



Universidad
Católica de Cuyo
San Luis

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

TESIS DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE GRADO DE MÉDICA VETERINARIA
DE LA CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

USO DE OZONOTERAPIA CON LA TÉCNICA BAGGING Y
ACEITE OZONIZADO EN HERIDAS DE PEQUEÑOS ANIMALES

AUTOR: Silva, Maria Pilar

DIRECTOR: MV. Germán Martini

CO DIRECTORA: MV. Paula Acosta

San Luis, Argentina

Año 2025

A mis papás, por el amor y apoyarme incondicionalmente

A mis hermanas, por ser sostén y la mejor compañía en el mundo

A mis sobrinas, Anna y Zoe, por darme vida

A mis directores, por acompañarme en este camino

A mis amigos, por creer en mí

INDICE

Resumen	4
Introducción	5
Problema de investigación	6
Objetivo general	7
Metodología	7
1. Utilización de ozonoterapia en heridas de pequeños animales.....	10
1.1 Historia del ozono	10
1.2 Ozono, ¿qué es?	11
1.3 Obtención del ozono	12
1.4 Ozonoterapia: fundamentos	15
1.5 Ozonoterapia en heridas	17
1.6 Efectos de la ozonoterapia en la cicatrización	17
1.7 Técnica de bagging	22
1.8 Aceite ozonizado	23
Presentación de casos clínicos	27
Conclusión	38
Referencias bibliográficas	40

RESUMEN

La presente tesis se basa en la ozonoterapia como terapia alternativa para el tratamiento de heridas en pequeños animales.

Se estudia el ozono, una molécula compuesta por 3 átomos de oxígeno que posee propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, analgésicas y reparadoras. (25)

Se profundiza sobre el mecanismo de acción mediante el cual el ozono actúa sobre los tejidos lesionados, realizando diferentes efectos como modulación de la respuesta inmune, regeneración celular, oxigenación y crecimiento celular. Especialmente en aquellas heridas que pueden resultar de manejo dificultoso. (27)

En medicina veterinaria, la aplicación de ozonoterapia en heridas de animales contribuye una valiosa herramienta para el médico veterinario ya que, no solo colabora con el proceso de cicatrización si no que, disminuye en gran medida la posibilidad de infecciones acelerando y a la vez mejorando el proceso cicatrizal. (27)

Se realiza tanto, una revisión en detalle de la eficacia del uso de ozonoterapia en diferentes tipos de heridas, como un análisis de las ventajas frente a otros tratamientos que se consideran convencionales. Haciendo hincapié en el potencial de esta terapia frente a los enfoques terapéuticos utilizados habitualmente en la clínica diaria.

No solo se evalúa su aplicación, sino que también, se fortalecen los conocimientos científicos sobre su uso en medicina veterinaria.

Finalmente, a partir de lo investigado, se describen detalladamente las técnicas de bagging y uso de aceite ozonizado como principales métodos para tratamiento de heridas, llegando a una conclusión a través de su implementación en diferentes en casos clínicos.

INTRODUCCIÓN

Las heridas de piel, tejido subcutáneo y músculos subyacentes, son las lesiones más comunes en la medicina veterinaria. Muchas veces resultado de politraumatismos, ya sea por accidentes automovilísticos o ataques resultantes de enfrentamiento con congéneres. (1)

Estas heridas, requieren un tratamiento rápido y adecuado para tratar la descontaminación y cicatrización de las mismas. (1)

A lo largo de la historia de la medicina veterinaria, diferentes enfoques y tratamientos han sido ahondados con el fin de mejorar el proceso de cicatrización, fundamental para el organismo. (19)

Es por esto que, en el último tiempo, ha surgido la ozonoterapia como una gran aliada debido a sus propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y cicatrizales. (27)

Si bien, la mayoría de avances significativos han sido documentados sobre medicina humana, su uso en medicina veterinaria, merece un análisis aparte. (15)

Según diversos estudios realizados, el ozono aplicado en heridas, interviene en procesos celulares y moleculares específicos para mejorar el proceso regenerativo. (19)

Se ha postulado que el ozono puede modular la respuesta inflamatoria, a través de la disminución de liberación de mediadores proinflamatorios y limitando el daño tisular asociado. Existen evidencias en cuanto a que produce una mejora en la oxigenación en el sitio de la herida, estimulando la angiogénesis y facilitando la entrega de nutrientes a las células. Estas acciones combinadas entre sí, acelerarían la reparación del tejido, mejorando la calidad del proceso de cicatrización. (25)

La técnica de bagging se utiliza para tratamiento de heridas agudas o crónicas, celulitis, necrosis y demás problemas cutáneos y consiste en rodear la zona del cuerpo determinada a tratar por una bolsa, aplicando dentro, la mezcla de ozono y oxígeno y dejándolo actuar por determinado tiempo. (19)

El ozono posee la capacidad de reaccionar con una amplia variedad de compuestos orgánicos. Dentro de estos, algunos se encuentran presentes en

los fluidos de los seres vivos, tales como el agua del plasma, el líquido intra y extracelular, la capa hídrica presente en la piel y en las mucosas. (31)

El aceite ozonizado, por su parte, es un producto derivado de una reacción de oxidación lipídica (ácidos grasos y O_3). (23)

Entre los principales tipos de aceites que son utilizados en esta técnica, encontramos los aceites de girasol y de oliva. (23)

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación de la presente tesis, se basa fundamentalmente en el manejo de heridas con ozonoterapia a través de la técnica de bagging y el uso de aceite ozonizado sobre las mismas.

El ozono junto con el aceite ozonizado, ayuda a acelerar los procesos naturales de regeneración, disminuyendo notablemente el tiempo de recuperación y ayudando a controlar o prevenir posibles infecciones. (23)

Uno de los beneficios del uso de aceite ozonizado se debe a sus características físicas, que le permiten ingresar en sitios donde antibióticos hidrosolubles no pueden llegar, además generar un efecto antibiótico en muchas heridas que se encuentran fuera del control de antibióticos convencionales, debido a factores como la resistencia antimicrobiana, utilizándolo de manera única o en conjunto con ellos y disminuyendo la resistencia bacteriana. (23)

Es por esto que el tratamiento con aceites ozonizados son una alternativa eficiente, con amplia disponibilidad y bajo costo, que puede implementarse a corto plazo. (23)

OBJETIVO GENERAL

Investigar sobre el uso de ozonoterapia y aceite ozonizado en medicina veterinaria como tratamiento para heridas en pequeños animales.

Determinar su rol en la cicatrización de las mismas y evidenciar la reducción del uso de fármacos al ser aplicada esta técnica, llevando a cabo un método más natural y amigable con el organismo.

Evidenciar las ventajas y desventajas que presenta el uso de ozonoterapia y aceite ozonizado en heridas, poniendo a prueba lo investigado en pacientes que presentan diferentes lesiones a nivel cutáneo, subcutáneo e inclusive, muscular a través de la técnica de bagging, junto con la aplicación sobre la herida de aceite ozonizado de elaboración propia.

METODOLOGÍA

La metodología de la presente tesina se basará en la lectura de bibliografía e indagación en profundidad del tema de estudio, junto con la presentación de casos de pacientes con heridas, las cuales serán tratadas poniendo en práctica lo investigado.

La información se obtendrá de publicaciones científicas, trabajos de investigación recientes, revistas científicas, consultas con especialistas dedicados a la aplicación de ozonoterapia en medicina veterinaria, entre otros.

De acuerdo a la información recolectada se aplicará a casos clínicos reales donde se tratarán heridas de pequeños animales con ozonoterapia a través de la técnica de bagging y aceite ozonizado de elaboración propia, donde se pondrán a prueba los conocimientos obtenidos.

Tanto la técnica propuesta como la producción de aceite ozonizado serán elaborados a partir de un Generador de Ozono BIOVET PRO OX13 con regulación a: 0.2, 0.5, 0.9, 1.2 $\mu\text{g/ml}$ conectado a un tubo de oxígeno médico con válvula tipo yoke. (Fig. 1)



Fig 1. Generador de Ozono BIOVET PRO OXI3, utilizado para el presente trabajo. Imagen de autoría propia

El proceso de ozonización del aceite se realizó a temperatura ambiente durante 60 minutos a 0.5 ug/ml en un frasco con mangueras aptas para burbujeo ideal (Fig. 2)

Se utilizó la cantidad de 1 litro de aceite de girasol, que luego fue envasado en frascos de tipo gotero de vidrio oscuro y refrigerado, con el correspondiente etiquetado (Fig. 3)



Fig.2: Proceso de ozonización de aceite de elaboración propia. Imagen de autoría propia



Fig.3: Aceite de girasol ozonizado de elaboración propia, envasado en frascos gotero y de vidrio oscuro. Imagen de autoría propia.

1. UTILIZACIÓN DE OZONOTERAPIA EN HERIDAS DE PEQUEÑOS ANIMALES

1.1 Historia del ozono

La ozonoterapia consiste en la aplicación de ozono con fines médicos para el tratamiento de diversas enfermedades. Se considera una terapia que forma parte de la medicina alternativa, la cual adquirió importancia a finales del siglo XVIII. (18)

En el año 1785, Martinus Van Marun un químico holandés, sometió algunos gases a intensas descargas eléctricas generadas con una máquina electrostática y entre ellos, experimentó con dioxígeno puro y aire atmosférico. Como el volumen de estos gases se reducía, dedujo que durante las descargas eléctricas tenían lugar reacciones químicas con estos. (18)

En 1840, Christian Friedrich Schonbein, tras repetir los mismos experimentos, identificó por primera vez y describió sus principales propiedades químicas y a raíz del fuerte olor le acuñó el término ozono, derivado del griego *ozein*, que significa oler (Menéndez, 2008)

En 1857, Werner Von Siemens, desarrolló el primer “Tubo de inducción”, gracias al cual se hizo posible construir el primer aparato técnico de ozono. Con este mismo equipo, Kleinmann llevó a cabo sus investigaciones bacteriológicas en gérmenes patógenos y extendió sus investigaciones a la influencia del ozono en tejido mucoso, tanto en animales como en humanos. (25)

En 1860 el químico francés Soret llegó a la conclusión de que la molécula de ozono estaba compuesta de tres átomos de oxígeno. (18)

En el año 1958 fue el alemán Joachim Hansler quien desarrolló el primer generador médico de ozono capaz de precisar dosis, a la misma vez que estableció las bases claras y necesarias para el empleo técnico del ozono en la medicina, permitiendo con su trabajo definir el problema de la dosificación y concentraciones exactas para su empleo en medicina (18).

En 1891 se demostraron las propiedades antisépticas del ozono y en 1989 se publican los primeros trabajos en animales. (18)

En 1896, Nikola Tesla patentó su sistema generador de ozono fundando en 1900 “Tesla Ozone Company”, la cual comenzó a vender máquinas generadoras de ozono y fue el primero en ozonizar aceite para uso médico. El sistema y las máquinas creadas por él, siguen funcionando hoy en día. (19)

Los precedentes de la ozonoterapia se remontan a partir de la primera guerra mundial (1914-1918), cuando el cirujano jefe de los servicios médicos del ejército alemán, Wolff, recurrió a esta terapia como tratamiento para limpiar y desinfectar heridas de la guerra, así como infecciones, gangrena y úlceras de piel al observar que estas cicatrizaban de manera efectiva. (19)

Con el paso de los años y la ejecución de diferentes investigaciones junto a los resultados satisfactorios obtenidos, han orientado a que esta terapia sea utilizada tanto en la medicina humana como veterinaria, con resultados exitosos. (30)

La ozonoterapia en medicina veterinaria se ha incorporado en la clínica diaria de hospitales, tanto en pequeños como en grandes animales pudiéndose combinar con otras terapias convencionales. (27)

Entre otras, las enfermedades que pueden ser tratadas son endotoxemias, leishmaniasis, tumores, heridas infectadas, otitis, dolores articulares, entre otras enfermedades de difícil abordaje. (30)

Si tenemos en cuenta un relevamiento sobre los datos actuales sobre ozonoterapia en usos médicos, los estudios que se han realizado sobre medicina veterinaria son la minoría. Y si bien existen diversos estudios sobre el uso de la ozonoterapia en medicina veterinaria, son poco difundidos. (12)

Como consecuencia, se nos manifiesta una oportunidad de realizar una recopilación de datos sobre la aplicación de ozonoterapia en heridas en animales y ponerlo a prueba, mejorando el enfoque terapéutico del médico veterinario hacia estos casos.

1.2 Ozono, ¿qué es?

El ozono es un gas que se encuentra sobre la superficie de la Tierra, en la atmósfera y forma parte de la capa de ozono, la cual protege la Tierra de la radiación ultravioleta. (30)

Las radiaciones poseen una elevada carga de energía que descompone las moléculas de oxígeno presentes en el ambiente, en átomos libres. De esta manera, se combinan con otras moléculas de oxígeno para componer la molécula de ozono (O_3). (24)

Es decir que, el ozono es una forma alotrópica₁ del oxígeno y contiene un átomo más que el oxígeno atmosférico. (18)

El O_3 se considera un gas inestable ya que posee una alta velocidad de descomposición (105-106 mol/s). (18)

Tiene una semivida de 40 minutos a 20°C, por lo que no puede envasarse ni almacenarse por sí solo. Debido a que luego de 20 minutos la concentración disminuye a un 60-70% de la concentración inicial, debe ser producido en el momento que va a ser utilizado y empleado rápidamente. (18)

1.3 Obtención del ozono

El ozono se produce en aquellos procesos que incluyen la presencia de oxígeno. La molécula de dicho gas se genera por tres fuentes fundamentales de energía: electrólisis química, descargas eléctricas (Fig. 3) y radiaciones de luz UV. (19)

₁ alotrópica: f. Quím. Propiedad de algunos elementos químicos, debido a la cual pueden presentarse con estructuras moleculares distintas, como el oxígeno, que existe como oxígeno divalente y como ozono; o con características físicas diversas, como el carbono, que puede aparecer en forma de grafito o de diamante (RAE).

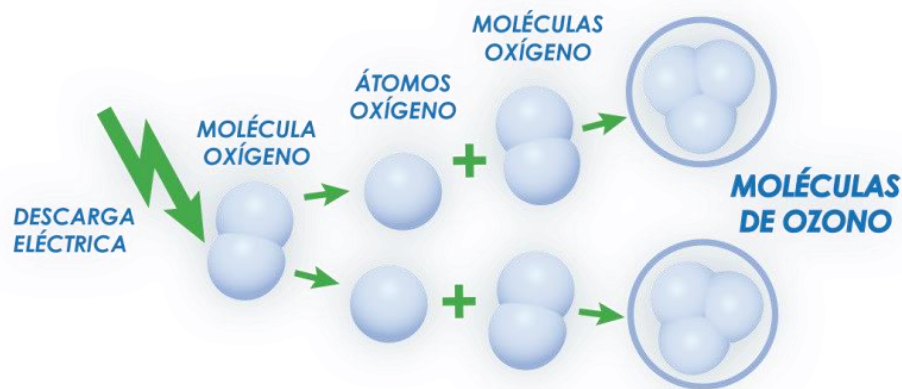


Fig. 3: Obtención de la molécula de ozono a través de descarga eléctrica. Fuente: Instituto Valenciano de ozonoterapia

La molécula de ozono (O_3) está formada por la unión de la molécula de oxígeno (O_2) con un átomo libre de oxígeno, lo que permite la formación de la molécula de ozono aproximado al 5%. Porcentaje necesario para obtener una respuesta terapéutica en los pacientes. (18)

El ozono utilizado en medicina humana y veterinaria, es producido a través de dispositivos llamados generadores de ozono. (18)

El ozono es el resultado de la disociación de moléculas de O_2 cuando el mismo es sometido a una fuerte descarga eléctrica de alto voltaje y alta frecuencia. (15)

Un gran porcentaje de los generadores de ozono se basan en el principio del generador Von Siemens (1857) que al producir descargas eléctricas de alto voltaje (alrededor de 4000 voltios) en el interior de un flujo de oxígeno se produce la escisión de las moléculas de oxígeno. (15)

El llamado “ozono médico” está fundamentado en el uso de 5% ozono como máximo y 95% oxígeno. (18)

Para poder generar la combinación de ozono-oxígeno para utilizarse con fines médicos el aparato debe emplear oxígeno químicamente puro y no obtenido del ambiente, ya que el aire ambiental contiene un 85% de nitrógeno y al ser expuesto a descargas de alta tensión se desintegra atómicamente favoreciendo la integración de óxidos nitrosos altamente tóxicos. (18)

A continuación, se describe en que consiste el método para la obtención de ozono médico a través de generadores:

El generador médico de O_3 está compuesto de 2-4 tubos de alto voltaje, conectados en series para un programa electrónico, capaz de establecer voltajes diferentes (4000-13000 volts). (30)

La producción de O_3 en los generadores (Fig. 4) se lleva a cabo en el sistema definido como la “corona de descarga” del ozonador. (30)

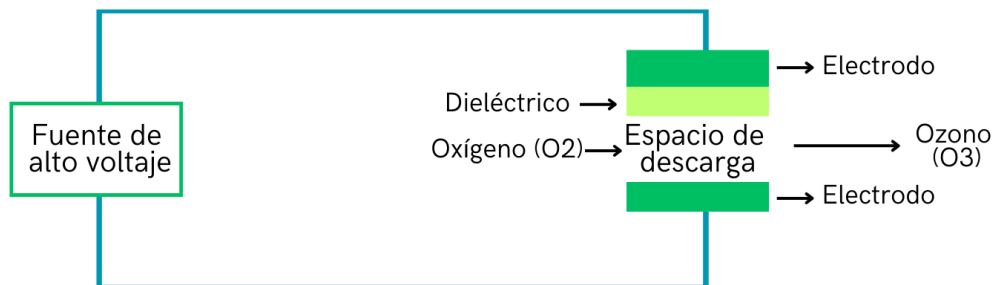


Fig. 4: Esquema del funcionamiento de un generador de ozono
(representado en base a Menéndez, 2008)

El O_3 es sintetizado cuando el O_2 pasa a través del espacio entre el alto voltaje y una superficie de electrodos, que crean un campo de energía. La energía de la descarga eléctrica permite romper las moléculas de O_2 en átomos; y el exceso de éstos forman la molécula triatómica de O_3 . (15)

Una vez que se termina de utilizar el generador, el O_2 sobrante no puede ser liberado en el ambiente; para seguridad del paciente y del personal médico, debe contarse con un destructor de ozono y un aspirador que permita un adecuado cambio de aire (25).

Los generadores de ozono médico deben poseer características específicas como:

- Obtener el ozono a partir de oxígeno con un 99.9% de pureza a fin de no formar nitritos.

- Poder ajustar los niveles de concentración en tiempo real entre 1 y 100 µg.
- Mantener la homogeneidad de la mezcla
- Destruir el Ozono sobrante de las terapias que lo requieran. (15)

1.4 Ozonoterapia: fundamentos

La administración de O_3 con fines terapéuticos, tiene pocas contraindicaciones y han sido reportados escasos o nulos efectos colaterales, siempre y cuando, sea administrada siguiendo reglas establecidas para dicha práctica. (6)

El O_3 no se encuentra clasificado como un fármaco y por ende no genera efectos colaterales si es administrado en dosis y vías apropiados por personal capacitado. (6)

Entre los principales objetivos de la utilización de ozonoterapia se encuentran: mejorar la circulación sanguínea, aumentar la oxigenación de los tejidos y mejorar el metabolismo de los ácidos grasos para que se activen las enzimas encargadas de controlar la oxidación celular. (19)

El O_3 interactúa con los compuestos orgánicos que se encuentran presentes en los diferentes fluidos biológicos. Lo primero que ocurre es la disolución del gas en dichos fluidos como: agua del plasma, líquido intracelular, líquido extracelular, la delgada capa de agua que cubre la piel y también en mucosas de aparato digestivo y reproductor, entre otros. (31)

El O_3 reacciona de manera rápida con la bicapa lipídica, generando peróxidos de cadena corta que penetran en el eritrocito, interviniendo directamente en el metabolismo del mismo y provocando una secuencia funcional de un controlado estrés oxidativo que establece finalmente el aumento de los sistemas antioxidantes. (30)

De igual manera, el O_3 establece una acción inmunomoduladora a partir de la síntesis y liberación de citocinas inmunoestimuladoras o inmuno-

supresoras. (AEPROMO, Asociación Española de Profesionales en Ozonoterapia, 2014).

El fundamento de la indicación terapéutica del ozono, tiene como base que bajas concentraciones del mismo, pueden desempeñar funciones importantes dentro de la célula. (27)

Existen diferentes vías a través de las cuales el ozono puede ser administrado:

SISTÉMICAS	LOCALES
Autohemoterapia mayor	Bagging o semibagging
Autohemoterapia menor	Subcutánea
Endovenosa	Uretral
Intraperitoneal	Ótica
Intrarectal	Conjuntival
Intravaginal	Muscular
	Tópicas: agua, aceites, cremas ozonizadas

La única vía en la que se prohíbe la administración de O_3 es la pulmonar o inhalatoria, debido a la gran toxicidad que ejerce para los tejidos involucrados.

Por otro lado, la inyección intravenosa directa de O_3 puede provocar una embolia gaseosa y tener efectos letales. (15)

Otros casos en los que está contraindicado su uso son en trastornos de la coagulación sanguínea, hemorragia cerebral, infarto de miocardio reciente o alergia al mismo gas (18).

Como el presente trabajo se basará en la implementación de terapia local mediante el uso de la técnica de bagging y aplicación de aceite ozonizado en heridas, se profundizará específicamente sobre estas técnicas.

1.5 Ozonoterapia en heridas

Si bien los métodos utilizados en este trabajo son a nivel local, es de relevancia señalar que, en lesiones muy extensas es aconsejable acompañarla de vías sistémicas, de preferencia endovenosa o intrarectal. (Germán Martini, 2024)

Es conveniente tener en cuenta que, gran porcentaje de las heridas que se presentan en la clínica diaria, muchas veces se encuentran fuera del control que puede brindar el tratamiento administrado con antibióticos convencionales. En estos casos, entran en juego factores como la resistencia antimicrobiana, lo cual puede dificultar el tratamiento. (27)

Es por esto que, el tratamiento para heridas con ozonoterapia y aceites ozonizados son una alternativa eficiente, con amplia disponibilidad y bajo costo, que puede implementarse a corto plazo. (14)

El ozono puede afectar la composición de la matriz extracelular, que desempeña un papel clave en la estructura y función del tejido cicatrizal, influyendo de manera positiva en la calidad de la cicatrización, así como en la estimulación y liberación de factores de crecimiento, que son proteínas esenciales para la regeneración y proliferación celular. (19)

1.6 Efectos de la ozonoterapia en la cicatrización

El principio básico de la ozonoterapia es, elevar el potencial oxidativo de la sangre y aumentar la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno, debido a que el ozono es un potente oxidante (cede electrones en forma de oxígeno a otras moléculas más reducidas). (31)

Al mismo tiempo, incrementa la concentración de O_2 en el plasma y la sangre estará más oxigenada. (21)

En cuanto a la cicatrización de heridas, a continuación, se detallan las diferentes propiedades que el ozono brinda para poder realizar los diferentes procesos que requiere.

Efecto cicatrizante: La piel es el órgano más grande del organismo y cumple diversas funciones que mantienen la homeostasis del cuerpo como barrera de protección, sensibilidad, termorregulación y funciones metabólicas. La piel, consta de tres capas que son la epidermis, dermis e hipodermis. (Clarena, 2005)

Para restaurar tejidos dañados, el organismo desarrolla un proceso que es la cicatrización, inducido a sanar la lesión que se ha producido. (27)

La cicatrización es un proceso biológico encaminado a la reparación correcta de las heridas, por medio de reacciones e interacciones celulares, cuya proliferación y diferenciación esta mediada por citoquinas, liberadas al medio extracelular. (27)

Las fases de la cicatrización se dividen en inflamación, proliferación y maduración. (30)

La inflamación es la liberación de componentes de la sangre. Durante la fase proliferativa se dan dos procesos paralelos e interdependientes. Uno es la formación de un nuevo tejido conectivo rico en fibroblastos y macrófagos, y con una matriz extracelular de colágeno, fibronectina y ácido hialurónico, y el otro es la angiogénesis. Los queratinocitos de la periferia, proliferan hasta que entren en contacto unos con otros. (30)

Posteriormente, entre uno a seis meses, se iniciará la remodelación de ese tejido conectivo degradando el colágeno viejo por otro de tipo I y sintetizando elastina y proteoglicanos. (15)

Durante este proceso de reparación, los macrófagos y las plaquetas, se convierten en células protagonistas en la segregación de factores de crecimiento como el PDGF, que estimulará la proliferación fibroblástica y la neovascularización de la herida por parte de las células endoteliales (15).

Una gran ventaja del uso de ozono en heridas, se debe a una serie de beneficios como la descontaminación, vasodilatación, oxigenación, normalización de la acidosis tisular y reabsorción del edema (25).

El ozono actúa de diferente manera en cada una de las fases de la cicatrización:

1- Fase inflamatoria: En esta fase la ozonoterapia disminuye el riesgo de cronificación en caso de infección secundaria a un traumatismo, isquemia local y la resistencia a algunos antibióticos.

2- Fase proliferativa: La aplicación de ozono estimula la cicatrización del tejido influyendo en la capacidad de reparar la pared interna de los pequeños vasos sanguíneos.

3- Fase de maduración y remodelación: Ayuda a la maduración del tejido cicatrizal. (25)

Efecto antiinflamatorio: En el organismo animal cualquier agresión exógena o endógena (radicales libres principalmente) es interpretada por el sistema inmune como una señal de alerta, liberando una serie de mediadores de la inflamación ya sean de origen lipídico derivados del ácido araquidónico (prostaglandinas, leucotrienos, tromboxanos), aminoácidos modificados (histamina, serotonina) o proteínas como citoquinas pro inflamatorias con la intención de neutralizar la agresión. (15)

El efecto antiinflamatorio que posee el ozono, se basa en la capacidad para oxidar compuestos que poseen dobles enlaces de carbono, como el ácido araquidónico y derivados, como prostaglandinas y leucotrienos, que son sustancias biológicamente activas que participan en el mantenimiento de procesos inflamatorios (18).

Ha sido demostrado que la ozonoterapia disminuye significativamente las citoquinas pro inflamatorias (IL- 1β , IL-6 y TNF- α) las cuales se encuentran aumentadas en procesos inflamatorios crónicos, por ende, al disminuir los mediadores pro inflamatorios, remite el dolor (16)

Existen diversos postulados científicos, en donde se reconoce la acción analgésica y antiinflamatoria del O₃, ya que produce menos mediadores de la inflamación, posee un efecto oxidativo y de inactivación sobre los mediadores del dolor y mejora la oxigenación local de los tejidos, esencial en la regeneración de los tejidos. (27)

Efecto analgésico: El dolor es definido como “una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada a una lesión real o potencial o descrita en los términos de dicha lesión” según la Asociación Internacional para el estudio del dolor (IASP).

Cuando un tejido es lesionado se producen micro hemorragias que provocan una necrosis tisular, por ende, hay daño celular que ocasiona la formación de ácido araquidónico por la estimulación de la fosfolipasa A₂. (30)

La producción del ácido araquidónico desencadena una serie de reacciones que involucra a las prostaglandinas, provocando la vasoconstricción y segregación de tromboxanos que favorecen la agregación plaquetaria y disminución del flujo sanguíneo. (30)

De igual manera, la quimiotaxis de los metabolitos del ácido araquidónico atrae a las células polimorfonucleares, permitiendo la inflamación de ciertos tejidos. (27)

El efecto antiinflamatorio, analgésico y descongestionante de las infiltraciones de O₃ establece que la oxidación de los receptores algogenos inhibe la señal dolorosa y activa el sistema antinociceptivo. Con estas propiedades se favorecerá un efecto relajante muscular y mejoría de la movilidad de la zona tratada. (17)

El efecto del O₃ posee doble carácter, por un lado, permite la entrada progresiva del oxígeno en la zona inflamada y la oxidación de ciertos mediadores que se forman en el área tisular dañada, y por otro, participa en la señal nociceptiva en el Sistema Nervioso Central (SNC). (18)

Es así como se explica la eliminación del dolor agudo existente en la inflamación con la ayuda de la administración del O₃.

Efecto modulador de la respuesta inmune: La acción inmunológica del ozono sobre las células de la sangre está dirigida a los leucocitos, principalmente a los monocitos y linfocitos. Los mismos, al interactuar con el gas, permiten la liberación de citocinas de carácter inmunomodulador o inmunosupresor, de acuerdo a lo que se requiera, las cuales se autorregulan por lo que la producción de citocinas no sobrepasará los valores necesarios. (19)

La aplicación de ozonoterapia posee efectos satisfactorios también en pacientes que padecen enfermedades caracterizadas por una respuesta inmunológica exagerada, como es el caso de las enfermedades autoinmunes, y también en aquellas con déficit en sus funciones inmunológicas. (19)

El O_3 aumenta los niveles de oxígeno en sangre y en tejidos hipóxicos de manera que, se produce un correcto funcionamiento de defensa por parte de los leucocitos. (27)

Efecto germicida: Debido a su poder oxidante, el ozono tiene un elevado poder germicida. (19)

La introducción del O_3 en la porción sérica de la sangre favorece la formación de peróxidos que destruyen a los microorganismos (bacterias, virus y hongos) oxidándolos, sin afectar a las células normales del organismo siempre que se encuentre en dosis terapéuticas (19).

El efecto bactericida del O_3 en la flora Gram positivas (G+) de heridas supurantes y de úlceras se hace más efectivo cada vez, ya que existe en aumento una alta resistencia de los microorganismos ante los antibióticos habituales. (19)

Esto lo convierte en un tratamiento de elección.

El O_3 posee un amplio espectro que permite ser utilizado como tratamiento para la limpieza y desinfección de heridas infectadas y otros procesos sépticos. El resultado que se obtiene de la aplicación de ozono es afectar la permeabilidad de la membrana de los microorganismos y un aumento en las concentraciones de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico debido a los procesos de peroxidación lipídica, finalmente generando muerte celular (15).

Los microorganismos susceptibles al O_2 incluyen aeróbicos y anaeróbicos como: Campylobacter, Clostridium, E.Coli, Klebsiella, Mycobacterium, Pseudomonas, Salmonellas, Staphylococcus y Streptococcus. (19)

Algunos virus susceptibles son: Herpesvirus y micosis producidas por Aspergillus y Cándida (19).

El poder germicida del O_3 se describe como una rápida disminución del número inicial de microorganismos, debido a la acción del ozono bajo concentraciones superiores en medios acuosos. (19)

Es de interés mencionar de manera general que la administración de ozono permite la pronta y rápida recuperación en el proceso de cicatrización de heridas difíciles de tratar con medicamentos convencionales. (27)

De tal manera es que, se considera de gran importancia, realizar la aplicación de ozonoterapia en heridas para facilitar el proceso de cicatrización. (27)

1.7 Técnica de bagging

La insuflación por bolsa o “bagging” es una terapia utilizada principalmente en casos donde se localizan heridas como gangrena, ulceraciones o se requiere producir cicatrización y desinfección en la piel. (22)

Es una de las formas tópica de utilización del ozono. El uso de ozonoterapia mediante bolsas, es indicado para la desinfección y la limpieza de heridas, sobre todo los casos con la presencia de tejido necrosado (22).

El O_3 actuará como un agente germicida local, creando un medio aerobio para virus y bacterias que son incapaces de sobrevivir en atmósferas con una elevada concentración de O_2 . (27)

J. Hansler en el año 1958, planteó que el uso de bolsas plásticas cubriendo la extremidad dañada del animal, podía lograr la cicatrización de la lesión. (27)

El material que se requiere para esta técnica, es una bolsa especial para ozono o bien una bolsa que sea resistente al ozono (evitar bolsas porosas y de látex) y que puedan generar vacío. (Germán Martini, 2023)

Deben constar de un orificio grande por donde se introduce la extremidad y uno o dos pequeños más, en uno de ellos se conecta una válvula por donde ingresa O_3 formado por el generador y el otro, a un sistema de aspiración por vacío que conduce al destructor. (Pérez, 2012).

Esta vía puede ser aún más efectiva si la zona a tratar está previamente humedecida con agua ozonizada o solución fisiológica. (19)

La técnica consta en la introducción de la extremidad afectada dentro de la bolsa. Luego la misma se sella perfectamente con cinta para evitar fugas del gas. (19)

Si las lesiones abarcan gran parte del cuerpo o áreas difíciles para cubrir, se introduce todo el cuerpo del animal cuidadosamente dentro de la bolsa, quedando la cabeza descubierta, y se procede a encintar de la misma manera. (19)

Luego se calcula la dosis de acuerdo a la gravedad de la lesión y la terapia se da en un lapso de tiempo de 20 o 30 minutos y se puede repetir cada 48 horas. (Germán Martini, 2023)

Con respecto a las dosis y tiempos, no nos adentraremos demasiado en detalles debido a que es muy extenso y variable de acuerdo a cada caso en particular.

Es importante que cuando las heridas a tratar están infectadas, la concentración de O_3 sea elevada y a medida que va cicatrizando y aparece el tejido de granulación, la concentración de O_3 debe ir disminuyendo (19).

Una vez que la sesión termina, se cierra el flujo de gas y se mantiene el vacío funcionando para desechar el ozono restante y así, cuando se retire la bolsa, no haya residuos del gas. (19)

1.8 Aceite ozonizado

Los tipos de aceites que se utilizan para esta técnica son el aceite de oliva y el aceite de girasol principalmente. (23)

El O_3 es un compuesto cuyo tiempo de vida es muy corto. Cabe destacar que este compuesto retorna a su estado de en menos de 1 minuto cuando es expuesto a la temperatura ambiente, por lo que su uso es limitado. (23)

Es aquí, donde el aceite vegetal cumple un papel fundamental, ya que cuando se mezcla con el O_3 , su estructura química se modifica, permitiendo que la mezcla pueda ser almacenada de una manera estable y activa por mayor tiempo. (23)

El aceite ozonizado puede ser almacenado bajo condiciones ideales durante 6 meses. Si se utilizan equipos industriales, su disponibilidad puede aumentar mucho más debido a los altos índices peróxidos, brindando así, mayores posibilidades de tratamiento. (Germán Martini, 2023)

Actualmente se desconoce exactamente el mecanismo de acción que estos compuestos tienen sobre la actividad biológica. Sin embargo, se han postulado diversas teorías. (11)

Una, plantea la probabilidad de que cuando los triozónidos estables tienen contacto con los exudados de las lesiones, a una temperatura de $37^{\circ}C$ aproximadamente. (11)

Estos se descomponen y forman O_3 , el cual a su vez genera lipoperóxidos y peróxido de hidrógeno, que serían los responsables de los efectos regenerativos y desinfectantes de estos compuestos. (11)

Por otra parte, se ha planteado que la cicatrización de las heridas se ve beneficiada por la liberación lenta de O_3 en la zona. Esto se debe tanto a la acción desinfectante a nivel local, como al fomento en la liberación de citosinas con efectos reparadores (9)

Relacionado a las propiedades antimicrobianas, cuando el aceite ozonizado tiene contacto con un microorganismo se logra observar severas alteraciones en su citoplasma, asimismo, existe una disminución en el contenido de ácidos nucleicos lo cual deriva en una disminución de la actividad de la keratinasa, lipasa, amilasa, y ureasa (12)

De manera adicional, poseen otras características que les otorgan un alto grado de importancia tales como: tolerancia, estabilidad, largos períodos de caducidad, baja tensión superficial, posee solubilidad en grasas sin sufrir resecación, por lo cual no permite la formación de fisuras y costras siendo esta última característica primordial cuando se busca una evolución correcta de las heridas (6).

El proceso de ozonización se realiza a temperatura ambiente durante 30 a 40 minutos (otros refieren 1 hora) a 1.2ug/ml para equipos de dosis bajas y se sugiere como dosis ideal 10ug/ml para los equipos de dosis intermedias.

El frío disminuye la descomposición de los ozónidos y la luz genera el inicio de la peroxidación lipídica, lo que va a descomponer y producir mal olor y rancidez. Por lo tanto, los aceites deben venir en frascos oscuros y permanecer refrigerados a 4°C. (Germán Martini, 2023)

Los aceites industriales se clasifican según sus “valor peróxido” que es la unidad con la que se expresan los aceites y se mide en mq/l. (Germán Martini, 2023)

Existen en niveles elevados (800 a 1200 U) para úlceras y lesiones muy contaminadas, en niveles medios para su uso en mucosas (400-600U) y en niveles bajos para la vía digestiva como el uso en úlceras y helicobacter, por ejemplo. (Germán Martini, 2023)

El tiempo de ozonización es de 2 horas aproximadamente para lograr dichos valores en altas concentraciones. (Germán Martini, 2023)

Para obtener mejores resultados en la fabricación de aceite ozonizado con equipos médicos y no industriales, se recomienda hacerlo borbotear en tubos largos y finos para que la burbuja obtenga un mayor recorrido, elevando así la concentración de O₃. (Germán Martini, 2023)

Los aceites ozonizados ofrecen una serie de beneficios dentro de los cuáles podemos mencionar:

- Son compuestos 100 % orgánicos.
- No requieren que se agreguen aditivos para su estabilización o conservación.
- Cuando se administra por vía tópica la temperatura corporal lo activa, generando liberación de oxígeno hacia la piel.
- Posee una liberación de carácter prolongado, ésta puede llegar a durar doce horas o más.
- Es seguro y no tóxico.

- Son compuestos altamente estables, a tal grado que, si son mantenidos en refrigeración, estos pueden ser almacenados hasta por 6 meses (utilizando equipos industriales, mayor tiempo aún).
- Se ha reportado que tienen efectos similares o incluso superiores a los generados por antibióticos tradicionales.
- Se reportan pocos o nulos efectos adversos.
- Con respecto a los tratamientos convencionales, estos productos son de menor costo. (8) (10)

PRESENTACIÓN DE CASOS CLÍNICOS



Paciente canino hembra, castrada, 14 años.

Sufrió un accidente automovilístico que le provocó un gran desgarro en la zona abdominal y laceraciones en miembro posterior derecho. Fue sometida a cirugía reconstructiva abdominal, sufriendo a la semana, pérdida de algunos puntos de sutura y reapertura de la herida.

Por el estado de la herida y su edad, se decide utilizar un método alternativo y realizar la cicatrización de la misma a través de ozonoterapia con la técnica de bagging cada 48 hs y aplicación de aceite ozonizado.

El tiempo de tratamiento fue de 4 semanas.



Fig. 5 y 6: Post primera sesión de ozonoterapia



Fig. 7: Técnica de bagging, cubriendo abdomen y miembro posterior derecho a la vez.



Fig. 8 y 9: Vascularización y formación de tejido cicatrizal en heridas de abdomen y miembro posterior





Fig 14 y 15: Hasta aquí se llegó al proceso de cicatrización con la paciente Katy. Se evidencian

Con Katy se llegó a este punto como resolución máxima de la herida debido a que sufrió una reagudización de enfermedad renal crónica con gran deterioro de su organismo y valores incompatibles con la vida, sumado a su avanzada edad. Lo cual llevó a los propietarios a tomar la decisión de realizar eutanasia.



Paciente canino hembra, entera, de 4 años.

Sufrió una fractura expuesta de tibia y peroné en miembro posterior derecho, debido a accidente automovilístico.

Se realizó cirugía traumatólogica reconstructiva y se procedió a tratar las laceraciones producidas por el asfalto y el automóvil a través de la técnica de bagging 2 veces a la semana y aplicación de aceite ozonizado sobre la herida 2 veces al día.

El tiempo de tratamiento fue de 7 semanas.



Fig. 16: Presencia de tejido necrosado, el cual se procedió a debridar para realizar



Fig 17: Primera sesión de ozonoterapia. Se continúa con la eliminación de tejido muerto.



Fig. 18: Técnica de bagging en miembro posterior derecho



Fig. 18 y 19: Se evidencia una mejora en la coloración y vascularización del tejido, con presencia de tejido de granulación



Fig. 20: Técnica de bagging en miembro posterior derecho. Podemos observar la manguera de entrada de ozono y la manguera del destructor



Fig. 21: Presencia de gran cantidad de tejido de granulación



Fig. 23: Técnica de bagging realizada con papel film una vez que había sido retirado el tutor de la fractura





Fig. 32 y 33: Herida cicatrizada en la actualidad



Paciente canino macho, entero, de 1 año y medio aproximadamente.

Fue encontrado en la ruta, en zona rural, con una gran miasis en la parte superior de la cabeza afectando a epidermis, dermis y músculo y con presencia de infección avanzada y extensa cantidad de tejido necrosado.

Se procede a realizar toilette de la herida todos los días con solución fisiológica y clorhexidina jabonosa y aplicación de aceite ozonizado sobre la herida dos veces al día.

El tiempo de tratamiento fue de 4 semanas.



Fig. 34: Momento en que el paciente fue rescatado. Presentando una gran miasis en su cabeza



Fig. 35: Luego de limpieza y debridación de tejido necrosado, se comienza el tratamiento con aceite ozonizado dos veces al día



Fig. 36: Mejoras en la
vascularización y vitalidad del tejido



Fig. 41: Herida cicatrizada en la
actualidad

CONCLUSIÓN

A través del presente trabajo, podemos concluir que la ozonoterapia y el uso de aceite ozonizado en heridas de pequeños animales es una alternativa eficaz, segura y que promete tanto en la actualidad como a futuro.

Podemos concluir en que, el uso tanto de ozono a través de la técnica bagging como el uso de aceite ozonizado con fines terapéuticos, tiene una gran cantidad de ventajas en comparación con algunas de las terapias convencionales como: el bajo costo, obtención de resultados similares o mejores a los obtenidos en tratamientos a base de antibióticos tradicionales con un amplio espectro antimicrobiano y bajo índice de efectos adversos.

Al aplicar esta terapia en las diferentes heridas de los pacientes, no solo se aceleró significativamente el proceso de cicatrización (teniendo en cuenta que, además, uno de ellos era geronte y con patologías previas), sino que, también permitió reducir o evitar el uso de antibióticos.

En el contexto actual, este último ítem adquiere gran relevancia, debido al creciente aumento de la resistencia bacteriana asociada directamente al uso indiscriminado de antimicrobianos en medicina veterinaria.

La utilización de ozonoterapia y uso de aceite ozonizado, se convierte en una terapia eficaz y accesible, de fácil aplicación y relativo bajo costo tanto para el médico veterinario como para propietarios de animales.

Con los tratamientos con ozono, el animal acelera su recuperación y mejora su estado general.

En conclusión, los resultados obtenidos son muy alentadores, pero, aun así, es necesario continuar con investigaciones. No solo para seguir comprendiendo los mecanismos de acción del ozono, si no también, para mejorar los protocolos a través de los cuales se aplica y evaluar su efectividad en lesiones más amplias o en diversas condiciones clínicas que pueda presentar el paciente.

Con este estudio se pretende también, dejar abierta una puerta a futuras investigaciones con nuevos pacientes, pudiendo lograr tratamientos

más eficientes y que se adapten a la necesidad de cada organismo.

Potenciando de esta manera el papel de la ozonoterapia en la medicina veterinaria contemporánea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Kosachenco, B., Calliari, C., Appel, B., Mentz, F., & Malschitzky, E. (2018). Efecto terapéutico de la Ozonoterapia en la cicatrización de heridas en perros: Reporte de casos. *Revista Española de Ozonoterapia*, 8(1), 197-210.
- 2) Aamer, H., Nour, E., Refaie, A., Youssef, M., & El-Ashker, M. (2023). Current perspectives for the use of medical ozone in veterinary medicine. *CABI Reviews*, (2023).
- 3) Peteoacă, A., Istrate, A., Goanță, A. M., IONAȘCU, I., & Tănase, A. (2020). The use of ozone therapy in veterinary medicine: a systematic review. *AgroLife Scientific Journal*, 9(2).
- 4) Valacchi, G., Fortino, V., & Bocci, V. (2005). The dual action of ozone on the skin. *British Journal of Dermatology*, 153(6), 1096-1100.
- 5) Tapia, A. S. (2013). IV. Congress of the Mexican Association of Ozonotherapy. *Revista Española de Ozonoterapia*, 3(3), 1.
- 6) Tapia, A. S., & Sánchez, G. M. (2012). La ozonoterapia y su fundamentación científica. *Revista Española de Ozonoterapia*, 2(1), 163-198.
- 7) Hidalgo-Tallón, F. J., & Torres, L. M. (2013). Ozonoterapia en medicina del dolor: revisión. *Revista de la sociedad española del dolor*, 20(6), 291-300.
- 8) Di Maio, L. V., Urruchi, W., & Rodríguez, Z. Z. (2009). Utilidad potencial de la ozonoterapia en la Medicina Veterinaria. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(10), 1-13.
- 9) Sánchez, G. M., Re, L., Davison, G. P., & Delaporte, R. H. (2012). Las aplicaciones médicas de los aceites ozonizados: actualización. *Revista española de ozonoterapia*, 2(1), 121-139.
- 10) Freije, P. Ozonoterapia aplicada a la cicatrización de heridas en equinos.
- 11) Noci, J. B., Bonilla, R. M. P., Velasco, L. C., & Moraleda, M. G. (2018). Scientific approach for ozone absorption in blood during systemic indirect endovenous ozonotherapy. *Journal of Ozone Therapy (JO3T)*, 2(3), 2-2.

- 12) Kushmakov, R., Gandhi, J., Seyam, O., Jiang, W., Joshi, G., Smith, N. L., & Khan, S. A. (2018). Ozone therapy for diabetic foot. *Medical Gas Research*, 8(3), 111-115.
- 13) Peña, R. L. C., Valdés, R. C., & Fonseca, O. F. V. (2017). *Ozonoterapia*. LibrosEnRed.
- 14) Rodriguez MM, Garcia J, Menéndez S, Devesa E, Gonzales R., Ozonemedical application in treatment of seniledementia. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 1998;29 (3): 141-144.
- 15) Fernández, V. L., Mañez, V. M., Pujalte, B. F., & Garcerá, M. G. (2008). La cicatrización de las heridas. *Enfermería dermatológica*, 2(3), 8-15.
- 16) Gamarra, L. A. R., & Torrico, C. E. R. USO CLINICO DE LA OZONOTERAPIA EN ANIMALES MAYORES.
- 17) Hidalgo-Tallón, F. J., & Torres, L. M. (2013). Ozonoterapia en medicina del dolor: revisión. *Revista de la sociedad española del dolor*, 20(6), 291-300.
- 18) BERNAL, R. (2014). Evaluación del efecto de la ozonoterapia en perros con problemas de dermatitis bacteriana en la ciudad de Cuenca provincia del Azuay. Politecnica Salesiana.
- 19) Schwartz, A., & Martínez-Sánchez, G. (2012). Ozone therapy and its scientific foundations. *Revista Española de Ozonoterapia*, 2(1), 163-198.
- 20) GONZÁLEZ E. (2011): Ozonoterapia en flebotomía. *International Journal of Ozone Therapy*. 12:43-60
- 21) García LJ. (2014): Efectividad de la inyección eco guiada de peróxido de Oxígeno (Ozono) en artropatías intervertebrales del equino. Tesis de maestría. Universidad de Buenos Aires en medicina deportiva del equino. Buenos Aires, Argentina.
- 22) OLIVEIRA, J., (2007). Revisão sistemática de literatura sobre o uso terapêutico do ozônio em feridas. 256 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Enfermagem, Proesa, São Paulo, 2007.
- 23) Díaz GM, (2010): Uso y propiedades de los aceites vegetales ozonizados. La experiencia Cubana. *Revista CENIC*.
- 24) Menéndez S, González R, Ledea O, Hernández F, León O, Díaz F. (2008): Ozono, aspectos básicos y aplicaciones clínicas. *Cenic, la Habana Cuba*

- 25) Zerecero RKE (2013): Valoración del efecto protector del ozono sobre el rechazo crónico en el trasplante pulmonar experimental. Tesis doctoral, Las Palmas de Gran Canaria, España.
- 26) Gamarra, L. A. R., & Torrico, C. E. R. Uso clínico de la ozonoterapia en animales mayores.
- 27) GONZÁLEZ, A. N. C. (2016). Manual del uso de la ozonoterapia en perros. Universidad autónoma del estado de México
- 28) VÁZQUEZ ROMERO, Y. I. Ozonoterapia como tratamiento de heridas y lesiones dermatológicas en pequeñas especies.
- 29) Gutierrez Peralta, Fernando, & Carrillo Morales, m. C. La Ozonoterapia como modelo terapéutico en Medicina Veterinaria.
- 30) Portocarrero Aya, L. (2011). *Evaluación termográfica de áreas del complejo erector del raquis infiltradas con peróxido de oxígeno (oxígeno ozonizado) en equinos*. Universidad de Buenos Aires.
- 31) Zamora RZB. (2012): Efecto del pre condicionamiento oxidativo con ozono en la prevención del daño orgánico y muerte en modelos de sepsis peritoneal y choque endotóxico. Tesis de doctoral. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. La Habana Cuba.