

# TRATAMIENTOS CON OZONO

ALMACENAJE DE ALIMENTOS EN FRÍO



**CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE FRUTAS**  
Para espacios saludables



## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>2. QUÉ ES EL OZONO. EQUIPOS INDUSTRIALES</b>	<b>3</b>
Ficha descriptiva.....	3
Caracterización.....	4
Mecanismo de acción.....	5
Espectro de acción.....	7
El ozono como biocida alternativo.....	8
<b>3. VENTAJAS DEL SISTEMA DE OZONIZACIÓN</b>	<b>9</b>
Ventajas en el almacenaje de alimentos.....	9
Ventajas frente a riesgos toxicológicos.....	10
Ventajas económicas.....	11
Ventajas en el uso.....	12
Ventajas ambientales.....	12
<b>4. DATOS TOXICOLÓGICOS</b>	<b>13</b>

# 1. Introducción

Los alimentos que tan necesarios resultan, pueden ser un foco de enfermedades e, incluso, de muerte, si no se mantienen unas condiciones sanitarias adecuadas de en todas las etapas por las que el alimento ha de pasar.

Para que un **alimento** sea considerado **seguro**, se han de tener en cuenta las condiciones generales de uso del alimento por los consumidores y cada fase por la que haya pasado (APPCC).

Poco se lograría en materia de **desinfección** de alimentos si, una vez higienizados mediante un correcto lavado, se volvieran a contaminar durante su **almacenaje o transporte**.

A fin de asegurar una correcta higienización de las **cámaras** frigoríficas donde se almacenan los alimentos, se ha de aplicar en ellas un **biocida eficaz** y compatible con la alimentación humana, es decir, un compuesto capaz de eliminar los microorganismos presentes en la superficie de los alimentos sin dejar en ellos residuos nocivos para la salud. En este sentido, el sistema más eficaz, seguro y respetuoso con el medio es la **ozonización**. El ozono, merced a su alto poder oxidante, elimina los microorganismos, tanto patógenos como oportunistas, presentes en los alimentos sin dejar agentes químicos residuales.

Así, desde hace años, se viene recomendando en países como Estados Unidos, Francia, Alemania o Japón, la utilización de ozono como **medida** más higiénica de **seguridad** en los **depósitos refrigerados** de alimentos perecederos, cámaras frigoríficas, transportes refrigerados, etc.

## Riesgos

### 1. Contaminación biológica

Superficies de los alimentos contaminadas por bacterias, hongos, y virus. Falta de desinfección en los lugares de almacenaje y/o transporte.

### 2. Contaminación química

Olores y compuestos derivados de la descomposición de los alimentos. Residuos plaguicidas.



## Consecuencias

### 1. Infecciones y contagios

Los consumidores de un alimento contaminado pueden padecer todo tipo de toxiinfecciones alimentarias con distintos niveles de gravedad según el microorganismo causante.

### 2. Alergias

Entre las consecuencias más comunes de la contaminación química o biológica se encuentran las alergias de todo tipo.

### 3. Corta vida media

Los alimentos contaminados se descomponen rápidamente debido a los microorganismos presentes en su superficie y que provocan la putrefacción.

## 2. Qué es el Ozono

El ozono es un potente desinfectante utilizado desde hace décadas en muy diversos campos, tanto en agua como en aire.

La OMS aconseja que el nivel de microorganismos en el aire de interiores no supere las 500 ufc, por los riesgos que ello puede implicar para los usuarios de ese espacio. En la actualidad, con la pandemia de gripe A, dichos riesgos resultan aún más preocupantes.

Cosemar Ozono garantiza espacios con **niveles inferiores a 400 ufc**, gracias a sus equipos de la serie industrial, que se instalan mediante tuberías de PVC transparente o teflón, por los patinillos, falso techo, etc.

### Ficha descriptiva del ozono

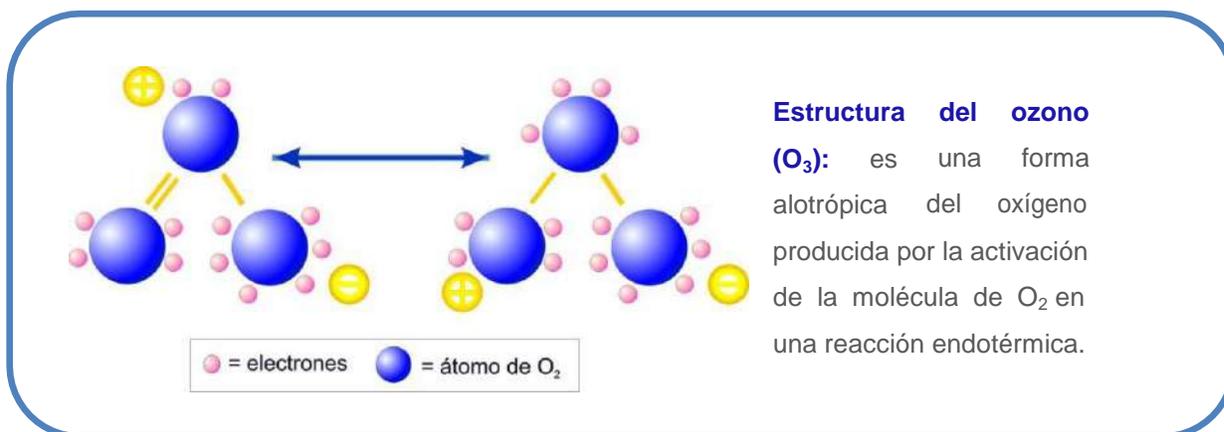
Identificación	
Nombre químico	ozono
Masa molecular relativa	48 g/L
Volumen molar	22,4 m <sup>3</sup> PTN/Kmol
Fórmula empírica	O <sub>3</sub>
Número de registro CAS	10028-15-6
Referencia EINECS	233-069-2
Densidad (gas)	2,144 g/L a 0°C
Densidad (líquido)	1,574 g/cm <sup>3</sup> a - 183°C
Temperatura de condensación a 100kPa	-112°C
Temperatura de fusión	-196°C
Punto de ebullición	-110,5°C
Punto de fusión	-251,4°C
Temperatura crítica	-12°C
Presión crítica	54 atms.
Densidad relativa frente al aire	1,3 veces más pesado que el aire
Inestable y susceptible de explotar fácilmente	Líquido -112°C Sólido -192°C
Equivalencia	1 ppm = 2 mg/m <sup>3</sup>

## Caracterización

El ozono es un compuesto formado por tres átomos de oxígeno, cuya función más conocida es la de protección frente a la peligrosa radiación ultravioleta del sol; pero también es un potente oxidante y desinfectante con gran variedad de utilidades. La más destacada es la desinfección de aguas.

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 una temperatura de  $-112^{\circ}\text{C}$  condensa a un líquido azul intenso. En condiciones normales de presión y temperatura, el ozono es trece veces más soluble en agua que el oxígeno, pero debido a la mayor concentración de oxígeno en aire, éste se encuentra disuelto en el agua en mayor medida que el ozono.

La molécula presenta una estructura molecular angular, con una longitud de enlace oxígeno-oxígeno de  $1,28 \text{ \AA}$ ; se puede representar de la siguiente manera:



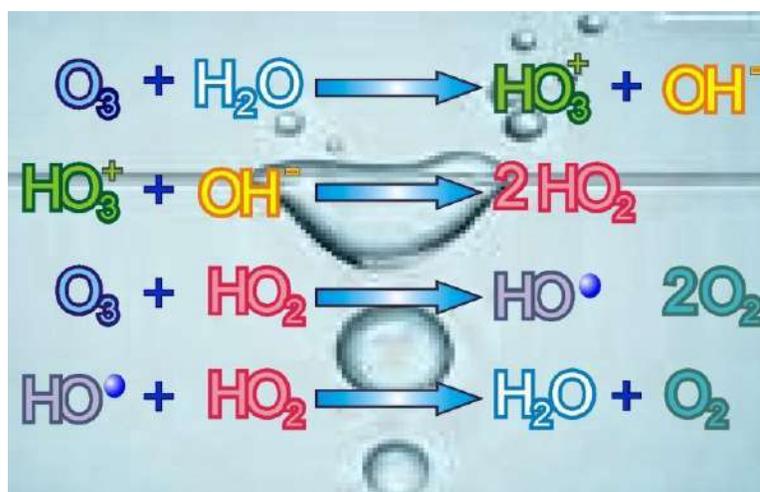
Debido a la inestabilidad del compuesto, en este tipo de aplicaciones, éste debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores. El funcionamiento de estos aparatos es sencillo: pasan una corriente de oxígeno a través de dos electrodos. De esta manera, al aplicar un voltaje determinado, se provoca una corriente de electrones en el espacio delimitado por los electrodos, que es por el cual circula el gas. Estos electrones provocarán la disociación de las moléculas de oxígeno que posteriormente formarán el ozono.

## Mecanismo de acción

Cuando este gas es inyectado en el **agua**, 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.

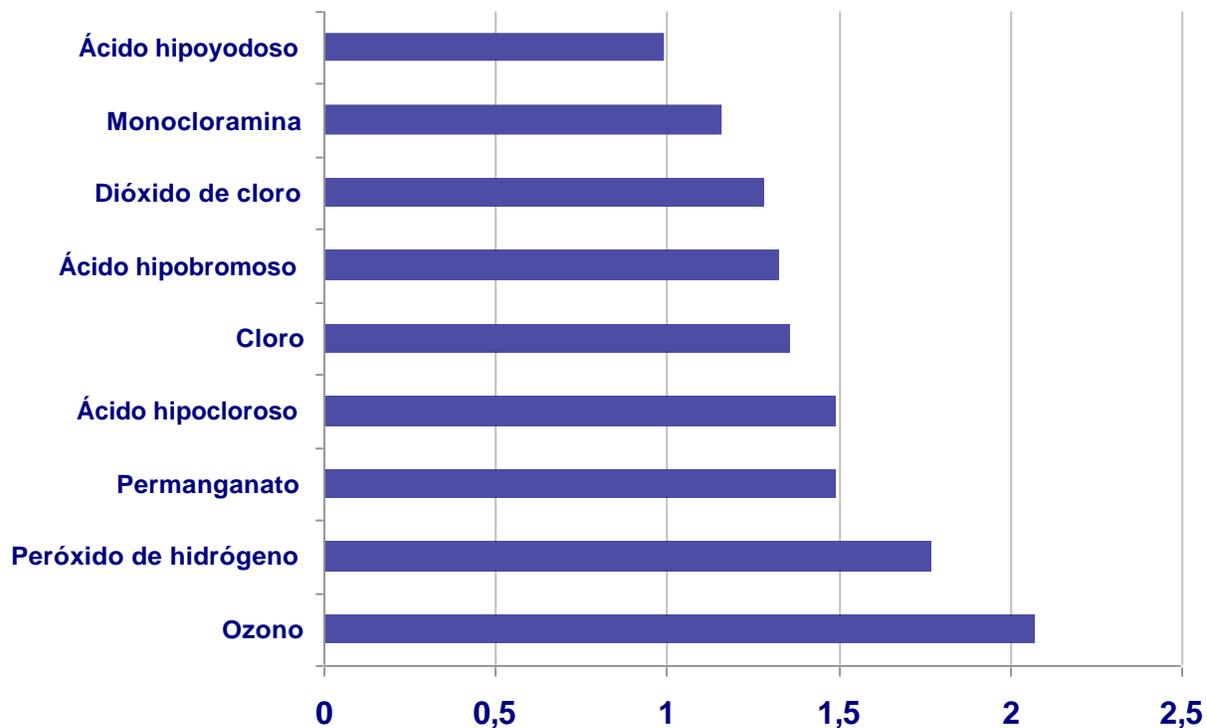
Los radicales libres hidroxilo, ( $\text{OH}^\bullet$ ), se generan en el agua como a continuación se expone:



Los radicales libres así generados, constituyen uno de los más potentes oxidantes en agua, 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.

De los oxidantes más utilizados en el tratamiento de aguas, los radicales libres de hidroxilo y el ozono tienen el potencial más alto, como se puede observar en la siguiente tabla:

## Potencial redox (eV)



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 hidroxilos, como es el caso de un elevado pH, exposición a radiación ultra-violeta, o por adición de peróxido de hidrógeno, empieza a dominar la oxidación mediante hidroxilos. (EPA Guidance Manual, 1999).

## Espectro de acción

Se puede decir que el ozono no tiene límites en el número y especies de microorganismos que puede eliminar, dado que actúa sobre estos a varios niveles.

La **oxidación directa de la pared celular** constituye su principal modo de acción. Esta oxidación provoca la rotura de dicha pared, propiciando así que los constituyentes celulares salgan al exterior de la célula. Asimismo, la producción de radicales hidroxilo como consecuencia de la desintegración del ozono en el agua, provoca un efecto similar al expuesto.

Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono-nitrógeno, lo que da lugar a una **despolimerización**. Los microorganismos, por tanto, no son capaces de desarrollar inmunidad al ozono como hacen frente a otros compuestos.

El ozono es eficaz, pues, en la **eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares, esporas y quistes** (Rice, 1984; Owens, 2000; Lezcano, 1999).

Por otra parte, **actúa a menor concentración y con menor tiempo de contacto** que otros desinfectantes como el cloro, dióxido de cloro y monoclóraminas.

Además el ozono, como indicábamos previamente, **oxida sustancias citoplasmáticas**, mientras que el cloro únicamente produce una destrucción de centros vitales de la célula, que en ocasiones no llega a ser efectiva por lo que los microorganismos logran recuperarse (Bitton, 1994).

## 2.5. El Ozono como biocida alternativo

Por sus singulares características, el ozono cumpliría con gran parte de los ideales de un biocida como:

- Ser efectivo frente a un amplio rango de microorganismos.
- Actuar rápidamente y ser efectivo a bajas concentraciones.
- No causar deterioro de materiales.
- Tener un bajo coste, ser seguro y fácil de transportar, manejar y aplicar.
- Descomponerse fácilmente sin dejar sustancias peligrosas que puedan perjudicar la salud y el medio.
- Purificación del aire interior de cámaras y zonas comunes, consiguiendo un ambiente agradable, fresco y libre de malos olores.
- Único sistema de desinfección en continuo: desinfección diaria de superficies.
- Desodoriza: eliminación de olores y compuestos derivados de la maduración de fruta y verdura, así como de la descomposición de carnes o pescados.
- Acabar, por todo lo anteriormente expuesto, con los problemas de intoxicaciones y deterioro de alimentos debidos a contaminación alimentaria.

Este sistema puede, además, utilizarse tanto como **tratamiento de choque** como en pequeñas concentraciones de **manera continua**. Un tratamiento continuo asegura no sólo la ausencia de microorganismos patógenos: también elimina aquellos microorganismos que forman parte de la película biológica que se forma en los conductos de aire acondicionado, y que se presenta como un reservorio de patógenos a eliminar si se quiere prevenir una constante re-contaminación de las instalaciones

### 3. Ventajas del sistema de ozonización

Frente a la acción, manejo, peligrosidad, plazos de seguridad y eficacia de los agentes químicos utilizados habitualmente en desinfección, el ozono presenta una serie de ventajas importantes que pasamos a detallar a continuación:

#### Ventajas en el almacenaje de alimentos

Los objetivos esenciales de la ozonización en la conservación de alimentos son cuatro:

- La asepsia de los locales de manipulación, conservación y distribución de alimentos.
- La disminución de las pérdidas de peso de los alimentos durante su almacenaje.
- La desodorización absoluta de los locales y supresión de la transmisión de olores de unos alimentos a otros.
- La posibilidad de mantener los alimentos en estado óptimo durante más tiempo de almacenaje.

*El O<sub>3</sub> asegura la destrucción de los microorganismos del aire y de las superficies de los alimentos.*

*Evita la transmisión de olores de unos alimentos a otros*

misma cámara.

El OZONO activo, al poder ser aplicado en aire, asegura la destrucción de los numerosos microorganismos, que se encuentran en la superficie de los productos alimenticios al introducirlos en las cámaras frigoríficas. Esta contaminación por gérmenes nocivos empieza inexorablemente al iniciarse las operaciones de manipulado y transporte. Manteniendo la cámara de esta manera, en las condiciones más asépticas posibles, se dificulta en gran medida el riesgo de contagio de una pieza a otra dentro de la

### 3.2. Ventajas frente a riesgos toxicológicos

Tanto para los usuarios como para los técnicos que hayan de trabajar con ozono, éste ofrece las mayores garantías de seguridad, ya que elimina los principales factores de riesgo presentes en los tratamientos químicos de desinfección: riesgos originados por la propia toxicidad del producto, así como aquellos derivados de su manipulación, transporte y almacenaje.

*No presenta riesgos de manipulación, transporte ni almacenaje*

Además, debido a la inestabilidad de este compuesto, no se originan subproductos en el tratamiento, ya que el ozono se descompone rápidamente en oxígeno, completamente inocuo, por lo que en este particular no implica tampoco riesgo alguno para la salud. Este hecho supone un beneficio adicional de la ozonización frente a los tratamientos llevados a cabo con otros compuestos químicos, ya que estos pueden dar lugar, en el proceso de oxidación, a subproductos muy persistentes y peligrosos.

Únicamente en su forma gaseosa resulta el ozono un agente irritante y está clasificado como nocivo. En dicho estado, el límite de ozono en ambiente permitido por ley es de 0,05 ppm. Sin embargo, la ya mencionada descomposición rápida del ozono, favorecida por la elevada humedad relativa, permite que en cámaras de almacenamiento donde sean necesarias altas concentraciones de este elemento, el personal pueda trabajar sin peligro alguno unos pocos minutos después de haber cesado la producción de  $O_3$ , al transformarse éste rápidamente en oxígeno.

Por otra parte, al generarse in situ, como hemos señalado se hace innecesaria su manipulación, almacenamiento o transporte, lo que redundará en una disminución muy significativa de los riesgos derivados de estas actividades: irritaciones y corrosiones por contacto o inhalación, accidentes graves por vertidos de sustancias peligrosas...

## Ventajas económicas

Aparte del ahorro que supone la reducción de accidentes laborales y ambientales, así como el que implica el poder prescindir de locales aptos para el almacenaje de productos químicos tóxicos y el evitar el problema de la gestión de envases de dichos productos, la utilización de atmósferas ozonizadas para el almacenaje de alimentos supone una importante ventaja económica en otros aspectos:

- Alarga la vida útil de los productos: el ozono actúa en su superficie eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables de la putrefacción que, habitualmente, descomponen los alimentos y cuya presencia se hace patente por el aspecto brillante que transmiten a la superficie del género (carnes y pescados). En otro tipo de alimentos (frutas, verduras, derivados de bollería) aparecen mohos que acaban fermentando el producto y cuyo crecimiento se ve, asimismo, inhibido por la presencia de ozono. Así por ejemplo, este gas controla el crecimiento del Mildew azul, presente normalmente en los almacenamientos en frío al crecer a 0°C, y que comunica un sabor y olor característico a la fruta.
- Elimina los gases de etileno: a la hora de considerar el tiempo de almacenaje de frutas y verduras, no se puede pasar por alto el papel del etileno. Este compuesto químico aparece en los vegetales como consecuencia del proceso normal de maduración, que su presencia acelera. El OZONO reacciona rápidamente con el etileno, formando inicialmente un producto intermedio, el óxido de etileno, que pasa posteriormente a dióxido de carbono y agua, retardando de esta manera el proceso de maduración. Por su parte, el óxido de etileno así formado es un efectivo inhibidor de mohos, levaduras y bacterias, principalmente en los frutos secos, especias y piensos.
- Evita las mermas de peso: otra ventaja añadida en estos casos la constituye el hecho de que la humedad relativa óptima para la aplicación del ozono está entre el 90 y 95%, por lo que se pueden controlar efectivamente los microorganismos de superficie, evitando su crecimiento, sin que el fruto pierda peso. También a este respecto, las mermas de peso son debidas a la pérdida de agua, consecuencia de la descomposición microbiana de los tejidos, tanto animales como vegetales. Al paralizar el desarrollo de los microbios, las pérdidas de peso pueden verse disminuidas hasta en un 75%.

*Alarga la vida útil, elimina el etileno y evita las mermas de peso*

## Ventajas en el uso

El ozono ofrece la posibilidad de desinfectar y mantener una atmósfera limpia, sin necesidad de desalojar las cámaras para llevar a cabo el tratamiento, ya que su uso está autorizado en presencia de alimentos. Asimismo, los cortos plazos de seguridad de este compuesto (del orden de media hora en caso de tratamientos con altas concentraciones del gas), suponen una ventaja evidente ante los tratamientos tradicionales.

Otro de los beneficios en el uso del ozono, es su capacidad para eliminar todo tipo de olores. La desodorización se consigue gracias a la capacidad del OZONO para oxidar la materia orgánica proveniente de los alimentos, que origina los olores desagradables bien conocidos por todos.

Con la ozonización de las cámaras se consigue su desodorización absoluta así como la supresión de la transmisión de olores de unos alimentos a otros, pudiéndose utilizar por tanto una misma cámara para distintos tipos de productos, mejorando con ello la gestión del espacio.

Por otra parte, la desinfección que proporciona el ozono no afecta en ningún caso a las características organolépticas de los alimentos tratados, según recientes investigaciones de distintas universidades.

## Ventajas ambientales

Como acabamos de indicar, los tratamientos de desinfección con ozono no producen compuestos secundarios ni incluyen aditivos que resulten perjudiciales para el entorno: carecen por completo de impacto ambiental.

El sistema de desinfección por ozono conduce, en lo que a impacto ambiental concierne, a una:

- Eliminación de factores de riesgo por vertido de agentes potencialmente ecotóxicos para el medio.
- Eliminación de agentes químicos reactivos para el medio.
- Eliminación del problema de gestión de envases.

*Preocupados  
por el  
medioambiente*



## 4. Datos toxicológicos

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 2013), 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

### Con nuestros tratamientos aseguramos dosis de residual inferiores a estos niveles máximos permitidos

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. 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, estando asimismo incluido en la [Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de febrero de 1998, relativa a la comercialización de biocidas](#).

En el caso específico de cámaras frigoríficas, el uso del ozono está reglamentado en el [Real Decreto 168/1985, de 6 de febrero, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria sobre condiciones generales de almacenamiento frigorífico de alimentos y productos alimentarios](#).

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