objetivo. Entre diferentes alternativas y métodos se encuentra el ozono el cual se ha propuesto como agente antiséptico en odontología esto basado en informes que reportan sus efectos antimicrobianos, tanto en forma gaseosa como líquida este es un compuesto a base de oxígeno que tiene varios efectos terapéuticos.

Al ozono se le atribuye diversos efectos, como agente antimicrobiano, debido a su elevado poder oxidante, es capaz de inhibir y destruir microorganismos patógenos como bacterias anaerobias, virus, algas, hongos y protozoos. Estas propiedades bactericidas han permitido la utilización del ozono en forma industrial como es la potabilización de aguas, como desodorizante para eliminar los malos olores, para purificación y limpieza del aire, sin que se produzcan residuos tóxicos para la salud humana.

El presente trabajo constituye una revisión bibliográfica cuyo objetivo es conocer, identificar las aplicaciones terapéuticas del ozono existente en el área médica-odontológica y periodoncia.

2. PROPÓSITOS

El propósito de esta revisión bibliográfica es conocer las ventajas del ozono como un agente terapéutico alternativo y sus posibles aplicaciones en periodoncia como coadyuvante en la terapia convencional odontológica, así como conocer la forma en que ejerce sus efectos que pudieran beneficiar nuestros tratamientos así como conocer su empleo en otras áreas.

3. OBJETIVOS

- Conocer las posibles ventajas de la aplicación de ozono como una alternativa para la terapia periodontal.
- Conocer como el ozono puede actuar como agente terapéutico, sus efectos y toxicidad.
- Conocer las aplicaciones en el área médica e industrial y
- Conocer las diversas aplicaciones en el área de la odontología.

4. OZONO

4.1 Antecedentes generales

El principio histórico del ozono, se debe al estudio que se ha realizado del oxígeno, molécula que lo conforma y que se encuentra en abundancia en la atmósfera y en los organismos vivos.

El ozono se produce de forma natural, a partir del O_2 , al tener contacto con descargas eléctricas, como la caída de un rayo o la radiación ultravioleta proveniente del Sol, formando la capa de ozono o también conocida como ozonósfera, que evitará el paso de los rayos solares y sus efectos nocivos para la salud, se localiza en la estratosfera a una altura aproximadamente entre 50.000 y 100.000 pies de la tierra. ¹

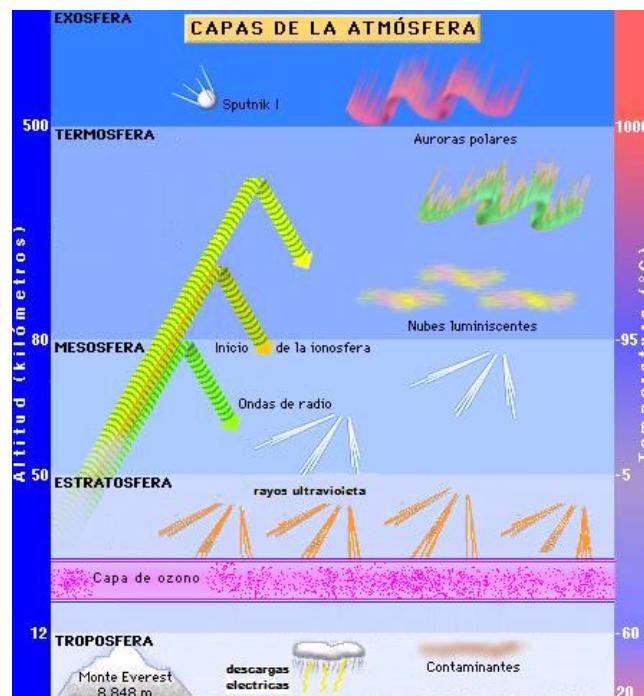


Figura 1. Localización de la capa de ozono en la atmósfera ²

También el ozono puede ser generado de forma artificial, y se ha utilizado desde el año 1785, cuando el físico Holandés Martimus Van Marum, experimentando con máquinas electrostáticas, observó la presencia de un olor característico que despedían estas maquinas, aunque a él no se le atribuye este descubrimiento, fue hasta 1840 cuando el científico alemán Christian Friedrich Schönbein de la Universidad de Basilea observó que se formaba a partir de descargas eléctricas y lo bautizó como "Ozono", nombre que proviene del griego "ozein" y que significa "Olor".³

Posteriormente en los años de 1840 a 1863 se pensó que se trataba de un compuesto de peróxido del hidrógeno, pero Soret confirmó que se trataba solamente de tres átomos de oxígeno y le dio la fórmula O_3 .⁴ Su densidad y peso molecular fue establecido por M.P. Otto quien logro producirlo y controlarlo de manera artificial por medio de descargas eléctricas dando lugar al sistema Otto que se emplea en generadores de ozono.^{4,5}

Al paso del tiempo se sumaron diversos investigadores de diferentes áreas que plantearon varios usos del ozono, como es el caso de Werner Von Siemens de Alemania precursor del uso de ozono que en 1857 construyó un tubo de inducción para producir ozono a partir del oxígeno. Este equipo fue el primer generador de Ozono, usado para investigación médica.⁶ Posteriormente en 1878 el Dr. Day en Australia, escribió la primera edición del uso de ozono en el tratamiento de escarlatina y viruela, así existen evidencias de su uso como desinfectante mencionado por el Dr. Kellogs en su libro de difteria en el año de 1881.⁴

Otras experiencias en procesos de laboratorio, fueron hechas en 1886 en Francia por Maritens, quién observó que el ozono diluido en el agua contaminada producía efectos de esterilización. Cinco años más tarde Frolick comprobó esta propiedad en una planta de tratamiento del agua residual en Alemania. La primera planta de purificación donde se utilizó ozono fue en Oudshoorn en Noruega en el año de 1893. ⁴

En 1896 se patentó un generador de ozono por el ingeniero Nikola Tesla y en 1900, fundó la Company Tesla Ozone. Este sistema permanece aun en nuestros días ya que todavía existen este tipo de generadores funcionando perfectamente después de 75 años de uso. También a él se le atribuye ser el primero que ozonizó aceite de oliva. ⁶

En Alemania en 1901, Wiesbaden utilizó la ozonificación para la purificación de agua potable como experimento, después de un año J.H. Clarke publica en Londres un “Manual Práctico Médico” describiendo el uso Oxygenium agua ozonizada para tratar la anemia, la diabetes, la gripe, envenenamiento por morfina y estricnina, el dolor del cáncer y la tosferina. ⁵

Y fue hasta el año de 1906, cuando en la ciudad de Niza Francia, utilizan la aplicación del ozono en el tratamiento de agua potable. ⁴

El ozono médico es usado nuevamente en 1915 en la Primera Guerra Mundial por el médico Albert Wolf quién lo utiliza para el tratamiento de enfermedades de la piel y para tratar heridas de guerra e infecciones, así como úlceras y osteomielitis. ^{3,5}

En odontología el cirujano dentista E. A. Fisch, introduce el uso de ozono en el tratamiento de úlceras e infecciones bucales en el año de 1932.⁷

En 1933, la Asociación Médica Americana dirigida entonces por el Dr. Simmons y la industria farmacéutica promueve al Gobierno para que sean prohibidas todas las terapias que utilicen medicamentos no autorizados y debidamente registrados. Desde entonces la terapia con ozono en EEUU quedó prohibida y aún en algunos estados de EEUU persiste tal prohibición. Paradójicamente, la FDA aprueba el uso del ozono para purificar la sangre de transfusión y para esterilizar el agua de inyectables.⁷

Conociendo las propiedades del ozono en 1936, los cirujanos Erwin Payr, y Paul Aubourg utilizaron por primera vez mezclas de ozono-oxígeno insuflado por vía rectal para tratar fístulas y colitis ulcerativas.³ En ese mismo año Erwin Payr publica sobre el tratamiento del ozono en cirugía y lo presenta a la sociedad quirúrgica alemana.³ Un año después Paul Aubourg realizó la aplicación de ozono por vía rectal, para el tratamiento de patologías e infecciones intestinales, reportando un aumento del potencial oxidativo de la sangre, lo cual produce un incremento en la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno, por lo tanto la sangre será más oxigenada y llevará más oxígeno a la periferia, mejorando la función y vitalidad de todos los tejidos.³

En Alemania continuaron diversas investigaciones y en 1950 Joachim Haensler, fabricó un generador de ozono médico nombrado Ozonosan, con la característica de poder dosificar y graduar las concentraciones de la mezcla de ozono, a partir de esto se establecieron las dosis y concentraciones del ozono utilizadas actualmente en medicina. ³

A partir de la segunda mitad del siglo XX, el desarrollo médico de la Ozonoterapia comienza a ser un fenómeno creciente.

En el año 1951, se menciona la utilidad del mismo en el tratamiento de gangrena, por vía intraarterial por Lacoste. ⁵

El generador de ozono producido por el del Dr. Hansler en 1957, ha sido la base de tratamientos en los últimos 45 años, destacando el uso de materiales plásticos que no se corroen por el ozono durante su aplicación. ⁸

La ciudad de Mónaco se suma al empleo de ozono para tratar y purificar el agua, y construye su primera planta para el sistema municipal (1960).

En América latina en la década de los 70`s se inician estudios y trabajos sobre el uso de ozono en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) en Cuba, se crea el primer grupo de especialista en investigar el mecanismo de acción y aplicación en diversas enfermedades. ⁹

Otras investigaciones en 1973, por Broadwater y un año más tarde Morres sugiriere que el O₃ es un agente eficaz para emplearse como bactericidas y presenta efectos sobre *B. megaterium*, *B. aereus* y en esporas de *E. coli*. ⁶

En 1972, Alemania nace la sociedad médica alemana del ozono dirigida por Joachim Haensler quien evalúa las aplicaciones del ozono.⁷ Cinco años después en 1977 la Dr. Renate Viebahn proporciona una descripción técnica de la acción del ozono en el cuerpo.⁶

Al paso del tiempo y ya realizados estudios previos en Cuba en 1981, se utiliza por primera vez y se aprueba la efectividad de este agente como bactericida en la desinfección del agua potable contaminada. En 1990 en este país Silvia Menéndez, Frank Hernández y Ofilio Peláez fundan el primer Centro de Investigación de Ozono, como parte del centro Nacional de Investigaciones Científicas.³

Los efectos microbicidas del ozono fueron estudiados por Ishizaki en el año 1986, quien estudio la inactivación de cepas de *Bacilos* spp; *B. Subtilis*, *B. Cereus*; *B. Licheniformis* y *B. Megeterium* con ozono en fase gaseosa (230-1400 ppm) y encontró disminución exponencial en el número de bacterias.¹⁰

Mas tarde en el año 1989, Whistler y Sheldon evaluaron el ozono como desinfectante alternativo del aire para reemplazar al formaldehido en criaderos de aves de corral, y obtuvieron como resultado una reducción en los microorganismos: *Estafilococos*, *Streptococos*, *Bacilos* y determinados cultivos de *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella typhimurium*, y *Aspergillus*.¹⁰

Naito en 1989 estudió la propiedad microbicida y efectos del ozono sobre *Bacilos*, *Micrococos* y levaduras, presentes en una fábrica de dulces y encontró una reducción en la cuenta total de estos microorganismos.¹⁰

En 1992, los rusos utilizan el ozono para tratar quemaduras grado tres obteniendo buenos resultados.

Se requiere más investigaciones sobre las propiedades del ozono, que permitan a los investigadores profundizar sobre este tema, para contribuir a las expectativas sobre los efectos favorables o negativos del ozono aun desconocido.

4.2 Composición

El ozono es una forma alotrópica de oxígeno, que se genera a partir de la separación de los dos átomos libres de Oxígeno que se colisionan con la molécula diatómica O_2 , este procesos es provocado por la acción de un energía como la radiación o la energía eléctrica.^{2, 11}

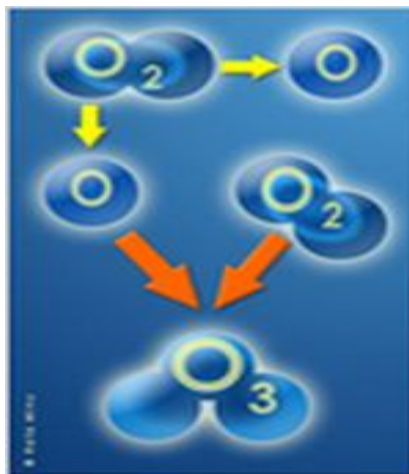


Figura 2. Formación de ozono.¹²

Cada molécula de ozono contiene tres átomos de oxígeno, con una configuración triangular o también conocida como trióxigeno, debido a esto los científicos se refieren a ozono como O_3 , molécula que contiene una gran cantidad de energía ($P3-$) $3/2 O_2 + 143 \text{ kJ/mol}$.^{2, 11}

El ozono se puede presentar:

- a) En forma de gas incoloro con un olor fuerte característico.
- b) En líquido va a ser de color azul índigo que a temperatura de -112°C presentara coloración azul oscuro.
- c) En estado sólido a -193°C bajo cero, formara un color violeta-negro.¹¹

La molécula de ozono es inestable, tiende a romperse y unirse con otros átomos o simplemente formara O_2 , este proceso es llamado oxidación² y procede rápidamente con el aumento de la temperatura y la disminución de la presión.¹¹

Estas características le proporcionan ser un agente oxidante potente, en comparación con el oxígeno. Tiene una acción sobre los compuestos orgánicos mucho más selectiva, puede reaccionar rápidamente con algunos de ellos sin afectar a otros.¹¹

Las propiedades físicas y químicas del ozono son:

- Densidad de 11.66 gramos por centímetro cúbico en comparación con el oxígeno que es 1.5 veces más denso.¹¹
- Peso molecular es 48 moles.¹¹
- Punto de fusión es $192.7 \pm 2^\circ \text{C}$.¹¹
- Punto de ebullición 111.9°C .¹¹
- Solubilidad en agua es 1.09 gramos por litro a 0°C , y 50 % superior al oxígeno.¹¹

4.3 Funciones

El ozono tiene diferentes funciones que lo determinan:

-Desinfectante y antimicrobiano:

Debido a su elevado poder oxidante y amplio espectro es capaz de inhibir o ser activo frente a microorganismos patógenos como bacterias anaerobias, virus, algas, hongos, protozoos, y espora, así como ácaros y huevos de múltiples insectos, esta función lo hace útil en la industria y en áreas de la salud.^{10, 13,}

-Descontaminante:

El ozono es capaz de disolver productos químicos, llega a dividir y a oxidar cadenas moleculares, así como disuelve humos, gases como amoniaco, metano, oxida nitritos y fenoles.¹⁰ Es una de las propiedades, de gran utilidad en todo tipo de locales de uso público y en el tratamiento de desechos de origen industrial.¹⁴

-Desodorante:

El ozono posee la propiedad de destruir los malos olores actuando directamente sobre las causa y sin añadir ningún otro olor, en sitios cerrados de gran afluencia de pública, la causa del mal olor suele ser la materia orgánica en suspensión, y la acción de los distintos microorganismos sobre ella, tal es el caso del típico olor a personas, humedad, tabaco, comidas, el ozono tiene efecto sobre estas causas,¹⁰ este actúa oxidando la materia orgánica y sobre microorganismos que se alimentan de ella.¹⁰

--Oxigenante:

Aumenta el nivel de oxígeno del aire, agua y tejidos.¹³

4.4 Mecanismos de acción

Los mecanismos mediante los cuales el ozono es capaz de ejercer sus efectos son determinados con la interacción que tiene con sustancias químicas, compuestos orgánicos, así como la dosis que se administre y la acción de los productos de su reacción.¹⁵

El ozono reacciona y se disocia al contacto con compuestos biológicos como son: plasma, linfa y orina ($O_3 + \text{biomoléculas} \rightarrow O + O_2$) donde el oxígeno atómico será reactivo, y al ser una molécula inestable el ozono al reaccionar se descompone.⁶ Después de la reacción inicial el ozono produce peróxidos orgánicos y ozónidos inestables que se oxidan con facilidad,^{5,8} debido a la interacción que tiene con los ácidos grasos insaturados y poli-insaturados.¹⁵

El ozono desencadena la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS)¹⁶ y estas a su vez un pequeño estrés oxidativo, pero se menciona que esta acción es controlada¹⁷ cuando el ozono se administra en dosis terapéuticas.⁶ Cabe mencionar que los ROS son producidas a nivel celular de manera normal creando un sistema de equilibrio homeostático pro-oxidante-antioxidante¹⁶ que son mecanismos defensivos de la célula.¹⁷ Este sistema puede verse alterado como una respuesta a entidades patológicas, quemaduras o traumas, que producen un aumento constante de ROS, así como, una modificación en el estado redox y un estrés oxidativo intracelular descontrolado,¹⁸ produciendo daños directos a biomoléculas y estructuras, por ejemplo, daño y disfunción de la membrana celular.^{16,18}

El ozono actúa desencadenando diferentes acciones biológicas.¹⁵ Estimulan el sistema de defensa antioxidante que protege y repara el tejido vivo, celular, molecular, formando sustancias antioxidantes enzimáticas como vitamina E, (α -tocoferol y los carotenoides) vitamina C (ácido ascórbico), retinol (vitamina A1), Lactoferrina, ácidos úricos, compuestos tiol-SH y grupos como la catalasa, superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa, donde la principal acción de los anteriores, es impedir la oxidación de sustratos, también previenen la formación de especies reactivas de oxígeno que se producen cuando hay la pérdida de un equilibrio homeostático.¹⁶ También actúan sobre la oxihemoglobina estimulando la liberación de oxígeno a nivel tisular,⁸ produciendo un suplemento a los tejidos.^{9, 19} Además, activan mecanismos oxidativos celulares de la glucólisis, al estimular el paso pentosa/fosfato que incrementa la transformación de la glucosa y tiene un efecto inmunomodulador por que actúa sobre determinadas citoquinas pro-inflamatorias y prostaglandinas produciendo analgesia, un efecto antiinflamatorio⁸ y mejora la circulación sanguínea,^{9,19} debido a que el ozono ejerce efectos sobre las propiedades sanguíneas, favoreciendo la permeabilidad de los vasos y arterias evitando de esta forma el daño endotelial,²⁰ desagrega los eritrocitos¹⁹ y los hace más elásticos reduciendo la aglutinación⁸, junto con la capacidad de llevar oxígeno a tejidos¹⁷, a medida que aumenta la presión parcial arterial de oxígeno, aumenta y disminuye la viscosidad sanguínea.¹³

EL ozono tiene además propiedad de estimular la regeneración de tejidos y favorecer la cicatrización de heridas y lesiones de piel. Al Ayudar a erradicar productos tóxicos que se generan en el funcionamiento celular y activa el sistema inmunológico.

Dependiendo de la dosis de ozono, este interactuara con enzimas y con el ARN y los mismos actuarán como donantes de electrones y se someterán a oxidación.¹⁶

El mecanismo de acción sobre microorganismos es través de la alteración de ácidos grasos insaturados de la membrana fosfolipidica bacteriana.¹⁴ En los hongos, el ozono inhibe el crecimiento celular en ciertas etapas.⁵ Con los virus, el ozono daña la cápside viral oxidando las proteínas de su envoltura por lo que se modifica su estructura tridimensional y altera el funcionamiento del ciclo reproductivo,¹³ esto ocurre cuando el virus no puede anclarse a ninguna célula hospedadora por no reconocer su punto de anclaje, y al encontrarse el virus desprotegido y sin poder reproducirse, muere.^{5, 13}

4.5 Efectos tóxicos

En la atmosfera el ozono producido naturalmente mezclado con otros gases (nitrógeno, plomo, etc.)⁷ puede resultar sumamente toxico, por ello, cuando se habla de ozono se piensa en contaminación ambiental. Sin embargo, es una molécula que en concentraciones altas puede dañar biológicamente.²

El ozono producido para uso médico tiene rangos de eficacia como todos los medicamentos, así como debemos considerarlo como toxico cuando sobrepasamos las dosis terapéuticas establecidas.³

Las manifestaciones fisiológicas por el uso de dosis elevadas de ozono pueden ser reversible o irreversible y van a depender de la vía de administración, así como al tiempo de exposición y concentración.¹⁰

Por vía de inhalación causa una gama de síntomas, desde el desagradable olor, hasta producir daño celular al epitelio de la cavidad nasal causando hemorragia, o daño a bronquios, bronquiolos y macrófagos alveolares,²¹ lo cual, puede desencadenar en hiperactividad bronquial, asma, edema pulmonar o envenenamiento letal debido a la irritación.¹⁰

En otro estudio sobre efectos de genotoxicidad en animales de laboratorios y en muestras extraídas de células humanas, con dosis elevadas. Los resultados fueron una presentación de aberraciones cromosómicas en cromátidas de linfocitos, en algunos hámsteres, y algunas muestras en células humanas, pero no en ratas, ni ratones. En todos los casos donde se mostraron aberraciones fue reversible el daño, se debe tener en consideración que los efectos negativos fueron debido a grandes concentraciones de ozono 0.3 y 1.5 mg. m durante 6 y 10 hrs.²¹

El efecto de este gas sobre los ojos se manifestará como irritación, aunque también puede provocar disminución de la agudeza visual, seguida por la aparición de las lágrimas e hinchazón.¹⁰

Otros síntomas son tos, sequedad de la boca, dolor de cabeza, vértigo, náuseas y sudoración.⁷ Después de una exposición prolongada, los síntomas se vuelven más graves, acompañados de adinamia, taquicardia y puede conducir a la inconsciencia, congestión pulmonar y finalmente a la muerte.¹⁰

La toxicidad producida por ozono en agua es poco frecuente ya que el ozono se auto-descompone y se combina con las moléculas del agua y solo cuando hay una concentración de este en agua, se puede liberar gas ozono en el aire y causar los mismos síntomas antes mencionados.¹⁴

En el caso de una intoxicación por ozono se recomienda colocar al paciente en la posición supina, inhalar oxígeno húmedo, y tomar antioxidantes como ácido ascórbico, vitamina E, vitamina C.⁷

4.6 Presentaciones

A partir del descubrimiento del ozono se ha tratado de implementar el mejor vehículo para su administración, así como, aumentar el tiempo de su efecto, debido a su inestabilidad se disocia en fracción de segundos.²²

En la industria se comercializa principalmente en cuatro presentaciones que son:

-En gas.

Se produce a partir de un generador de ozono, para su aplicación el aparato contiene diversas sondas o componentes que serán utilizados dependiendo del uso o vías de administración. Por ejemplo, usándolo directamente sobre la zona a tratar se puede emplear bolsas plásticas flexibles selladas alrededor de las lesiones o heridas que estarán conectadas a las sondas que insuflara gas ozono, o también se puede usar para la administración por vía rectal, intraarticular, etc.¹⁹

-En agua ozonizada.

Se produce a partir de un generador que satura el agua con ozono, y se utiliza mediante chorro o espray.²²

Los generadores son también denominados ozonizadores, pueden producir artificialmente ozono⁷ en tres formas:

a) Sistema Ultravioleta: produce bajas concentraciones de ozono y se utiliza para la depuración de aire.⁷

B) Mediante la generación de una tensión eléctrica llamada efecto corona: que produce iones negativos, sistema que produce altas concentraciones. Siendo este el sistema más común utilizado en medicina y odontología.⁷

C) Sistema de plasma frío: utilizado en el aire y de purificación de agua.⁷

-Aceites y cremas ozonizadas en refrigeración.¹⁹

Los aceites más comunes utilizados son de oliva y girasol. La mezcla contiene burbujas de gas ozono concentrado.²³ Esta presentación tiene la característica de conservar al ozono por más tiempo,⁷ sin que se disocie, debido a que la mezcla embutida debe refrigerarse, aumentando de esta manera, la vida media del ozono hasta aproximadamente 300 minutos a -10 °C.²²

Hay diversas marcas de generadores o aceites ozonizados registrados y que siguen las normas estándares, a continuación mencionadas:

Ozonytron de Pressing Dental España de uso odontológico, este aparato funciona utilizando oxígeno ambiental transformándolo en ozono, se compone de una unidad de control, una fuente de alimentación, el porta-sonda, una sonda plana, una sonda en punta, una sonda esférica y la tierra paciente.²²



Figura 3. Generador de ozono Ozonytron de uso odontológico.²²

OLEOZON®, aceite tópico desarrollado en el Centro de Investigaciones del Ozono en Cuba, debe almacenarse a una temperatura de 2 a 8 °C y se encuentra envasado en un frasco de vidrio de 30 mL.²³



Figura 4. OLEOZON® Tópico elaborado en el Centro de Investigaciones del Ozono, Cuba.²⁴

5. USOS INDUSTRIALES

El Ozono se utiliza para inhibir la proliferación microbiana, principalmente en sistemas de aire acondicionado y potabilizadoras de agua aunque en se menciona otros usos.

La contaminación microbiana en el aire y en el interior de sistemas de aire acondicionado representa un problema de salud pública, y se debe a la formación de biopelículas y al paso de partículas de materia orgánica así como la presencia de humedad en estas unidades, dando lugar a la proliferación de hongos y bacterias que se convierten en focos infecciosos que pueden ser arrastrados por el sistema, transportándose a lo largo de los edificios y a través de la circulación, lo que reduce la eficiencia de estos sistemas, por tal motivo el ozono en gas se emplea para purificar el aire, evitar la proliferación microbiana, así como para mantener limpio el sistema, ya que es difícil el acceso para su mantenimiento.¹⁰

El gas de ozono también es utilizado como desinfectante en la industria vinícola en la esterilización de las barricas de vino, donde su principal objetivo es la conservación y esterilización de las barricas, ya que pueden verse afectadas por microorganismos, el más común es *Brettanomyces spp.* Proponen su uso combinado con azufre, con un tiempo de uso de 1 hora y se menciona que el ozono es un agente microbicida efectivo y que no ejerce efectos sobre las características del vino.⁴

El ozono es utilizado en diversos países europeos para el tratamiento de potabilización y desinfección del agua, para el consumo humano y aguas residuales.⁴ El agua con ozono resulta completamente inocua al estar en contacto con sus moléculas porque la disociación es más rápida y además no produce subproductos.¹⁴

En México se utiliza a nivel hospitalario principalmente en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), para potabilizar el agua intrahospitalaria, en un estudio realizado por este centro, para verificar la eficacia del ozono se obtuvieron muestras a partir del tercer día de la instalación, durante tres meses, donde se observó la ausencia de microorganismos que comúnmente se registraban.²⁵

Otro uso del agua ozonificada es en desinfección, tratamiento, almacenaje y procesado de alimentos de consumo humano, como son carnes rojas y pollo. En la industria pesquera, el uso del ozono sirve para conservar estos productos y evitar la proliferación de microorganismos patógenos, ya que en estos alimentos se generan compuestos orgánicos producidos por el medio acuoso.¹⁴

En la industria alimentaria es muy importante que los desinfectantes que se utilicen no produzcan durante su reacción efectos sobre los productos o desechos residuales que puedan ser tóxicos para el consumo.¹⁴

En algunas empresas se esta comercializando el uso de generadores de ozono:

a) Industria automotriz con el fin de eliminar bacterias, virus, humedad, olores, partículas de polvo y oxigenar el aire.²⁶



Figura 5. Aparato generador de ozono para coche.²⁶

b) Industria de belleza, en Spa's se emplean cámaras dermo-activas de ozono.²⁷



Figura 6. Cámara dermo-activa.²⁷

c) En piscinas se utiliza para la desinfección y eliminación de microorganismos, compuestos orgánicos, generados por el medio ambiente y las personas, como sustituto del uso de cloro.²⁸

6. USOS EN MEDICINA

El uso del ozono en la medicina puede utilizarse como una terapia alternativa si es empleada adecuadamente, donde sirve para recuperar y conservar la salud tanto en humanos como en animales.⁵

El ozono debe utilizarse como coadyuvante en el tratamiento de diversas alteraciones de la salud y no como terapia única, ya que los problemas de salud necesitan múltiples terapias que se potencialicen entre si, para tener mayores posibilidades de recuperar o mantener la salud en el menor plazo posible.⁸

El ozono en medicina se utiliza, debido a la acción que ejerce sobre los microorganismos patógenos que producen enfermedades infecciosas.¹³ Otro fundamento de su uso es debido a los efectos biológicos que favorecen la rehabilitación, ya que actúa sobre el metabolismo del oxígeno, aportando oxígeno adicional a tejidos, modula el estrés oxidativo biológico e inmunológico donde interviene en la liberación de antioxidantes.^{15, 7}

El ozono debe dosificarse adecuadamente de lo contrario puede ser dañino. Por esa razón el profesional de la salud debe conocer perfectamente su uso y empleo, y tener en sus instalaciones un generador de ozono a través del cual se puedan verificar las concentraciones establecidas.⁵

El uso de ozono esta aprobado y estandarizado por:

- a) La FDA (Food and Drug Administration) de los EE.UU, desde 1982, que ha establecido un nivel máximo tolerable de 0.05 ppm de ozono emitido por cualquier aparato fabricado. ^{29, 30}
- b) La Agencia de protección ambiental, Environmental Protection Agency (EPA), permite el uso de ozono. ³¹
- c) La United States Department of Agricultura (USDA) aprobó el uso de ozono como sustancia orgánica, en virtud de la norma sobre Sustancia Orgánicas (Organic Rule) de la USDA, en el año de 2000. ^{14,32}
- d) La Occupational Safety and Health Administration (OSHA) también estandariza la dosis máxima de 0.05 ppm. ^{10, 33}

Las concentraciones del gas ozono usadas en medicina varían entre 1 y 6 %, sin sobrepasar el 0.05 ppm (dosis máxima establecida), esto se logra usando como fuente de ozono, al oxígeno puro, el cual fluye a través de un generador de ozono donde el médico lo calibra para obtener la dosis deseada. ⁵

Dado que la vida media del ozono producido para uso médico es aproximadamente de 30 - 45 minutos a 20 °C (68 °F), descendiendo su concentración inicial a 16% en dos horas, debe ser generado para uso inmediato en el lugar de tratamiento. ^{5,7}

De acuerdo a las diferentes variantes de su uso, debemos tomar en cuenta:

- a) El peso.
- b) La edad de la persona.
- c) La enfermedad a tratar.
- d) Así como determinar la aplicación de forma local o sistémica,⁵ y
- e) La vía de administración; enteral (rectal) o parenteral (intravascular, intramuscular, intra-articular), tópica (aplicación superficial), insuflación en oídos o vaginal.³⁴

El uso de ozono se inicia en el tratamiento de heridas, fistulas, y quemaduras.⁵

Y a partir de un estudio donde se dio tratamiento a exposiciones óseas postraumáticas⁹ y úlceras flebostáticas¹⁹ (complicación de insuficiencia venosa crónica circulatoria), en los miembros inferiores, donde la terapia consistió de 20 sesiones, insuflando este gas y se observó una disminución de la lesión ulcerosa o en algunos casos en proceso de cicatrización, en las lesiones se encontró una disminución en la cuenta de cultivos microbianos; *estafilococos coagulasa negativa*, *estafilococos aureos*, *citrobacter*, *pseudomona aeruginosa*, *proteus mirabilis*, basados en este estudio en Cuba se inicia la utilización del ozono para tratamiento de estas afecciones.¹⁹ También en este país es utilizado con aceite de girasol, para el tratamiento de enfermedades gástricas, ya que existen ensayos clínicos que han demostrado que posee efectividad terapéutica.³⁵

Y en cuanto a la acción en enfermedades causadas por virus realizaron un estudio en un paciente con SIDA, donde se evaluó la ozonoterapia por vía rectal a dosis de 5 mg diarios, en combinación con medicamentos retrovirales como interferon, factor de transferencia y eritropoyetina recombinante debido a una anemia por una mala alimentación y por inhibición de sistema inmune. Se observó que después de 20 días el paciente tuvo mejoría, disminuyó la adinamia, la deshidratación, producida por diarrea y anemia, además se reportó un aumento en su peso corporal, y una normalización en valores de glucosa, creatinina y tiempos de protrombina los cuales estaban disminuidos cuando se inició el estudio, por lo cual este estudio sugiere que este método terapéutico podría ser un coadyuvante para la terapia convencional en paciente VIH positivos.³⁶

Experimentalmente se evaluó el efecto del ozono, sobre las respuestas celulares que propician una oxigenación suplementaria a los tejidos que presentan quemaduras, en combinación con aloe b en ratas con quemaduras y obtuvieron que después del tratamiento reportaron una mejoría en la evolución de las quemaduras, así como la supervivencia de los animales.¹⁷ Otros estudios mencionan el uso de ozono para restaurar el equilibrio redox en proceso de shock séptico, con un acondicionamiento oxidativo con ozono, los resultados reportan una mayor mejoría en los animales en los que se experimentó, debido a activación del sistema antioxidante.¹⁸

Dentro de otras aplicaciones del ozono, existen artículos donde se emplea en combinación con acupuntura o campo magnético en pacientes con glaucoma crónico simple en estadio inicial dirigido a la reducción de la presión intraocular y mejoramiento de disturbios hemodinámicos y metabólicos en tejido ocular,³⁷ así como aplicación sobre el oído interno para en el manejo de sordera súbita (hipoacusia neurosensorial),¹⁵ en este último también se emplea laser durante el tratamiento. En estos estudios fue eficaz en los pacientes tratados ya que se logró normalizar y disminuir las afecciones esto debido a los efectos biológicos por una influencia positiva en el transporte de oxígeno a los tejidos que presentaban hipoxia y que en combinación con el laser, la acupuntura y el campo magnético estimulan la micro-circulación, y evitando así el procedimiento quirúrgico.¹⁵

En insuficiencia renal causada por glomerulonefritis, donde hay daño renal progresivo, esta aplicación se realizó experimentalmente en animales de laboratorio donde encontraron un efecto renoprotector con dosis 0.3 mg/Kg.
20

En el tratamiento de alteraciones articulares como:

a) Enfermedad artrítica de rodilla, estas afecciones son el resultado: envejecimiento, traumatismos, microtraumatismos. Donde el ozono estimula la eliminación de los productos de degradación y es fluidificante del líquido sinovial.⁸

b) Hernia discal lumbar, caracterizada por sintomatología de dolor, limitación de movilidad, compromiso de la raíz nerviosa, donde algunos estudios han reportado una mejoría en la sintomatología, y una disminución en el tamaño de la hernia discal.³⁸

En el tratamiento de carcinomas la aplicación se basa en la modificación del metabolismo alterado de células cancerosas.⁵

En otros casos donde se menciona su uso son en el tratamiento de la hepatitis, acné, micosis y alteraciones circulatorias como hiperlipidemia, demencia senil tipo alzhéimer³⁹ y en diabetes mellitus.⁵

Los siguientes son contraindicaciones para el uso de terapia de ozono:

- a) Embarazo.⁷
- b) Intoxicación alcohólica aguda.⁷
- c) Infarto al miocardio reciente.⁷
- d) Hipertiroidismo.⁷
- e) Anafilaxia al ozono.⁷



7. ANTECEDENTES EN ODONTOLOGIA

El uso del ozono en la terapia odontológica actual, encuentra sus orígenes en el dentista alemán E.A. Fisch, quien utilizó el agua ozonizada por primera vez con funciones desinfectantes.⁷

Otro dentista alemán, el Dr. Fritz Kramer, quien utilizó el ozono en forma de agua ozonizada, para colutorio, irrigador, ó en forma de spray, indicando las siguientes formas de uso:⁴⁰

1. Desinfectante de superficies.
2. Para contener hemorragias.
3. En la limpieza de heridas de huesos y tejidos blandos.
4. Para reforzar el aporte de oxígeno en el área de una herida quirúrgica con el fin de mejorar la cicatrización.⁴⁰

Millar y Hodson compararon la seguridad de dos sistemas generadores de ozono para aplicación odontológica, tomando en cuenta la seguridad que se debe brindar al utilizarse. Los dispositivos comparados fueron Ozi-cura y el HealOzone desarrollado por CurOzone EE.UU. Inc (Ontario, Canadá), ahora distribuido por KaVo Dental, Biberach, Alemania. Se compararon basándose en la cantidad de ozono que se escapó durante la aplicación. Los investigadores descubrieron el dispositivo Ozi-cura, cuando se utilizan sin una adecuada succión, llega a concentraciones por encima de los niveles permitidos, y por lo tanto, no deben utilizarse. El generador de HealOzone resultó ser seguro para su uso siguiendo las recomendaciones del fabricante.⁴¹

41



En un estudio in vitro publicado por Baysan en el año 2000, ⁴²se reportó el efecto antimicrobiano de ozono en el tratamiento de caries mencionando que el número total de microorganismos es menor en el conteo final que en el inicial de *Streptococcus mutans* y *streptococcus sobrinus* después de la utilización del ozono. ⁶

Más tarde en un estudio clínico publicado por Baysan y Lych en el año 2006 examinaron los efectos del ozono sobre el conteo total de la flora microbiana y la severidad clínica en lesiones cariosas. ⁴³

8. USOS EN ODONTOLOGÍA

En odontología el ozono se está comenzando a utilizar como coadyuvante en el tratamiento de diferentes padecimientos odontológicos.⁷

El uso de este agente antimicrobiano en odontología se justifica, ya que actúa sobre diversos microorganismos que están asociados a enfermedades infecciosas de la cavidad oral.⁷ La ozonoterapia presenta algunas ventajas cuando se utiliza para tratamientos convencionales, por ejemplo; limpieza dental, en prótesis para en la desinfección de preparaciones protésicas, procesos infecciosos, en caries dental, en el tratamiento de desinfección de conductos radiculares, etc.⁴⁴

Como un enjuague bucal se utiliza para reducir la microflora bucal, ya que inhibe la adhesión de los microorganismos a las superficies del diente. Esto sustentado por Minguez F y cols en 1990, quien demostró que la actividad antimicrobiana del agua ozonizada en suspensiones bacterianas y materiales contaminados fue eficaz, y reporta algunas consideraciones sobre la concentración, número de aplicaciones y tiempo de exposición. Un enjuague sólo tuvo poco efecto, pero varios enjuagues sucesivos condujeron a la reducción significativa del número de colonias bacterianas.⁴⁵

Se ha comprobado que el ozono aplicado para el tratamiento de caries dental da como resultado una reducción significativa del número de microorganismos en las lesiones cariosas *in vitro* en corto plazo, en algunas lesiones causadas por caries dental clase 1 se ha demostrado una remineralización de esmalte en órganos dentarios debido al control de proceso microbiológico.⁶

Los factores relacionados con el tratamiento de las lesiones cariosas se deben tomar en cuenta el tamaño y localización de las mismas. Algunos de los estudios disponibles evaluaron el efecto del ozono sobre las fosetas y fisuras con lesiones de caries clase 1 y clase 2. Donde el ozono fué introducido en el tratamiento con HealOzone, y se utilizo para aplicar el ozono en gas en lesiones cariosas durante un período de 10 a 20 segundos *en vivo* y los resultados fueron una reducción significativa en el número de microorganismos presentes en las lesiones hasta en un 99%.⁴⁶

Un estudio *in vitro* evaluó el efecto del ozono sobre el esmalte antes del grabado ácido y la colocación del sellador de fosetas y fisuras. Los resultados indicaron que el ozono no ejerce ningún efecto sobre las propiedades físicas del esmalte y no obstaculizaba la capacidad de sellado. Se ha probado que después del uso del ozono y posterior colocación de selladores de fosetas y fisuras fotopolimerizables, el procedimiento es más higiénico produciendo que no haya recidiva y se presenten procesos cariosos a corto plazo.⁴⁷

El ozono se recomienda y es utilizado por algunos prótesisistas para desinfección de cavidades, para rehabilitar restauraciones como incrustaciones, preparaciones protésicas, y se recomienda un tiempo de exposición entre 1 - 2 minutos.⁷

La aplicación del ozono en prótesis totales se fundamenta por el acumulo de placa Microbiana en las superficies de las prótesis el cual se compone de varios microorganismos orales, principalmente *Candida albicans* y se menciona que el ozono tiene efectos sobre el mismo y también actúa como bacteriostático, evitando así el acumulo de estos microorganismos en las prótesis mejorando así la higiene de las mismas.⁴⁸ Otro uso en prótesis es en el tratamiento de Estomatitis Sub-Protésica causado por la prótesis con márgenes desbordantes que producen lesiones en la mucosa, demostrado ser efectivo, y en combinación con aceite de girasol ozonizado (oleozón), se han observado mejorías en la rehabilitación, en un menor tiempo que si se administra nistatín ungüento solo.⁴⁹

La indicación para su uso en el área de endodoncia es debido al efecto antimicrobiano ante: *Micobacteria*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, y bacteriostático para; *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*,⁴² su uso principal es la desinfección de los canales radiculares y se realiza con el fin de lograr la adecuada limpieza del conducto.⁵⁰ Es importante mencionar que para que sea adecuado y poder conseguir un libre acceso de las moléculas de ozono es importante que el canal radicular este limpio de cualquier tipo de tejido restante antes de introducir el ozono. Se menciona que el ozono puede actuar durante un periodo de siete días sin ningún efecto toxico sobre los tejidos periapicales.⁵¹

La Ozono-terapia en cirugía se ha utilizado para el tratamiento de pacientes en heridas intraorales infectadas y en pacientes con antecedentes de radioterapia, encontrando que los pacientes presentaban mejoría en las lesiones, aunque se menciona que la terapia convencional debe de seguirse como base para el tratamiento, así como una higiene oral adecuada.⁷

Puede ser utilizado para el tratamiento de la alveolitis (osteítis séptica de la cavidad alveolar) una complicación del procedimiento de extracción, fundamentando su utilización en un estudio donde se comparo al aceite ozonizado (Oleozon, Cuba) y Alvogil en combinación de tratamientos con antibióticos. Los resultados fueron que los pacientes tratados con Oleozon cicatrizaron en menos días, esto debido a su propiedad germicida y su poder de oxigenación de los tejidos que ayudan a estimular la cicatrización en menor tiempo a comparación del tratamiento convencional, aunque se menciona que la atención primaria ante esta afección es eliminar el tejido necrótico.⁵²

El ozono también puede ser utilizado en el tratamiento de herpes labial y osteomielitis mandibular donde en un estudio se describe su aplicación demostrando una cicatrización en menos días en comparación con tratamientos convencionales.⁷

En los recientes años se ha tratado de utilizar el ozono en odontología estética particularmente en blanqueamiento dental, por que a pesar de la existencia en el mercado de una gama extensa de productos para blanqueamiento que pueden aplicarse por el profesional en el consultorio o por el paciente, algunos tratamientos producen sensibilidad dental o quemaduras en los tejidos blandos. La falta de efectividad de los mismos lleva a buscar otras alternativas de tratamiento como el ozono para tratar de mejorar resultados, el uso del ozono tiene como objetivo básico el blanqueamiento dental sin producir sensibilidad dental, ni quemaduras de tejidos blandos.⁵³

9. USOS EN PERIODONCIA

La enfermedad periodontal es un proceso inflamatorio-infeccioso de los tejidos del soporte dental inducido por bacterias, que conduce a la pérdida del soporte periodontal y que puede desencadenar la pérdida de los órganos dentarios. Esta enfermedad es multifactorial y esta asociada a factores de riesgo del huésped y al acumulo de placa dentobacteriana, la cual, es el principal factor etiológico para esta enfermedad.⁵⁴

La placa dentobacteriana es una biopelícula adherida a la superficie dental y otras superficies duras de la boca formada por depósitos blandos bacterianos donde existen interacciones bacterianas con el diente,⁵⁴ cuando las medidas de higiene no son muy eficaces, esta se acumula en las superficies dentales y en el surco gingival,⁵⁵ donde se alojan, durante este proceso de adaptación se consume la mayor parte del oxígeno, y comienzan a aparecer microorganismos gramnegativos, que son generalmente anaerobios facultativos y anaerobios obligados específicos y que pueden desencadenar enfermedad periodontal.⁵⁴

Existen factores de riesgo variables que influyen en mayor o menor medida en la aparición y evolución de enfermedad periodontal, estos pueden ser factores que promueven la acumulación de placa dentobacteriana, entre ellos encontramos: restauraciones mal ajustadas, obturaciones defectuosas, coronas excedidas, aparatos ortodònticos.⁵⁶

Alteraciones genéticas, enfermedades sistémicas e inmunológicas, así como malos hábitos, un ejemplo es el caso del tabaquismo.⁵⁴

El tabaquismo es considerado como un factor de riesgo que afecta de manera importante a los tejidos periodontales, producido por los componentes del tabaco;⁵⁶

a) Alquitrán que tiene un efecto irritante en la encía localmente y provoca un incremento de mediadores pro-inflamatorios.⁵⁶

b) Nicotina que ocasiona una reducción en el metabolismo de los tejidos periodontales, daña a fibroblastos,⁵⁶ causa isquemia, una disminución en la irrigación de los tejidos, por lo que, se presenta una disminución en la producción de la primera línea de defensa contra infecciones, disminuye la quimiotaxis, estimula la formación de colagenasa,⁵⁵ también el aporte de oxígeno se ve disminuido teniendo como consecuencia un intercambio inadecuado de dióxido de carbono. Cuando hay una disminución del aporte de oxígeno (hipoxia) en el ligamento periodontal, se promueve la formación de factores resorción de hueso, osteoclastos, osteoblastos y especies reactivas de oxígeno (ROS), estos activan los sistemas de defensa antioxidante que protegen y reparan el tejido a nivel celular y molecular.¹⁶ El tratamiento que se emplea para el control de la enfermedad periodontal es una combinación de procedimientos antimicrobianos que realiza de manera conjunta entre el profesional y el paciente, estos en conjunto llevan a mejorar las condiciones periodontales.⁵⁶

El control de la placa dentobacteriana es el principal objetivo del tratamiento periodontal, la eliminación, prevención y disminución sobre las superficies dentales así como en las superficies gingivales adyacentes es una parte decisiva para lograr el éxito de todo tratamiento periodontal.⁵⁷

El ozono actualmente está siendo utilizado en la odontología como un posible agente alternativo antiséptico.⁷ Su alto poder antimicrobiano tiene la característica de que no se ha encontrado un desarrollo de resistencia por los microorganismos, y ha sido notable su uso en la purificación del agua y la preservación de alimentos.¹⁴ Investigaciones recientes han relatado que los efectos antimicrobianos sobre patógenos orales, ya sea en forma gaseosa o agua ozonizada, pero la eficacia de ozono en el tratamiento actualmente aun se encuentra un sujeto de investigación.⁵⁸

El uso del ozono como un agente alternativo empleado para la terapia esta encaminado coadyuvante en el control de la enfermedad periodontal y puede tener un efecto sobre los agentes infecciosos y sobre los mecanismos de defensa y regeneración.⁵⁹

Como en medicina y la industria el ozono debe ser empleado sobre los parámetros y dosis establecidos, la concentración actualmente usada de $4 \times 10^6 \mu$ la g m, y la más alta se encuentra ($6 \times 10^6 \mu$ la g m) y más abajo ($2 \times 10^6 \mu$ la g m) concentraciones.⁵⁸

La principal controversia que se tiene sobre su uso es debido a los efectos tóxicos que puede desencadenar. El daño celular por el gas de ozono ha sido atribuido a procesos simultáneos como la inhibición de enzimas intracelulares, el agotamiento glutatión (antioxidante presente en fluido crevicular), y el daño de la membrana que ocurre por la reacción directa entre moléculas objetivo, como ya se mencionó con anterioridad los daños atribuidos son a dosis elevadas.⁶⁰

Se realizó un estudio para conocer los efectos del ozono gaseoso y agua ozonizada sobre tejido epitelial oral, células gingivales y sobre fibroblastos así como los efectos de digluconato de clorexidina, hipoclorito de sodio (NaOCl) peróxido de hidrogeno (H₂O₂), todos comparados con el metronidazol, el estudio se realizo con un tiempo de exposición de mas de 1 minuto para todos los fármacos y tuvo como resultados, que digluconato de clorexidina al 2 % y 0.2 % era tóxico a células epiteliales orales, pero a ligeramente toxico a fibroblastos al 2 % y no tóxico al 0.2 %, el NaOCl y H₂O₂ causado la viabilidad de célula notablemente reducida (epitelial oral células gingivales y sobre fibroblasto), mientras que metronidazol mostró la toxicidad menor en comparación con los antes mencionados. Con agua ozonizada no se observó ningún signo citotóxico, a comparación del gas de ozono el cual tuvo efectos tóxicos sobre ambas células. Evaluando todos los antimicrobianos juntos, el ozono acuoso reveló el nivel más alto de biocompatibilidad.⁵⁸

En otros estudios se plantea la utilización del ozono para la hiperoxigenación del ambiente periodontal en bolsas y papilas, con el fin actuar como agente antimicrobiano en la actividad de los gérmenes patógenos anaerobios. La terapia propuesta incluye previamente raspados y alisado radicular, con el fin de que eliminar cálculo de las superficies dentales. En este estudio utilizaron un generador de ozono en fase de prototipo Seventeeth, S.I. (empresa de investigación en implantología y cirugía oral) Valencia, España. Concluida la sesión, impregnaron las zonas tratadas con aceite de ozono (Ozonated Olive Oil. Ozone Services, B.C., Canadá) menciona una mejoría significativa tanto objetiva como subjetivamente (los pacientes notan el reestablecimiento de la salud oral), y subrayan que en su practica es un complemento a la terapia convencional del tratamiento y mantenimiento periodontal.⁶¹

En casos de enfermedad periodontal ulcerativa necrozante la terapia coadyuvante con oxígeno tuvo como resultados en la erradicación de los microorganismos patógenos anaerobios. Las infecciones causadas por microorganismos anaeróbicos pueden conducir a la progresiva destrucción del tejido periodontal, el aumento de la concentración de oxígeno produce el cambio en el entorno de estas bacterias inhibiendo su crecimiento, se ha descrito que esta terapia debe ser parte del tratamiento convencional del cirujano dentista, apoyando al raspado y alisado radicular, antibióticoterapia e incluso a la cirugía periodontal.

Un aumento en la tensión de oxígeno tisular en general, acelera el proceso de cicatrización de heridas y aumenta la función y activación de las células de defensa.⁶²

10. CONCLUSIONES

Existe información científica seria que avala el uso del ozono como agente coadyuvante en la terapéutica de diversas enfermedades. Países como Cuba, Alemania, Rusia, Polonia, Italia y Estados Unidos se han interesado en el estudio del mismo y se ha registrado un mayor número de investigaciones que mencionan una mayor cantidad de aplicaciones del ozono en el campo medico-odontológico a partir de los últimos 18 años.

Se ha comprobado que el ozono puede ser utilizado como un agente terapéutico alternativo en medicina y odontología. En periodoncia, se ha utilizado como coadyuvante para el tratamiento de enfermedades periodontales, ya que tiene la característica de actuar como un agente antimicrobiano, inhibiendo y destruyendo microorganismos periopatógenos, ya que actúa desencadenando diferentes acciones biológicas, estimulando el sistema de defensa antioxidante, promoviendo la cicatrización, analgesia y produciendo efectos positivos en sangre.

Sus propiedades bactericidas también han permitido la utilización del ozono en forma industrial como es la potabilización de aguas, en la industria alimentaria, en sistemas de aires acondicionados y desodorizante.

Es importante mencionar que aunque ya existan bases científicas para sus aplicaciones, hacen falta más estudios para comprobar su eficacia y aplicaciones en odontología así como también una mayor difusión del mismo en esta área.

Sin embargo, aún existen aspectos contradictorios para su aceptación como técnica terapéutica única y se sugiere la necesidad de más investigaciones sobre el ozono.

11. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. Nardo, D. Ozone. San Diego, CA. Editorial lucent books overview series 1991. Pp. 7-9.
2. http://www.proyectosalohogar.com/galeria_imagenes/galeria_imagenes/images/atmosfera%20capas.jpg
3. Arencibia JR, Rodríguez Y, Collymore RA, Araújo RJA. Producciones científicas sobre aplicaciones terapéuticas del ozono en la Web of Science. *Acimed* 2006; 14 (1).
4. Colil AFG. Efectos del uso de ozono en barricas de roble para el control de *brettanomyces* Spp. Memorias para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo Mención Enología y Vinicultura. Santiago de Chile 2005. Pp. 1-19.
5. Sunnen VG. Ozone in Medicine: Overview and Future Directions. *The Journal of Advancement in Medicine* Fall 1988; 1 (3): 159-174.
6. Lynch E. Ozone: The Revolution in Dentistry. London. Editorial Quintessence Publishing Co. Ltd. 2004. Pp. 9-23, 49,197,215,275,287,295.
7. Goes NC, Ferrari PH, Olszewer KE, Lage MJL. Ozone Therapy in medicine and Dentistry. *The journal of contemporary dental practice* may 1, 2008; 9 (4).
8. Eraclio DR, Quesada MJV. Ozonoterapia intraarticular en la enfermedad artrósica de rodilla. *Las tunas Cuba Rev. Cubana Inv* 1997; 35(2).
9. Escarpanter BJC. Una solución para exposiciones óseas postraumáticas: asociación de injerto de epiplón mayor con ozonoterapia. *Revista Cubana Investigaciones Biomédicas* Julio, Diciembre 1996:15 (2).

10. Khurana A. Ozone Treatment for Prevention of Microbial Growth in Air Conditioning Systems. A thesis presented to the graduate school of the University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Engineering. University of Florida. 2003. Pp. 1-28
11. Razumovskii SD, Zaikov GE. Ozone and its reactions with organic compounds". Editorial Elsevier RUSSR. Moscow 1984. 15. Pg. 1-29.
12. <http://es.wikipedia.org/wiki/Ozono>
13. Hauser, Elsasser S. Ozone Therapy. Caring Medical and Rehabilitation (CMRS). November of 2000; 1 (2).
- 14 Pérez CMM. Revisión sobre los Tratamientos con Ozono Industria Pesquera y Conservera. Cosemar ozono, C.C Biológicas. Pp. 1-12.
15. Machí GV, Turrent F, Menéndez CS, Hernández DA. Ozonoterapia y laser puntura en el tratamiento de la sordera súbita. Rev Cubana Cir 2004; 43: 3-4.
16. Chapple LC., Matthews JB. The role of reactive oxygen and antioxidant species in periodontal tissue destruction Periodontology 2000, February 2007; 43 (1): 160-232.
17. Montero GT, Hurtado de Mendoza AJ, García PJC, Llopiz NA, Menéndez CS, Berlanda AJ. Estrés oxidativo en un modelo de ratón quemado con Aloe b, Ozono y Factor de Crecimiento Epidérmico. Rev Cuban Med Milit 2006; 35 (3).
18. Guanche GD. El Precondicionamiento Oxidativo con Ozono como estrategia para restaurar el equilibrio redox en el Shock Séptico. Revisión. Redvet abril 2008; 4(4).

19. Díaz OH, Castellanos GR. Ozono terapia en úlceras flebostáticas. Rev Cubana de Cirugía 2001; 40 (2).
20. Calunga FJL., Bello FM, Chaple LM, Barber GE, Menéndez CS, Merino N. Ozonoterapia en la glomerulonefritis tóxica experimental por adriamicina. Rev Cubana Invest Bioméd 2004; 23(3): 139 43.
21. Gonzalez R, Román C, Díaz LS. Estudios sobre Genotoxicidad del ozono. Rev Cubana Invest Biomed 2004:23(3): 83-177.
22. Manual de instrucción del Aparato de alta frecuencia en la ozonoterapia Destinado a odontología. Ozonytron de Pressing Dental España. TMI System.
23. Ledea LOE. Estudio de la composición química del aceite de girasol ozonizado OLEOZON®. Revista CENIC Ciencias Químicas, 2004; 35 (1).
24. <http://www.ozono.cubaweb.cu/acerca/aceites.htm>
25. Brust CH, Zarco RJ, Sánchez HE, Benítez A, Mascher I. Dosificación del ozono y cloro al agua en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) Tlalpan, D.F. México. Rev Sanid Milis Méx, Nov-Dic 1995; 49(6) 161-163.
26. http://www.habitamos.com/post/2271756/ozono_coche
27. <http://capitalfederal.olx.com.ar/camara-dermoactiva-de-ozono-iid-1980282>
28. <http://www.ozo3.com/ozono-piscinas.html>
29. Arano JM, Ilzarbe LM. Propuesta experimental para el mantenimiento en Periodoncia mediante oxigenoterapia. Gaceta Dental. Nov 1999; Pp. 34-41.
30. <http://www.fda.gov/default.htm>

31. <http://www.epa.gov/espanol>
32. <http://search.usda.gov/search?q=cache:8iKY6wmAATAJ:t=OC>
33. <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp>
34. Mary J. Mycek, RAH, Champe PC. FARMACOLOGÍA. C.D. México Editorial Mc Graw Hill, segunda edición. Pp 1-3.
35. González AR, Zamora RZ, Luque Y, Menéndez S. Efecto del OLEOZON® frente a lesiones gástricas inducidas por indometacina en ratas. REDVET; 2007; 8 (3).
36. Méndez PNI, Menéndez CS, Rivero WJ. Ozonoterapia en SIDA. Rev Cubana Invest Biomed 2005; 24 (1):69-71.
37. Castillo VC, García ESM, Navarro SM, Bravo LM, Fouces GY. Acupuntura y ozonoterapia en pacientes con glaucoma crónico simple. MEDISAN 2007; 11(2).
38. Colunga FJL, Thais L. Ramos P, Castillo P, Menéndez S, Carvallo A, Céspedes J. Ozonoterapia combinada en el tratamiento del paciente portador de hernia discal lumbar; estudio preliminar. Revista Cubana Investigaciones Biomédicas marzo 2007:26 (1).
39. Colunga FJL, Ramos PT, Castillo P, Menéndez S. Ozonoterapia combinada en el tratamiento del paciente de hernia discal lumbar, estudio preliminar. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicos marzo 2007; 26 (1).



40. Kramer, Fritz. Ozone in the Dental Practice. Medical Applications of Ozone. (Norwalk, CT: International Ozone Association, Pan American Committee 1983: 258-65

41. Millar BJ, Hodson N. Evaluación de la seguridad de dos dispositivos de entrega de ozono. Diario de Odontología 2007; 37:195-200.

42. Baysan A, Whiley RA, Lynch E. Antimicrobial Effect of a Novel Ozone-Generating Device on Micro-Organisms Associated with Primary Root Carious Lesions in vitro. Caries Res 2000; 34:498-501.

43. Baysan A, Lynch E. The use of ozone in dentistry and medicina. Part 2 Ozone Root Caries. Primary Dental Care 2006; 13 (1): 37-41.

44. Jaime GG, Muñoz S, Gaviria JD, Serna IC. Uso del Ozono en diferentes campos de la Odontología. Revista CES Odontología 2007; 20 (2).

45. Minguez F; Gomez LML; Andre J; Cabronero MJ; Prieto J. Antimicrobial activity of ozonized water in determined experimental conditions. Rev Sanid Hig Publica (Madr) 1990 Jul; 64 (7-8):415-423

46. Rickard GD, Richardson R, Johnson T, McColl D, Hooper L. Ozone therapy for the treatment of dental caries. Cochrane Database of Systematic Reviews 2004; 3.

47. Polydorou O, Pelz K, Hahn P. Antibacterial effect of an ozone device and its comparison with two dentin-bonding systems. European Journal of Oral Sciences 2006; 114 (4): 349-353.

48. Arita M, Nagayoshi M, Fukuizumi T, Okinaga T, Masumi S, Morikawa M. Microbicidal efficacy of ozonated water against *Candida albicans* adhering to acrylic dentures plates. *Oral Microbiology and Immunology* 2005; 20: 206-210.
49. García LE, Roche MA, Blanco RAO, Rodríguez GLO. La ozonoterapia en el tratamiento de la estomatitis subprótesis. *Rev Cubana Odontol* mayo-agosto 2003 Ciudad de la Habana: 40(2).
50. Estrela C, Estrela CR, Decurcio DA, Hollanda AC, Silva JA. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals. *Int Endod J.* 2007 Feb; 40(2):85-93.
51. Ortega CHF, Bonetti FI, López ABP. Evaluación "in vitro" de la asociación del efecto antimicrobiano del ozono unido a vehículos y medicamentos de acción prolongada. *Acta Odontológica Venezolana* 2008; 46 (2)
52. Guerra OC, Cepero SM, Jordania MEM, Vázquez TC. Aplicación de la ozonoterapia en el tratamiento de la alveolitis. *Revista Cubana de Estomatología* 1997; 34 (1): 21-4.
53. ARANO JM, Ilzarbe LM. Propuesta experimental para el mantenimiento en Periodoncia mediante oxigenoterapia. *Revista Maxillaris* Septiembre 2000; 25 (III).
54. Carranza NT. *Periodontología clínica*. Novena edición editorial Mc Graw Hill 2004. Pp. 101, 119, 178.
55. Mueller HP. *Periodontología*. Editorial Manual moderno 2004. Pp. 21-25,151.

56. Wolf HF. Periodoncia. Tercera edición 2005 editorial Mason. Pp. 21-24,54.
57. Lindhe J. Periodontología Clínica e Implantología. Editorial Panamericana Pp. 102-103
58. Huth KC, Franz MJ, Saugel B, Cappello C , Paschos E, Hollweck R, Hicke R, Korbinian B. Effect of ozone on oral cells compared with established antimicrobials. *European Journal of Oral Sciences* Oct 2006;114, (5): 435-440.
59. Muller P, Guggenheim B, Schmidlin PR. Efficacy of gasiform ozone and photodynamic therapy on a multispecies oral bilfilm in vitro. *European Journal of Oral Sciences* 2007; 115 (1): 77-80.
60. Motohira H, Hayashi J, Tatsumi J, Tajima M, Sakagami H, Shin K. Hypoxia and reoxygenation augment bone-resorbing factor production from human periodontal ligament cells. *J Periodontol.* 2007 Sep; 78(9):1803-9.
61. Arano JM, Ilzarbe LM. Propuesta experimental para le mantenimiento en periodoncia mediante oxigenoterapia *Gaceta Dental*, Nov. 1999; 34-41.
62. Gaggl AJ, Rainer H, Grund E, Chiari FM. Local Oxygen Therapy for Treating Acute Necrotizing Periodontal Disease in Smokers. *Journal of Periodontology* 2006; 77 (1): 31-38.
63. Dorland. Diccionario enciclopédico ilustrado de medicina. Vigésima edición. Editorial Mc Graw-Interamericana. Pp. 709, 781, 996, 1273-1275.

12. ANEXO

Glosario

-Agua ozonizada: agua que contiene concentraciones de ozono en gas.¹⁴

-Alotrópica: 1. adj. Perteneciente o relativo a la alotropía.⁶³

-Alotropía: (De *alo-* y el gr. *τρόπος*, mutación, cambio).1.- f. *Quím.* Propiedad de algunos elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes, como el oxígeno (oxígeno atmosférico O₂ y ozono O₃), o con características físicas distintas, como el fósforo (fósforo rojo y fósforo blanco) o el carbono (grafito y diamante).⁶³

-Estricnina: (strychnine) f. Alcaloide extremadamente tóxico obtenido principalmente a partir de *Strychnos nux-vomica* y otras especies de *Strychnos*, que produce una estimulación generalizada del sistema nervioso central al bloquear la inhibición postsináptica de los impulsos nerviosos. V. También estriknismo.⁶³

-Estricnismo: (strychnism) m. intoxicación producida por la estricnina.⁶³

-Flebotomía: [phlebotomy] f. cambios no inflamatorios de las venas.⁶³

-Flebotomía: [phlebotomy (flebo + gr. *Stasis*, detención)] f. Enlentecimiento de la circulación sanguínea de las venas. 2. Secuestro temporal de un volumen parcial de sangre de la circulación general por aplicación de torniquetes en un miembro.⁶³

-Flebostenosis: (phlebostenosis) [flebo+ gr. Sténosis, estrechamiento] f. estrechamiento o constricción de una vena.⁶³

-Índigo: (índigo) m. Material colorante azul obtenido de diversas plantas leguminosas y de otros tipos; es la aglicona del indican; se elabora también por síntesis. A veces se encuentra en el sudor y en la orina, en los que se deriva del indican urinario.⁶³

-Oxígeno: (oxygen) Del gr. Oxys, agrio + gennán, producir).1. m. Elemento gaseoso que existe libre en el aire y en combinación en la mayor parte de los sólidos, líquidos y gases no elementales: núm.atóm.8.peso atómico 15,999; símbolo O. Existe información de tres isótopos, con pesos atómicos de Muy abundante en la corteza terrestre, constituye casi una quinta parte del aire atmosférico. Forma parte del agua, de los óxidos, de casi todos los ácidos y sustancias orgánicas, y está presente en todos los seres vivos. Gas más pesado que el aire, incoloro, inodoro, insípido y muy reactivo, es esencial para la respiración y activa los procesos de combustión.⁶³

-Hiperbárico: oxígeno a presión elevada; es decir el que se encuentra bajo una presión mayor que la de la atmósfera.⁶³

-Oxigenoterapia: terapia donde se utiliza el uso de oxígeno para la rehabilitación o tratamiento de enfermedades.

-Oxigenar: 1. tr. *Quím.* Combinar o mezclar con oxígeno. U. t. c. prnl.⁶³

-Oxígeno hiperbárico: 1. adj. Que tiene presión superior a la atmosférica normal. Cámara hiperbárica.⁶³

-Ozonador: m. instrumento para generar ozono.⁶³

- Ozónido: (ozenide) m. compuesto formado por ozono y una olefina; la unión se produce en el doble enlace.⁶³
- Ozonizador: (oxonizer) adj. Que produce ozonización 2. Aparato empleado para aplicar ozono a las heridas senos, etc.⁶³
- Ozonizar: (ozonize) tr. Impregnar con ozono.⁶³
- Ozono: (Del gr. ὄζειν, tener olor).1. m. *Quím.* Estado alotrópico del oxígeno, producido por la electricidad, de cuya acción resulta un gas muy oxidante, de olor fuerte a marisco y de color azul cuando se liquida. Se encuentra en muy pequeñas proporciones en la atmósfera después de las tempestades.⁶³
- Ozonoterapia: es una terapia consistente en la aplicación de una mezcla de Ozono (O₃).⁸
- Trioxígeno: molécula que consta de tres átomos de oxígeno.¹¹