



Cosemar**Ozono**

# INFORME SOBRE EL USO DE OZONO

## EN LA DESINFECCIÓN DE AIRE

### INTERIOR DE QUIRÓFANOS





**CosemarOzono**

# ÍNDICE

<b>1- SISTEMA PROPUESTO</b>	<b>2</b>
<b>2- QUÉ ES EL OZONO</b>	<b>3</b>
2.1.- CARACTERIZACIÓN DEL OZONO .....	3
2.2.- MECANISMO DE ACCIÓN .....	4
2.3.- DESINFECCIÓN .....	5
2.4.- OXIDACIÓN DE COMPUESTOS QUÍMICOS .....	6
<b>3- TOXICOLOGÍA</b>	<b>7</b>
<b>4- INICIATIVAS EN I+D</b>	<b>9</b>
<b>5- PUBLICACIONES</b>	<b>12</b>

María del Mar Pérez Calvo  
Dr. en CC Biológicas  
Director Técnico

# 1 SISTEMA PROPUESTO

La desinfección de aire interior con ozono es una práctica habitual en quirófanos de los Estados Unidos, estando en España su uso regulado por la correspondiente norma UNE, (**Norma española UNE 400-201-94: Generadores de ozono. Tratamiento de aire. Seguridad química**), basada en las Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Se propone, pues, un método de desinfección de aire interior de quirófanos por sistema físico-químico con aporte de ozono en las fases de choque y mantenimiento, mediante generadores de ozono tipo B de vertido indirecto, acoplados a algún conducto o dispositivo, con sistema de dilución y mecanismo de control automático de producción.

Para la correcta ozonización de quirófanos, recomendamos una producción de ozono discontinua, es decir:

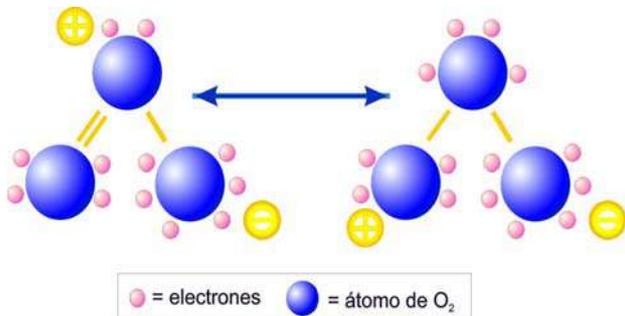
- ✚ Cuando las salas estén vacías, el generador se pondrá a su capacidad máxima, siendo recomendable una concentración de ozono en ambiente no inferior a  $1\text{mg}/\text{m}^3$ . De esta manera, se realizará un tratamiento de choque que llegará eliminar todo tipo de microbio patógeno.
- ✚ Cuando el personal esté trabajando, el generador se bajará de potencia, asegurando unos niveles de inmisión máximos de  $0,1\text{mg}/\text{m}^3$  (. De esta manera, el ozono, sin molestar al personal, asegurará la asepsia del aire, con lo que se logrará una desinfección permanente en la sala.
- ✚ Si en estos locales existe cualquier entrada de aire forzado, ya sea climatizado o no, se recomienda incorporar el ozono al conducto de aire, para así asegurar además la desinfección de la red de conductos de distribución del aire. En estos casos habrá que sobredimensionar el generador de manera que cubra tanto la demanda de ozono de los conductos, como la demanda de la sala a tratar.

# 2 QUÉ ES EL OZONO

## 2.1.- CARACTERIZACIÓN DEL OZONO

Desde el punto de vista químico, el ozono es una forma alotrópica del oxígeno, formado por tres átomos de éste, y cuya función más conocida es la de protección frente a la radiación ultravioleta del sol; pero también es un potente oxidante y desinfectante con gran variedad de utilidades.

La molécula presenta una estructura molecular angular, con una longitud de enlace oxígeno-oxígeno



Se trata de un gas azul pálido e inestable que, a temperatura ambiente, se caracteriza por un olor

picante, perceptible a menudo durante las tormentas eléctricas, así como en la proximidad de equipos eléctricos, según evidenció el filósofo holandés Van Marun en el año 1785. A  $-112^{\circ}\text{C}$  condensa a un líquido azul intenso.



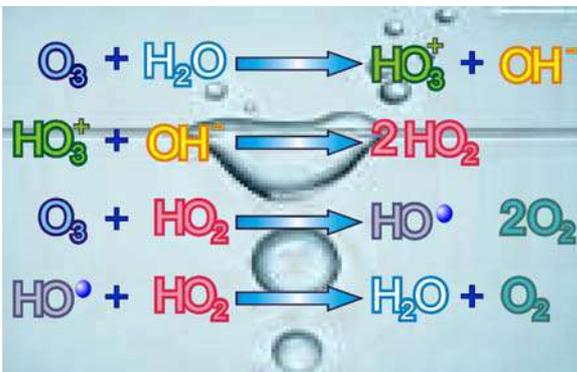
Debido a la inestabilidad del compuesto, el ozono debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores. El funcionamiento de estos aparatos es sencillo: pasan un flujo de oxígeno a través de dos electrodos. De esta manera, al aplicar un voltaje

determinado, se provoca una corriente de electrones en el espacio delimitado por los electrodos, que es por el cual pasa el gas. Estos electrones provocarán la disociación de las moléculas de oxígeno que posteriormente formarán el ozono.

## 2.2.- MECANISMO DE ACCIÓN

El ozono puede ejercer su poder oxidante mediante dos mecanismos de acción:

1. Oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular.
2. Oxidación por radicales libres hidroxilo.

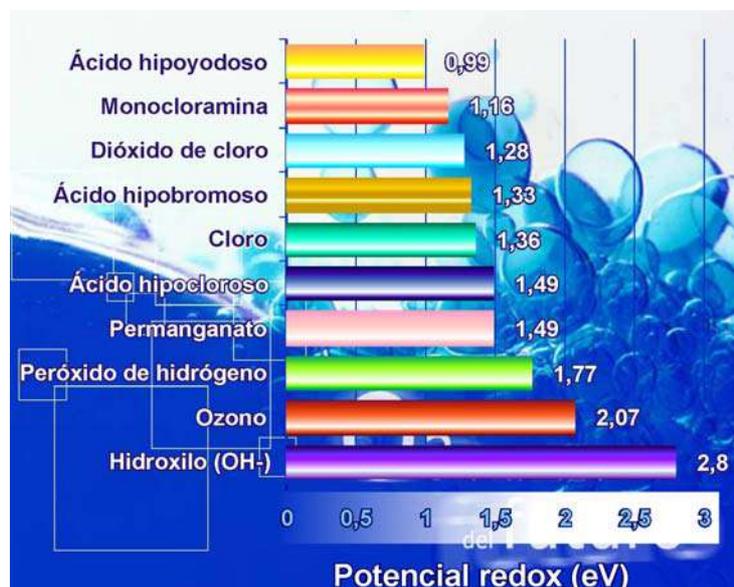


Los radicales hidroxilo generados por el ozono constituyen uno de los más potentes oxidantes, con un potencial de 2,80 V. No obstante, presentan el inconveniente de que su vida media es del orden de microsegundos, aunque la oxidación que llevan a cabo es mucho

más rápida que la oxidación directa por moléculas de ozono. Dentro de los oxidantes más utilizados, los radicales libres de hidroxilo y el ozono tienen el potencial más alto.

Así, dependiendo de las condiciones del medio, puede predominar una u otra vía de oxidación:

- + En condiciones de bajo pH, predomina la oxidación molecular.
- + Bajo condiciones que favorecen la producción de radicales hidroxilo, como es el caso de un elevado pH, exposición a radiación ultravioleta, o por adición de peróxido de hidrógeno, empieza a dominar la oxidación mediante hidroxilos.



## 2.3.- DESINFECCIÓN

Como ya hemos indicado, la eficacia del ozono como desinfectante está de sobra probada, habiéndose comprobado que es capaz de destruir esporas de *Bacillus*

Microorganismos estudiados frente a los cuales es efectivo el ozono		
<p><b>ALGAS</b></p> <p><i>Chlorella vulgaris</i></p> <p><b>BACTERIAS (I)</b></p> <p><i>Achromobacter</i>  <i>Aeromonas hydrophila</i>  <i>Agrobacterium tumefaciens</i>  <i>Bacillus anthracis</i>  <i>Bacillus megaterium</i>            (esporas y vegetativa)  <i>Bacillus mesentericus</i>  <i>Bacillus paratyphosus</i>  <i>Bacillus spores</i>  <b>Bacillus subtilis</b>            (esporas y vegetativa)  <i>Clostridium tetani</i>  <i>Corynebacterium diphtheriae</i>  <i>Eberthella typhosa</i>  <i>Escherichia coli</i>  <i>Legionella bozemanii</i>  <i>Legionella dumoffii</i>  <i>Legionella gormanii</i>  <i>Legionella longbeachae</i>  <i>Legionella micdadei</i>  <i>Legionella pneumophila</i>  <i>Leptospira canicola</i>  <i>Leptospira interrogans</i>  <i>Micrococcus candidus</i>  <i>Micrococcus sphaeroides</i>  <i>Mycobacterium avium</i>            complex  <i>Mycobacterium leprae</i>  <i>Mycobacterium tuberculosis</i>  <i>Neisseria catarrhalis</i>  <i>Nocardia corallina</i>  <i>Phytomonas tumefaciens</i>  <i>Proteus vulgaris</i>  <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  <i>Pseudomonas fluorescens</i>  <i>Rhodospirillum rubrum</i>  <i>Salmonella enteritidis</i>  <i>Salmonella paratyphi</i></p>	<p><b>BACTERIAS (II)</b></p> <p><i>Salmonella typhimurium</i>  <i>Salmonella typhosa</i>  <i>Sarcina lutea</i>  <i>Serratia marcescens</i>  <i>Shigella dysenteriae</i>  <i>Shigella flexneri</i>  <i>Shigella paradysenteriae</i>  <i>Shigella sonnei</i>  <i>Spirillum rubrum</i>  <i>Staphylococcus albus</i>  <i>Staphylococcus aureus</i>  <i>Staphylococcus epidermidis</i>  <i>Staphylococcus faecalis</i>  <i>Streptococcus hemolyticus</i>  <i>Streptococcus lactis</i>  <i>Streptococcus salivarius</i>  <i>Streptococcus viridans</i>  <i>Vibrio cholerae</i>  <i>Vibrio comma</i></p> <p><b>HONGOS</b></p> <p><i>Microsporon autoaini</i>  <i>Microsporon lenosum</i>  <i>Monilia albicans</i>  <i>Trichophyton</i>  <i>Mentagrophytes</i>  <i>Trichophyton purpureum</i></p> <p><b>ESPORAS DE HONGOS</b></p> <p><i>Aspergillus flavus</i>  <i>Aspergillus glaucus</i>  <i>Aspergillus niger</i>  <i>Clostridium perfringens</i>  <i>Mucor racemosus A</i>  <i>Mucor racemosus B</i>  <i>Oospora lactis</i>  <i>Penicillium digitatum</i>  <i>Penicillium expansum</i>  <i>Penicillium roqueforti</i>  <i>Rhizopus nigricans</i></p>	<p><b>NEMÁTODOS</b></p> <p>Huevos</p> <p><b>PARÁSITOS</b></p> <p><i>Cryptosporidium</i>  <i>Giardia lamblia</i></p> <p><b>PROTOZOOS</b></p> <p><i>Paramecium</i> (Patógenas y no patógenas)</p> <p><b>VIRUS</b></p> <p><i>Adenovirus</i>  <i>Bacteriophage</i>  <i>Coliphage</i>  <i>Corona</i>  <i>Coxsackie</i>  <i>Cytomegalovirus</i>  <i>Echovirus</i>  <i>Epstein Barr</i>  <i>Flavivirus</i>  <i>Herpes</i> (todos los tipos)  <i>Hepatitis</i>  <i>Influenza</i>  <i>Orthomyxoviridae</i>  <i>Paramyxoviridae</i>  <i>Poliomielitis</i>  <i>Retroviridae</i> (VIH)  <i>Rhabdoviridae</i> (Rabia)  <i>Rotavirus</i>  <i>Syphilis</i>  <i>Tobacco mosaic</i>  <i>Toga</i></p> <p><b>LEVADURAS</b></p> <p>Levadura de panadería  <i>Candida</i> (todas las formas),  <i>Saccharomyces cerevisiae</i>  <i>Saccharomyces var.</i>  <i>Ellipsoideus</i>  <i>Saccharomyces sp.</i></p>

*subtilis*, la forma más resistente de los microorganismos.

De hecho, el ozono es efectivo frente a gran número de microorganismos sobre los que actúa con gran rapidez, a bajas concentraciones y en un amplio rango de pH, debido a su alto potencial de oxidación; además no presenta efecto inhibitor reversible en los

enzimas intracelulares o, lo que es lo mismo, los microorganismos no desarrollan resistencia frente a él

## 2.4.- OXIDACIÓN DE COMPUESTOS QUÍMICOS

En lo que respecta a la contaminación química del ambiente, el ozono, por su alto poder oxidante, posee un amplio espectro de acción, siendo capaz de interaccionar, desactivándolos, con aldehídos, cetonas, derivados nitrogenados, derivados del azufre, hidrocarburos, ácidos, etc. Esta interacción, se traduce en una mejora del ambiente a nivel de compuestos que:

- ✚ Son nocivos para la salud
- ✚ Enrarecen el ambiente, provocando una sensación de ausencia de oxígeno.
- ✚ Producen malos olores.
- ✚ Pueden llegar a producir irritaciones, reacciones alérgicas, etc.

De los tres problemas señalados, aquel sobre el que la acción del ozono resulta más patente es el de los malos olores, fácilmente apreciable por las personas a ellos sometidas.

La acción desodorizante del ozono no es debida a un simple efecto de camuflaje del olor, sino que se trata de una verdadera destrucción química de éste, al descomponerse las moléculas que lo provocan. Así, la ozonización se muestra efectiva frente a todo tipo de olores como, por ejemplo, el de tabaco, habiéndose identificado tres tipos de compuestos que contribuyen al olor del mismo: acetaldehído, acroleína y ácido sulfhídrico; sobre estos el ozono ejerce una acción eficaz, de tal manera que aún en presencia de humo se constata la ausencia de olor.

El ozono se revela también como oxidante de otros productos químicos muy tóxicos, como compuestos orgánicos, que oxida parcialmente a compuestos biodegradables. Asimismo el gas oxida cetonas, aldehidos, compuestos alifáticos, hierro, manganeso, sulfuros, sulfitos, fenoles, nitritos, cianuros, etc.

# TOXICOLOGÍA

En cuanto a su ficha toxicológica, el ozono está clasificado únicamente como AGENTE IRRITANTE X<sub>i</sub> en aire, no estando clasificado como carcinogénico.

Esta clasificación como agente irritante se refiere **exclusivamente a sus concentraciones en aire**, es decir, a los problemas derivados de su inhalación, que dependen de la concentración a la cual las personas están expuestas, así como del tiempo de dicha exposición.

La normativa emitida por la OMS recomienda una concentración máxima de ozono en aire, para el público en general, de 0,05 ppm (0,1 mg/m<sup>3</sup>).

## DATOS DE TOXICIDAD POR INHALACIÓN:

- TLV: 0'1 ppm
- Recomendaciones de seguridad de la norma UNE 400-201-94: <100 µg/m<sup>3</sup>
- Los Valores Límite Ambientales (VLA) (año 2000) establecen para el ozono, límites de exposición en función de la actividad realizada, siendo el valor más restrictivo 0,05 ppm (exposiciones de 8 horas) y 0,2 ppm para periodos inferiores a 2 horas. La EPA establece un estándar de 0,12 ppm para 1 hora de exposición y la OMS propone un valor de referencia de 120 µg/m<sup>3</sup> ó 0,06 ppm para un periodo máximo de 8 horas.

Por otra parte, salvo que se almacene líquido a altas presiones, el ozono es generado *in situ*, no pudiendo existir escapes superiores a la producción programada en los generadores, ya que estos únicamente producen el gas, no lo acumulan. Los valores para producir efectos agudos letales son muy altos, de 15 ppm, concentraciones prácticamente inalcanzables en tratamientos convencionales.

Disuelto **en agua, el ozono resulta completamente inocuo**, dado que su acción sobre la materia orgánica provoca su rápida descomposición. Únicamente en el caso de tratamientos a altas presiones podría producirse la liberación de ozono al

aire, apareciendo entonces en la superficie de intercambio agua-aire concentraciones que podrían considerarse peligrosas; **pero los tratamientos convencionales no se realizan en estas condiciones**. De hecho, **el ozono se encuentra autorizado como coadyuvante en el tratamiento de aguas potables** según la resolución de 23 de Abril de 1984 del Ministerio de Sanidad y Consumo (BOE Núm. 111 de 9 de Mayo del mismo año), estando asimismo reconocido como desinfectante en la potabilización de aguas por la norma UNE-EN 1278:1999. En palabras textuales de la norma española:

*El ozono se auto-descompone en el agua. Por tanto, a las dosis habitualmente aplicadas, no se requiere generalmente ningún proceso de eliminación. [...]*



Asimismo, el real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, incluye el ozono como *sustancia para el tratamiento del agua*, ya que cumple con la norma UNE-EN correspondiente y en vigencia (incluida en el Anexo II del RD, *normas UNE-EN de sustancias utilizadas en el tratamiento del agua de consumo humano: UNE-EN 1278:1999- Ozono*).

En el *Codex Alimentarius*, el ozono viene definido por tener un uso funcional en alimentos como agente antimicrobiano y desinfectante, tanto del agua destinada a consumo directo, del hielo, o de sustancias de consumo indirecto, como es el caso del agua utilizada en el tratamiento o presentación del pescado, productos agrícolas y otros alimentos perecederos.



# 4 INICIATIVAS EN I+D

Cosemar ozono, en colaboración con diversas instituciones, lleva años realizando tareas de investigación y desarrollo al objeto de definir nuevas aplicaciones del ozono e introducir en el mercado tratamientos mejorados. Estas actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico nos permiten innovar en nuestro campo, obteniendo resultados tangibles que se transforman en soluciones a problemas comunes.

A continuación se detallan los proyectos de I+D llevados a cabo hasta la fecha, todos ellos con resultados muy positivos:

## a.- Estudios realizados en colaboración con diferentes universidades

✚ **Hospital Clínico San Carlos. Madrid.-** Eficacia desinfectante del agua ozonizada en el lavado de manos y en el enjuague de boca. (1990)

✚ **Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.-** Efecto del ozono sobre la conservación del fresón (*Fragaria ananassa*) (2002)



✚ **Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid.-** Alargamiento del periodo de conservación del tomate mediante tratamiento con ozono. (2005)

✚ **Servicio de Medicina Preventiva del Hospital Clínico San Carlos. Madrid.-** Evaluación de la eficacia de una lavadora- desinfectadora acoplada a un generador de ozono. (2005)

✚ **Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo. Universidad de Santiago de Compostela.-** Estudio de nuevas tecnologías en la conservación de pescado mediante hielo líquido ozonizado. (2005)

## b.- Estudios realizados con laboratorios independientes

- ✚ **Estudio microbiológico en glaseadoras ozonizadas.-** Experiencia realizada en JEALSA RIANXEIRA, en colaboración con las empresas MECALSA (Mecánica alimentaria, S.A.) e INTALSA.



**Objetivo:** Estudio microbiológico comparativo en una glaseadora clásica para procesado de lomos y rodajas de atún con y sin sistema de ozonización en circuito cerrado.



- ✚ **Salas de oreo de industria cárnica.-** Experiencia realizada en CÁRNICAS LLORENTE. Almazán (Soria), en colaboración con las empresas EBA (Estudios Biológicos Ambientales).

**Objetivo:** Estudio microbiológico comparativo en una industria cárnica con y sin sistema de ozonización de cámaras frigoríficas y salas de despiece.

- ✚ **Desinfección de material de corte.-** Experiencia realizada en Laboratorios Sanz & Vidal (Galicia), en colaboración con INTALSA (Instituto de Tecnología Alimentaria).

**Objetivo:** Evaluar la eficacia desinfectante de un sistema a base de ozono. A partir de una concentración conocida de microorganismos (Cepa Escherichia coli 25922, Cepa Salmonella paratyphi y Cepa Listeria monocytogenes CECT 4032) se evalúa la reducción de ufc en cuchillos sometidos a una atmósfera saturada con ozono durante 10 minutos.

### c.- Estudios en curso (2006)

- ✚ **Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.-** Carga microbiana existente en la solución nutritiva empleada para el cultivo del fresón (*Fragaria x ananassa*) en invernadero de plástico rígido, ubicado en la provincia de Huelva en cultivo hidropónico sin sustrato con recirculación completa.
- ✚ **Centro Tecnológico de la Industria Cárnica de la Rioja.-** Estudio de la efectividad de la aplicación de ozono y agua electrolizada neutra en la reducción de *Lysteria monocitogenes* en las instalaciones de la Industria cárnica de La Rioja.
- ✚ **Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.-** Comportamiento del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) durante el tratamiento post-cosecha en atmósferas ozonificadas.





# 5 PUBLICACIONES

Desde el Departamento de I+D, a cargo de nuestra Dirección Técnica, se han publicado los siguientes artículos en revistas científicas y técnicas especializadas:

- ✚ Pérez Calvo, M., “El ozono en la higiene alimentaria”, *Frío y Clima*, 44, 13-15. Julio, 2004.
- ✚ Pérez Calvo, M.M., “El ozono en el tratamiento de ambientes interiores”, *Montajes e instalaciones*, 395, 69-73. Junio, 2005.
- ✚ Pérez Calvo, M., “Estudio microbiológico de la calidad y mejora del aire ambiente en guarderías de la CAM”, *Revista de Salud Ambiental*, SESA, V (1), 37-38. Junio 2005.
- ✚ Pérez Calvo, M.M., “Desinfección en continuo de conductos de aire acondicionado con ozono”, *Instalaciones y técnicas del confort*, 170, 56-65. Julio, 2005.
- ✚ Pérez Calvo, M., “Ozono: la alternativa a los agentes químicos en la desinfección de cámaras frigoríficas”, *Revista de Toxicología (órgano oficial de la Asociación Española de Toxicología)*, 22 (2), 109. Septiembre, 2005.
- ✚ Pérez Calvo, M., “El ozono en la calidad del aire ambiente”, *Gestión de hoteles y restaurantes*, 68, 24-29. Abril, 2006.
- ✚ Pérez Calvo, M.; Palacios Valencia, A. y Amigo Martín, P., “Estudio de indicadores de la calidad de tomate conservado en atmósfera ozonizada”, *Alimentaria*, 373, 124-129. Mayo, 2006.

Asimismo nuestros colaboradores en las investigaciones anteriormente señaladas, por su parte, tienen publicados numerosos artículos, así como tesis doctorales y tesinas, con los resultados de los experimentos llevados a cabo con el ozono.

