

# **Introducción a la aplicación de ozono como agente de desinfección de equipos y superficies**

área de Sistemas

**ainia** centro tecnológico

Parque Tecnológico de Valencia  
Benjamín Franklin, 5-11, 46.980  
Paterna (Valencia)  
<http://www.ainia.es>

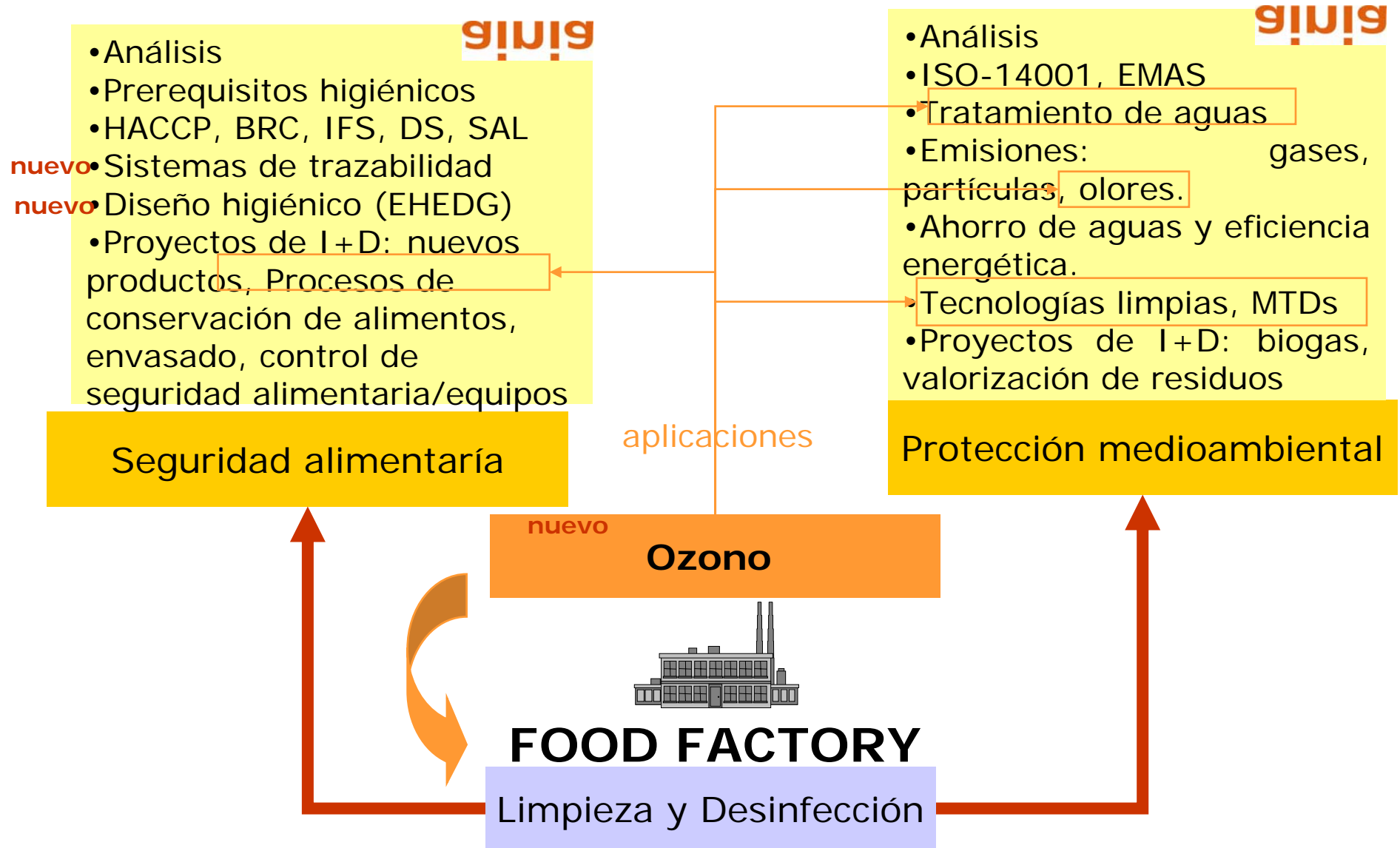


## ainia centro tecnológico

(centro privado sin ánimo de lucro)

950 asociados (principalmente compañías alimentarias). Actividad:

- Proyectos de I+D
- Servicios analíticos
- Asistencia técnica
- Otros

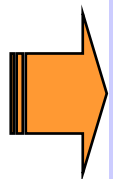




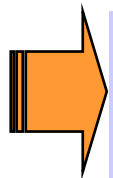
El 26 de June de 2001, El U.S. Food and Drag Administration (FDA) aprueba formalmente el ozono como *"un agente antimicrobiano para el tratamiento , almacenamiento y procesado de alimentos tanto en fase gaseosa como acuosa"*



El 21 de diciembre de 2001, El U.S. Dpto de Agricultura, Seguridad Alimentaría y Servicio de Inspección (USDA/FSIS) aprueba el uso de ozono en contacto con carne y pollo, desde materia prima hasta producto antes de envasado. El ozono también puede ser utilizado en la higienización de equipos de proceso y superficies que no están en contacto con los alimentos.



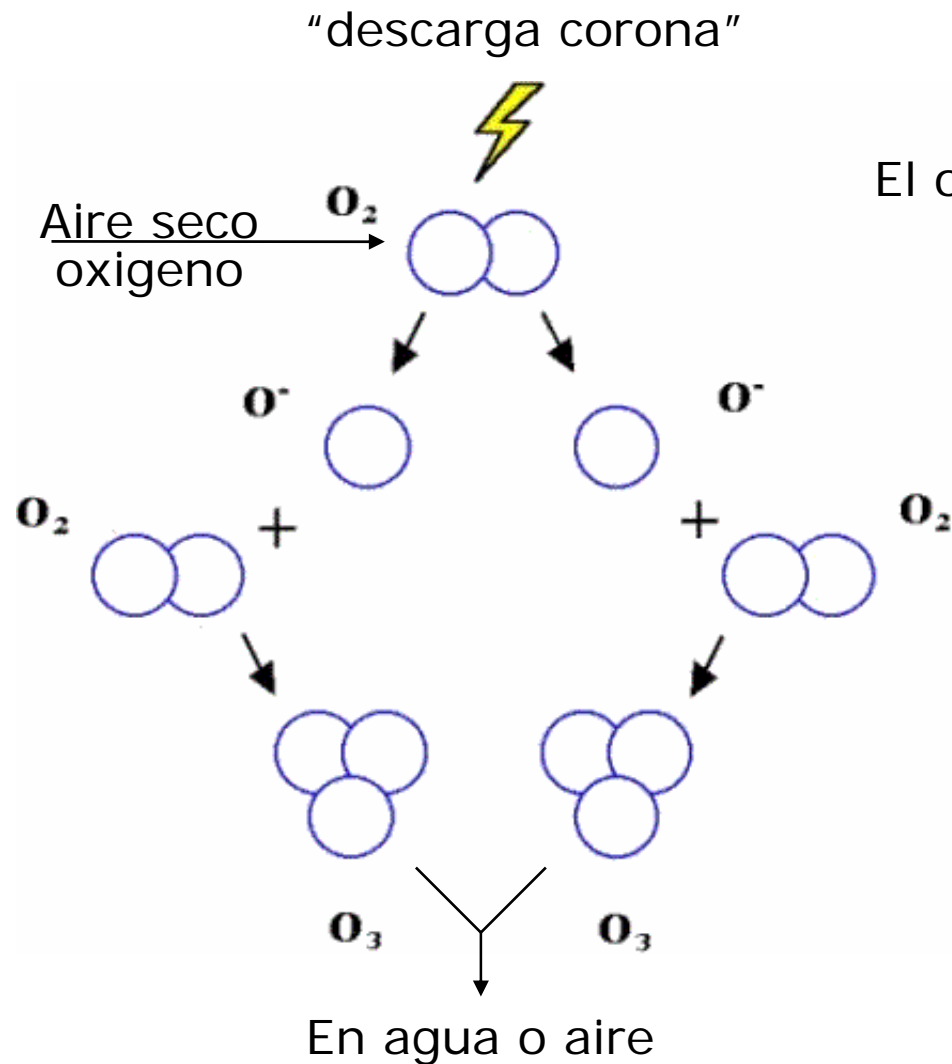
En Europa, el uso de ozono para la desinfección de agua envasada es la aplicación más conocida y usada industrialmente en la actualidad. Directiva 2003/40/CE.



Bajo el marco de la Directiva 96/61/EC relacionada con el control y prevención integrado de la contaminación, el uso de ozono puede ser reconocido como Mejor técnica Disponible.

# O<sub>3</sub>

El ozono es un gas azulado con un olor picante característico.

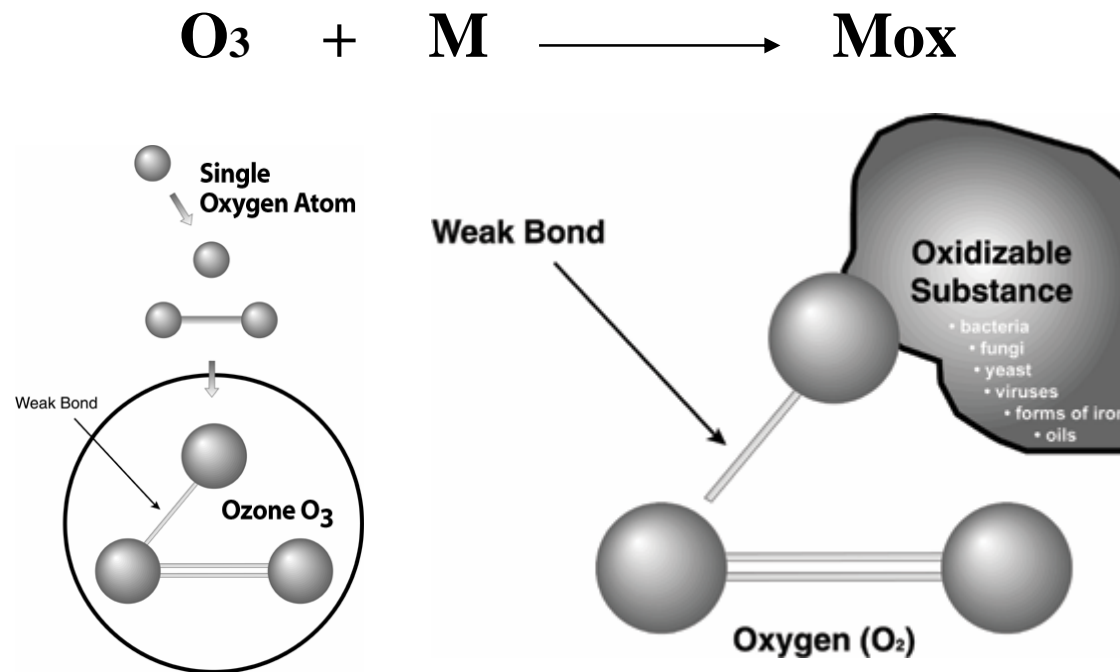


<u>Oxidizing Reagent</u>	<u>Oxidizing Potential</u>
<b>Ozone</b>	<b>2.07</b>
Hydrogen Peroxide	1.77
Permanganate	1.67
Chlorine Dioxide	1.57
Hypochlorous acid	1.49
Chlorine Gas	1.36
Hypobromous acid	1.33
Oxygen	1.23
Bromine	1.09
Hypoiodous acid	0.99
Hypochlorite	0.94
Chlorite	0.76
Iodine	0.54

Reactividad

Ozono reacciona con COMPUESTOS ORGÁNICOS de dos formas:

a) directamente, cuando el OZONO MOLECULAR reacciona con el compuesto en cuestión , o



- Cicloadición
- Reacción electrofílica
- Reacción nucleofílica

## Reactividad (CONT)

b) indirectamente, a través de la auto-descomposición del ozono y formación de **RADICALES LIBRES ALTAMENTE REACTIVOS** como los radicales hidroxil (.OH) o hidroperoxil (.HO<sub>2</sub>).



\* Han sido desarrolladas técnicas avanzadas de oxidación, para promover la formación de radicales libres, dado que generalmente presentan una acción antimicrobiana mayor que el propio ozono (ej. Adición de peróxido de hidrógeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en solución acuosa).

El ozono también oxida **COMPUESTOS INORGÁNICOS** presentes en el agua (ej,  $\text{Fe}^{2+} \xrightarrow{\text{O}_3} \text{Fe}^{3+}$  que precipita en agua.).

## Estabilidad del ozono

El ozono es muy inestable y se descompone rápidamente en oxígeno. La vida media del ozono en agua destilada a 20°C es de 20-30 min.

### Gas

Temp (C)	Vida media *
-50	3-meses
-35	18-días
-25	8- días
20	3- días
120	1.5-horas
250	1.5- segundos

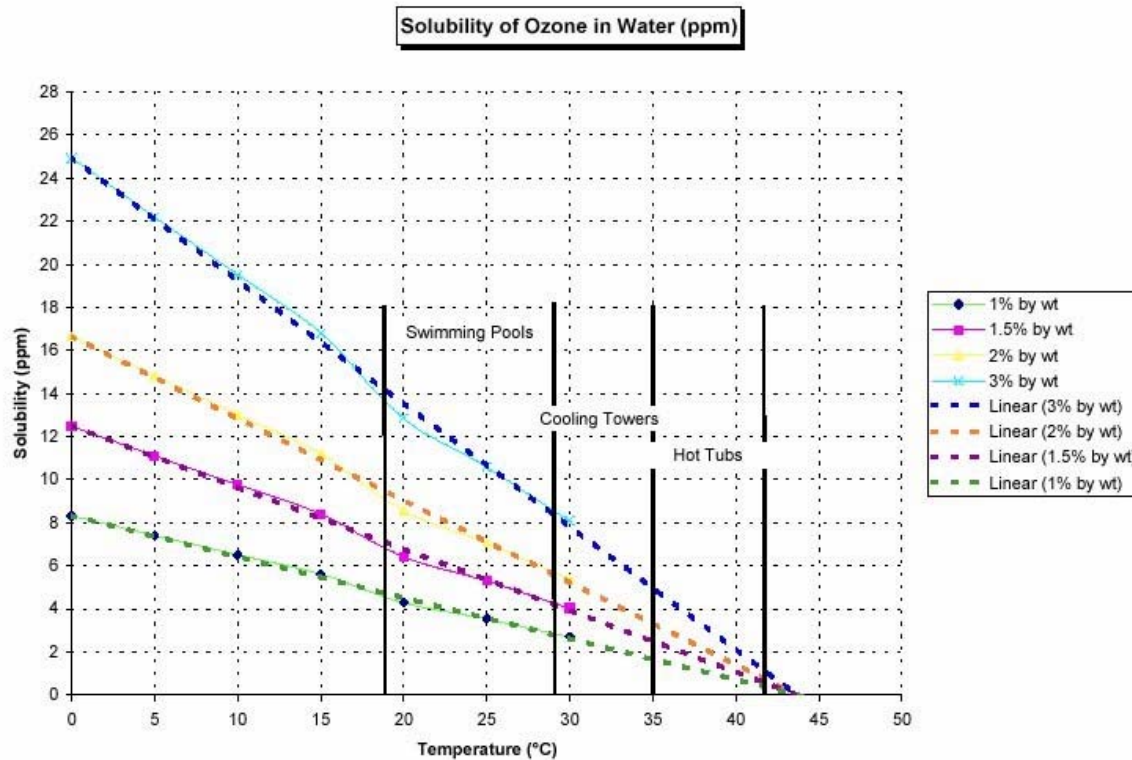
### Disuelto en agua (pH 7)

Temp (C)	Vida media
15	30-minutos
20	20-minutos
25	15- minutos
30	12- minutos
35	8- minutos



## Solubilidad en agua

La solubilidad del ozono depende de la temperatura del agua, el tipo de agua, el pH y la concentración de ozono en la fase gas.



# Efecto del medio respecto a la eficacia bactericida

↑ Temperatura ↓ ↑ efecto bactericida

Una disminución de la temperatura en el medio acuoso, aumenta la solubilidad y estabilidad del ozono, incrementando su disponibilidad en el medio y, consecuentemente, su eficacia. Un incremento de la temperatura, por otro lado, incrementa la reactividad del ozono residual.

No existe consenso respecto al efecto de la temperatura y la eficacia biocida del ozono.

↑ Humedad relativa ↑ efecto bactericida

Para inactivar microorganismos con ozono gas, se requiere una humedad relativa alta.

Nivel óptimo RH 90-95% RH, por debajo 50% el efecto bactericida desaparece

↑ Ozono residual ↑ efecto bactericida

La efectividad del ozono frente a los microorganismos, depende de la cantidad aplicada y en mayor medida del ozono residual del medio.

El ozono residual depende de su inestabilidad y su demanda

↑ Demanda de ozono ↓ efecto bactericida

La menor demanda de ozono la tiene el agua pura. Las impurezas reaccionan y consumen el ozono aplicado en mayor o menor grado dependiendo del tipo de producto.

Ej. 20 ppm SAB reduce el efecto bactericida más que 20 ppm de fécula



Los microorganismos son inactivados por el deterioro de constituyentes celulares. (lipidos de la pared celular, enzimas intracelulares, lipopolisacaridos, material genético, etc)



El ozono es un potente agente antimicrobiano de amplio espectro, siendo activo frente a bacterias, hongos, virus, protozoos, y esporas de bacterias y hongos

Las bacterias son más sensibles que las levaduras y hongos

Las bacterias gram-positivas son más sensibles al ozono que las gram-negativa

Las esporas son más resistentes que las células vegetativas.



El ozono no desarrolla resistencias microbianas.

El mecanismo de actuación del ozono produce la destrucción del microorganismo por lisis celular, por lo que no puede generar resistencia en los microorganismos



No produce contaminación residual.

se convierte rápidamente en oxígeno sin dejar residuo

No genera problemas por formación de subproductos no deseados como:  
*cloraminas, clorofenoles o trihalometanos.*



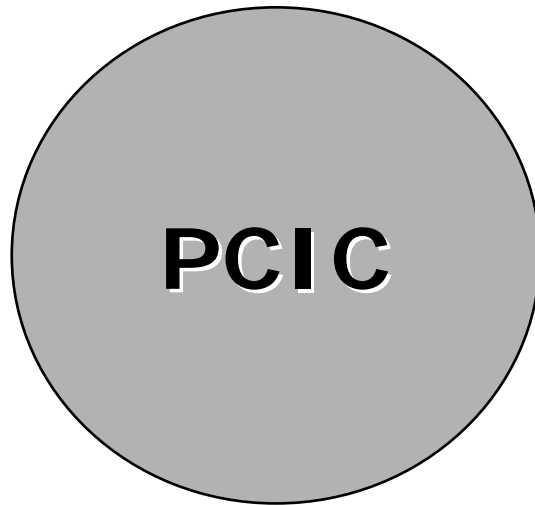
Se produce in situ y no necesita almacenamiento

La técnica de producción de ozono más utilizada en los equipos comerciales es la "descarga corona". Esta técnica permite utilizar aire seco, oxígeno o una mezcla de ambos. Para obtener el ozono se hace pasar el gas entre dos electrodos situados muy próximos (uno de los cuales cubierto por un material dieléctrico) bajo una corriente eléctrica de 10 kV.



## Ventajas medioambientales





Directiva 96/61/EC  
Ley 16/2002



**Instalaciones PCIC**

hecho a medida

**La integración  
PERMITE:**

agua  
aire  
suelo  
Residuos  
Recursos naturales

**Valores límites de emisión  
Parámetros o medidas técnicas  
equivalentes**

**basadas en ...**

Características técnicas  
de la instalación

+

Localización  
geográfica

+

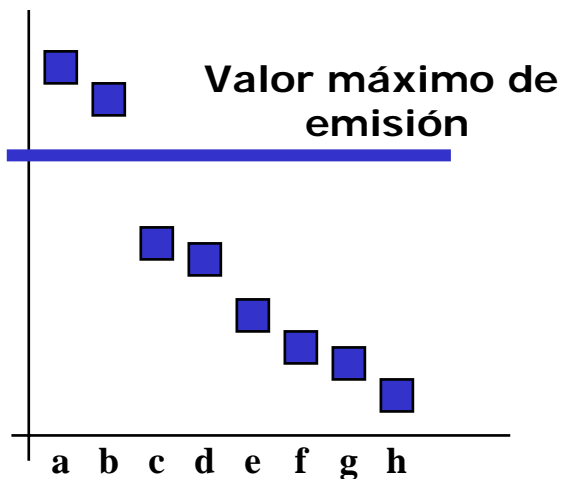
Tipo y estado  
el medio  
ambiente

+

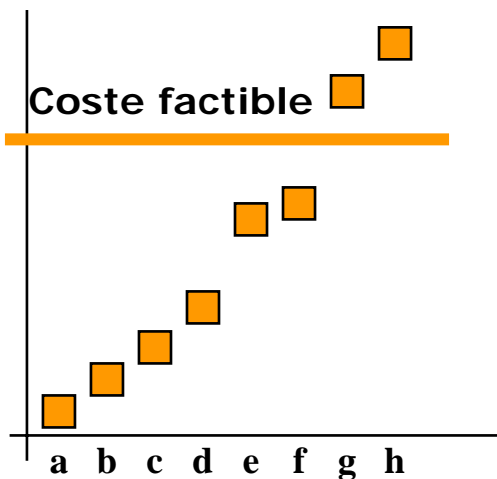
Mejores  
Técnicas  
Disponibles  
MTDs

# Mejores técnicas disponibles (MTDs)

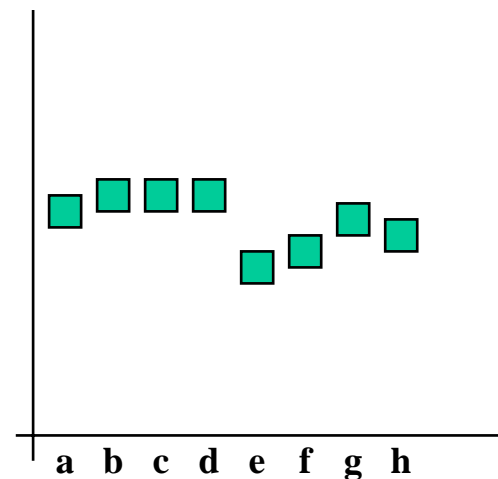
NIVEL DE EMISIÓN



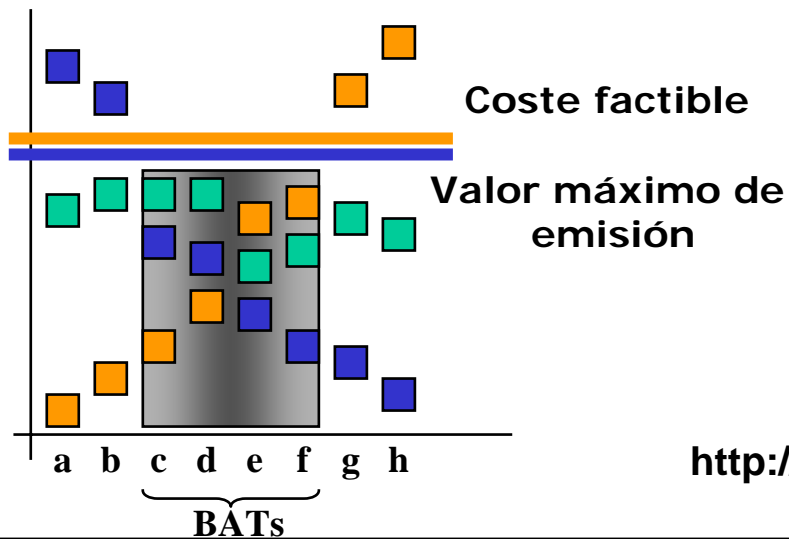
COSTE ECONÓMICO



CONSUMO DE RECURSOS

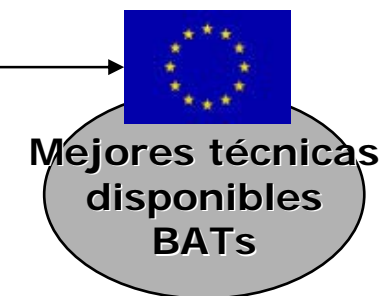


a, b, c, d, e, f, g, h son diferentes técnicas para una operación industrial



Borradores

<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>







Borrador mayo 2003

Reference Document on Best Available Techniques  
in the Food, Drink and Milk Industry:

p. 586

***Selection of sanitising chemicals***

*“Oxidising biocides such as chlorine/bromine, ozone, and hydrogen peroxide, non-oxidising biocides, UV light or even steam may be used for sanitising purpose. The use of chlorine may cause generation of organo-halogen compounds.”*

“se considera MTD evitar el uso de los biocidas oxidantes basados en compuestos organo-halogenados, excepto cuando ello fuera inevitable por razones técnicas, debiendo justificar dichas razones porqué no utilizar otras alternativas tales como el ozono o la luz UV”



0.1-1.0 ppm

dolor de cabeza, sequedad de garganta, irritación de las vías respiratorias y escozor de ojos

## Límites máximos de exposición

USA: Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

0.1 ppm

la concentración a la cual un individuo en buen estado de salud puede exponerse de forma continua al ozono, durante su trabajo habitual en una jornada de 8 horas diarias y 40 horas a la semana sin que se esperen efectos perjudiciales

0.3ppm

exposición inferior a 15 minutos y no repetida más de 4 veces al día

Europa

Variable dependiendo del país

# Compatibilidad del ozono con los materiales

La interacción del ozono con los equipos y superficies sobre los que se desarrollan las operaciones de limpieza y desinfección es un aspecto clave a considerar

Material	Rating (Cole Parmer) [Ozone Concentrations not specified]	Material	Rating (Cole Parmer) [Ozone Concentrations not specified]
ABS plastic	B - Good	LDPE	B - Good
Acetal (Delrin®)	C - Fair	Magnesium	D - Poor
Aluminum	B - Good	Monel	C - Fair
Brass	B - Good	Natural rubber	D - Severe Effect
Bronze	B - Good	Neoprene	C - Fair
Buna-N (Nitrile)	D - Severe Effect	NORYL®	N/A
Butyl	A - Excellent	Nylon	D - Severe Effect
Cast iron	C - Fair	PEEK	A - Excellent
Chemraz	A - Excellent	Polyacrylate	B - Good
Copper	B - Good	Polycarbonate	A - Excellent
CPVC	A - Excellent	Polypropylene	C - Fair
Durachlor-51	A - Excellent	Polysulfide	B - Good
Durlon 9000	A - Excellent	Polyurethane, Millable	A - Excellent
EPDM	A - Excellent	PPS (Ryton®)	N/A
EPR	A - Excellent	PTFE (Teflon®)	A - Excellent
Epoxy	N/A	PVC	B - Good
Ethylene-Propylene	A - Excellent	PVDF (Kynar®)	A - Excellent
Fluorosilicone	A - Excellent	Santoprene	A - Excellent
Galvanized Steel	In Water (C - Fair), In Air (A - Excellent)	Silicone	A - Excellent
Glass	A - Excellent	Stainless steel - 304	B - Good/Excellent
Hastelloy-C®	A - Excellent	Stainless steel - 316	A - Excellent
Hypalon®	A - Excellent	Steel (Mild, HSLA)	D - Poor
Hytrel®	C - Fair	Titanium	A - Excellent
Inconel	A - Excellent	Tygon®	B - Good
Kalrez	A - Excellent	Vamac	A - Excellent
Kel-F® (PCTFE)	A - Excellent	Viton®	A - Excellent
		Zinc	D - Poor

### Ratings -- Chemical Effect

- A. **Excellent.** -- No effect
- B. **Good** -- Minor Effect, slight corrosion or discoloration.
- C. **Fair** -- Moderate Effect, not recommended for continuous use. Softening, loss of strength, swelling may occur.
- D. **Sever Effect** -- Not recommended for **ANY** use.

**N/A** = Information Not Available.

# Resumen de estudios sobre desinfección de superficies con ozono

---

Aplicación	Tratamiento	Microorganismo	Resultado	Autor y año
Biofilms lácteos sobre superficie en acero inoxidable	Agua ozonizada a 0.5 ppm durante 10 min.	<i>Pseudomonas fluorescens</i> y <i>Alcaligenes Faecalis</i>	Reducción de 5.6 y 4.4 unidades logarítmicas respectivamente	Greene, A.K., et al., 1993
Sistema CIP	Agua ozonizada	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Candida albicans</i>	Reducción en el recuento microbiológico de un 99%	Lagrange, F., et al., 2004
Marmita, mesa de trabajo y superficie de revestimiento (todo en acero inoxidable)	Agua ozonizada a 2 ppm y 10 gpm de caudal durante 1 min.	Indeterminado	Reducción en el recuento microbiológico en placa variable (según superficie) de entre el 63.1 y el 99.9%	Hampson, et al., 2000

Aplicación	Tratamiento	Microorganismo	Resultado	Autor y año
Suelo con "mucho" y "poco" tráfico	Agua ozonizada a 2 ppm y 10 gpm de caudal durante 1 min	Indeterminado	Reducción en el recuento microbiológico en placa de 67.0% - 95.6% y 84.3%-99.9% respectivamente	Hampson, et al., 2000
Contenedor de plástico	Agua ozonizada a 2 ppm y 10 gpm de caudal durante 1 min	Indeterminado	Reducción en el recuento microbiológico por bioluminiscencia de 68.8 y el 97.4%.	Hampson, et al., 2000
Superficies acero inoxidable	2 ppm de ozono gas en cámara a 22°C y 77%HR durante 4 h.	<i>Escherichia Coli</i> , <i>Serratia liquefaciens</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria innocua</i> y <i>Rhodotorula rubra</i> Reducciones	Reducción variable de 7.56 a 2.41 unidades logarítmicas	Moore, G., et al, 2000

Aplicación	Tratamiento	Microorganismo	Resultado	Autor y año
Superficies acero inoxidable en presencia de leche UHT	2 ppm de ozono gas en cámara a 22°C y 77%HR durante 4 h.	<i>Escherichia Coli</i> , <i>Serratia liquefaciens</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria innocua</i> y <i>Rhodotorula rubra</i> Reducciones	Reducción variable de 5.64 a 1.65 unidades logarítmicas	Moore, G., et al, 2000
Superficies de acero inoxidable	2 ppm de ozono gas en cámara a 20°C y HR 50% durante 1 h	<i>Micrococcus luteus</i>	Reducción de 2-3 unidades logarítmicas	Bailey, R.A., et al,
Superficies	2 ppm ozono gas y 2 h de exposición	Desconocido.	Reducción de 2 unidades logarítmicas	Taylor, et al, 2000

Aplicación	Tratamiento	Microorganismo	Resultado	Autor y año
Equipos, paredes, suelos, sumideros, mesas, cintas, previamente limpiadas eficazmente	Agua ozonizada 3.0-3.5 ppm	<i>Trichophyton mentagrophytes</i> <i>Salmonella choleraesuis</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Campylobacter jejuni Listeria monocytogenes Aspergillus flavus Brettanomyces bruxellensis <i>Escherichia coli</i>	Reducción variable de 6 a 4 unidades logarítmicas	Boisrobert, C., 2002

# Certificación de equipos de desinfección de superficies con agua ozonizada , NSF. ainia

sistema móvil que proporciona 10 GPM de caudal de agua pulverizada con una dosis de ozono de 3,0-3,5 ppm

↓  
Ha sido diseñado para la higienización de equipos, paredes, suelos, sumideros, mesas, cintas transportadoras, contenedores, tanques y barriles

Libro Blanco Internacional del NSF sobre Proprietarios de Sustancias y Compuestos No Alimentarios

(<http://www.nsf.org/usda>)

Gracias a este registro, los industriales alimentarios consideran estos sistemas como "aprobados por el USDA" para la higienización de superficies de contacto alimentario o no alimentario

Organism	Reduction
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> (ATCC 9533)	6 log (99.9999%)
<i>Salmonella choleraesuis</i> (ATCC 10708)	6 log (99.9999%)
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)	6 log (99.9999%)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 15442)	6 log (99.9999%)
<i>Campylobacter jejuni</i> (ATCC 33250)	4 log (99.99%)
<i>Listeria monocytogenes</i> (ATCC 7644)	4 log (99.99%)
<i>Aspergillus flavus</i> (ATCC 9296)	4 log (99.99%)
<i>Brettanomyces bruxellensis</i> (ATCC 10560)	4 log (99.99%)
<i>Escherichia coli</i> * (ATCC 11229)	5 log (99.999%)





estudio económico llevado a cabo en una industria alimentaria americana (20 líneas de fabricación operando 300 días al año y 24 h/día) en la que se introdujo un sistema móvil de desinfección mediante agua ozonizada  
Rice, et al., 2003

	<b>Coste productos químicos</b> (\$/año)	<b>Vertido de aguas residuales</b> (m <sup>3</sup> /año)	<b>Tasa de vertido</b> \$/m <sup>3</sup>	<b>Tasa de vertido mensual</b> \$	<b>Annual discharge tax</b> \$	<b>Total anual</b> \$
<b>Sin ozono</b>	6,000	56.775	1.2702	1,802	21,635	27,635
<b>Con ozono</b>	0	22.710	1.2702	721	8,654	8,654
<b>Ahorro total anual</b>						<b>18,981</b>

se está empleado el ozono con éxito a escala industrial como alternativa al cloro en la desinfección de barriles de roble para crianza de vinos

Principales  
ventajas

mayor efectividad en el control de especies de levadura *Brettanomyces* causantes de malos sabores y alteraciones en los vinos

evita la presencia de sustancias como el Tricloroanisol (TCA) responsables del problema del olor a corcho en muchos vinos

El sistema de limpieza y desinfección de barriles con ozono consta de dos etapas :



- 1 • Agua caliente a alta presión para disolver tartratos y conseguir una limpieza de choque en el barril
- 2 • Enjuague con agua ozonizada que desinfecta, cierra los poros de la barrica y enfría los barriles al aplicarse a baja temperatura

Factores que afectan a la duración del tratamiento: el tipo y edad de la barrica, su carga microbiológica y la concentración de ozono en el agua

- ➔ Desarrollar proyectos en los que se demuestre la eficacia de desinfección en superficies del ozono, con objeto de mejorar esta técnica.
- ➔ Mejorar la eficacia del ozono, mediante su combinación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, UV, calor, ultrasonidos, etc.
- ➔ Desarrollar nuevos métodos de aplicación del ozono
- ➔ Estudios de las propiedades de limpieza del ozono
- ➔ Evaluar la contribución del ozono para reducir el impacto medioambiental de las operaciones de limpieza y desinfección, cuando se compara con otras técnicas.

## **El ozono**

**es un agente biocida que gana competitividad en el entorno industrial alimentario actual cada vez más preocupado por los aspectos que pudieran comprometer la seguridad alimentaria de sus productos, así como por la adopción de procesos productivos respetuosos con el medio ambiente**