

TRATAMIENTOS CON OZONO



CAMPOS DE GOLF
Para espacios saludables

Índice

1. INTRODUCCIÓN.	2
2. QUÉ ES EL OZONO. EQUIPOS INDUSTRIALES	3
Ficha descriptiva.....	3
Caracterización.....	4
Mecanismo de acción.....	5
Desinfección	7
Espectro de acción.....	8
El ozono como biocida seguro	9
3. PROPUESTA DE ACTUACIÓN	11
5. DATOS TOXICOLÓGICOS	1?

1. Introducción

Desde finales de la década de los años ochenta del siglo XX hay una preocupación generalizada por el impacto de los **campos de golf** sobre el medio, por lo que la legislación impone a estas instalaciones unas determinadas condiciones, como el **uso de aguas residuales regeneradas** para el riego, a fin de evitar posibles daños al ambiente y sobre todo a sus recursos hídricos, algo especialmente grave en un país con problemas de sequía.

El equilibrio entre los recursos y las demandas dentro de unos niveles de protección ambiental exige una eficaz política hidráulica que contemple una planificación del agua, encaminada a una auténtica ordenación del espacio. El uso del agua es el punto ecológico más crítico con el que se enfrenta el golf en la actualidad.

La **tecnología del ozono**, poderoso desinfectante, constituye un auténtico tratamiento terciario o de **regeneración** de aguas residuales, al resolver eficazmente los problemas de **contaminación microbiológica** de estas.

La tecnología del **ozono**, poderoso desinfectante apto para uso alimentario, **resuelve** eficazmente los problemas de contaminación microbiológica y química en los puntos problemáticos. El equipo de **Cosemar Ozono** lleva años dedicado al diseño, ejecución y supervisión de soluciones industriales, con el fin de obtener un producto final de calidad óptima.



Riesgos

1. Contaminación biológica

Debida a una desinfección insuficiente de las aguas de origen de Enterobacterias, Coliformes, Shigellas, Flora esporulada, etc.

2. Aerosoles

Debidos al tipo de riego, riesgo de infecciones por *Legionella*.

3. Almacenamiento de químicos

Posibles derrames o escapes del producto químico usado en la desinfección del agua.



Consecuencias

1. Infecciones

De usuarios y trabajadores de las instalaciones debidas a la contaminación del agua de riego y de las conducciones de las mismas

2. Posibilidad de ccidentes laborales

Debidos a la manipulación de productos de desinfección peligrosos.

3. Daños al medio

En caso de derrames o escapes, que pueden concluir con el cierre de las instalaciones.

4. Daños a las viviendas cercanas

Tanto por la contaminación que se

2. Qué es el Ozono. Equipos industriales

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

Los productos vegetales, por su bajo pH (3-5) y elevado contenido en azúcares, son especialmente sensibles al ataque fúngico.

La **eficacia del ozono** como biocida está de sobra probada, eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables de la putrefacción que, habitualmente, descomponen los alimentos, por lo que su uso en la conservación de alimentos se viene recomendando, y está regulado, hace ya tiempo en Estados Unidos y Europa, tanto a temperatura ambiente como en cámaras frigoríficas.

Ficha descriptiva del ozono

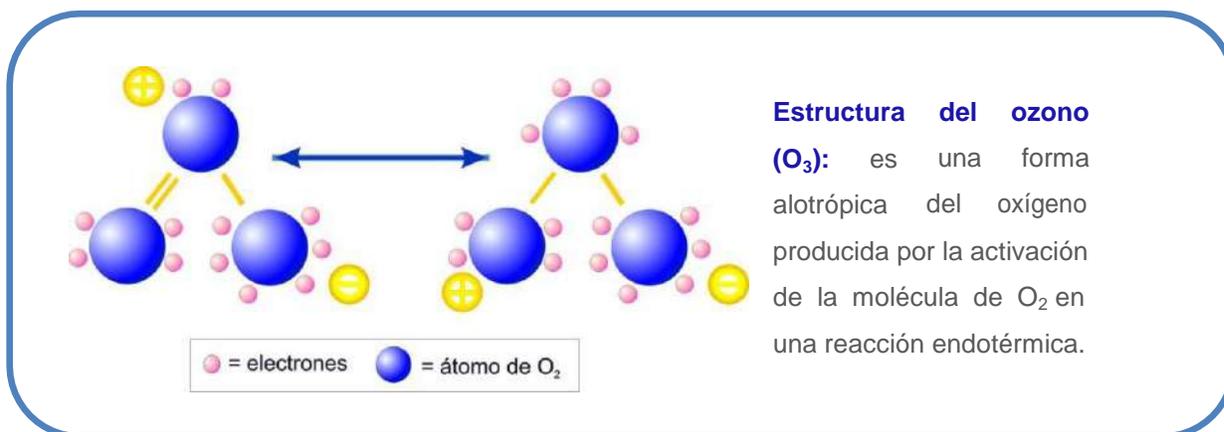
Identificación	
Nombre químico	ozono
Masa molecular relativa	48 g/L
Volumen molar	22,4 m ³ PTN/Kmol
Fórmula empírica	O ₃
Número de registro CAS	10028-15-6
Referencia EINECS	233-069-2
Densidad (gas)	2,144 g/L a 0°C
Densidad (líquido)	1,574 g/cm ³ a - 183°C
Temperatura de condensación a 100kPa	-112°C
Temperatura 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 explosionar fácilmente	Líquido -112°C Sólido -192°C
Equivalencia	1 ppm = 2 mg/m ³

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



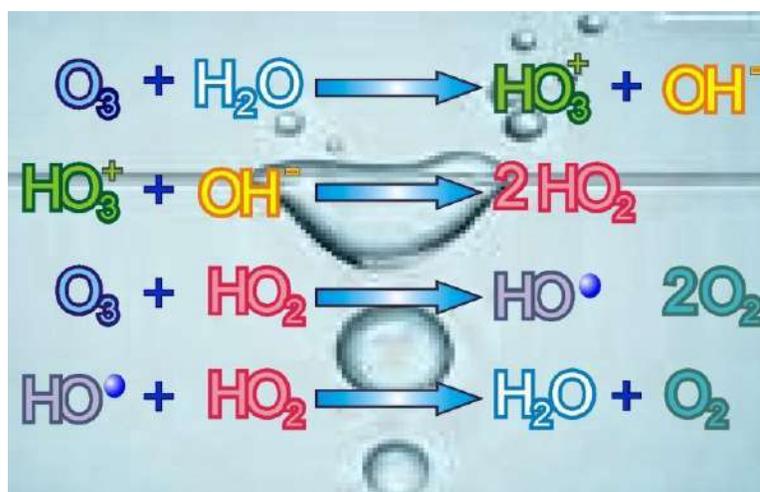
Debido a la inestabilidad del compuesto, en este tipo de aplicaciones, éste debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores. El funcionamiento de estos aparatos es sencillo: pasan una corriente de oxígeno a través de dos electrodos. De esta manera, al aplicar un voltaje determinado,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

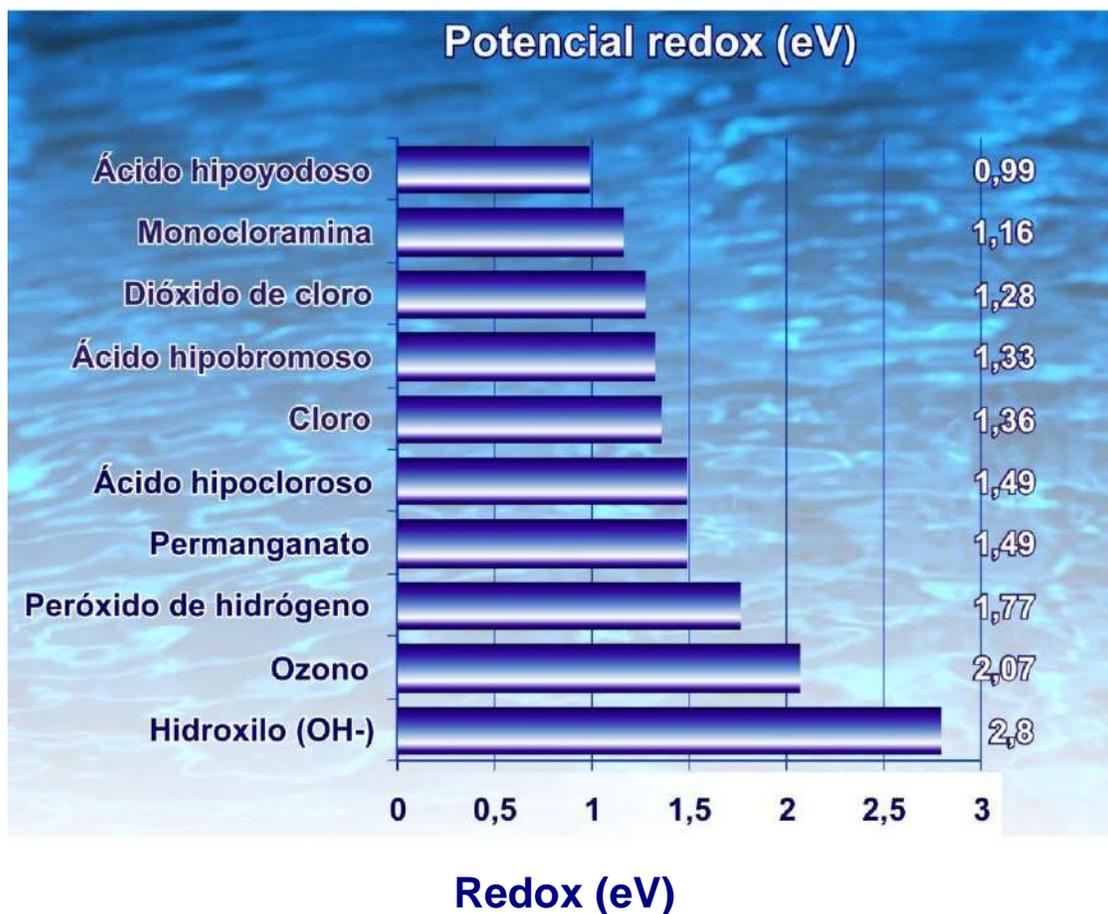
1. Oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular.
2. Oxidación por radicales libres hidroxilo.

Los radicales libres hidroxilo, (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:



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

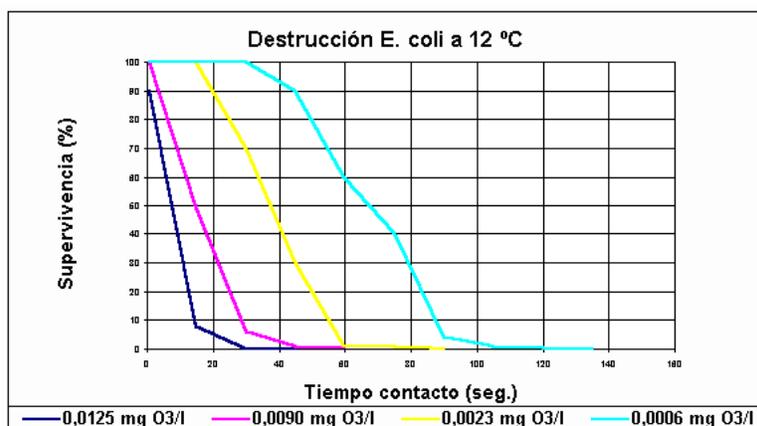
- En condiciones de bajo pH, predomina la oxidación molecular.
- Bajo condiciones que favorecen la producción de radicales hidroxilos, como es el caso de un elevado pH, exposición a radiación ultra-violeta, o por adición de peróxido de hidrógeno, empieza a dominar la oxidación mediante hidroxilos. (EPA Guidance Manual, 1999).

Desinfección

La desinfección tiene como objetivo la destrucción selectiva de bacterias y virus patógenos. De hecho, el producto desinfectante de más amplio uso es el cloro, que presenta graves desventajas no sólo en lo que al medio concierne, sino también en lo que respecta a cuestiones de salud pública. Así, si el agua a desinfectar con cloro o sus derivados contiene materias orgánicas o contaminantes químicos, se pueden originar compuestos tóxicos, cancerígenos o que dan mal sabor:

Lo más seguro, pues, para la consecución de una desinfección óptima sin subproductos tóxicos, es el tratamiento con ozono, reconocido como desinfectante apto para la potabilización de agua en los países más avanzados y comprometidos con el medio, entre ellos el nuestro, estando recogido su uso por el Ministerio de Sanidad y Consumo.

La base de la acción bactericida de cualquier agente suele ser la oxidación de componentes



fundamentales para la supervivencia de los microorganismos. La capacidad de oxidar con mayor o menor facilidad dichas estructuras marca la diferencia, en cuanto a eficacia, de los distintos compuestos utilizados normalmente en la desinfección.

Como hemos visto, el ozono es, dentro de los compuestos normalmente utilizados en desinfección, el que presenta una mayor capacidad oxidante, lo que quiere decir mayor eficiencia biocida.

Como hemos visto, un aspecto importante del **potencial redox** es su interrelación con el concepto de **esterilización**, habiéndose establecido el efecto esterilizante a **750 mV**. Así, el potencial redox es un indicador del grado de contaminación de un agua y del poder germicida de la misma. Un potencial redox de 200 mV, indica que toda la gama de gérmenes posibles está presente en dicho agua. Sin embargo, simplemente pasando de 200 a 300 mV, los gérmenes se reducen del 90% al 10%. Si se aumenta el potencial a 400 mV, únicamente el 1% de los gérmenes originales estará presente. Con el uso de ozono este potencial se supera ampliamente con facilidad.

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
destruye
el núcleo de
los gérmenes

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 monocloraminas.

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).

El Ozono como biocida seguro

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.
- Evitar el deterioro del paisaje al que obliga la habilitación de caminos y almacenes apropiados para productos tóxicos y que desvaloriza las instalaciones.
- El césped regado con agua ozonizada no amarillea, a diferencia de lo que ocurre con el que es regado con agua clorada
- Evitar los riesgos inherentes a la manipulación y almacenamiento de sustancias peligrosas: accidentes laborales, daños al medio en caso de derrames o escapes que pueden concluir con el cierre de las instalaciones, riesgos para las viviendas cercanas, etc
- Tener un alto poder desinfectante, por lo que destruye los microorganismos de agua y aire
- Descomponerse fácilmente sin dejar sustancias peligrosas que puedan perjudicar la salud y el medio.
- Actuar rápidamente y ser efectivo a bajas concentraciones en un amplio rango de pH.
- No causar deterioro de materiales.
- Tener un bajo coste, ser seguro y fácil de transportar, manejar y aplicar.
- Único sistema de desinfección en continuo.
- Impedir la formación de biofilm en depósitos y conducciones de agua.
- Impedir la colonización de conductos y su posterior difusión en aerosoles de *Legionella sp.*

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 y agua, y que se presenta como un reservorio de patógenos a eliminar si se quiere prevenir una constante re-contaminación de las instalaciones

3. Propuestas de actuación

El caso que nos ocupa afecta al impacto ambiental (salvaguardar la calidad de las aguas freáticas y subterráneas, entre otros aspectos), al cumplimiento de la normativa vigente en materia de aguas para uso agrícola y riego de campos de golf así como a la seguridad de los usuarios por los riesgos que una calidad microbiológica inadecuada del agua puede implicar para la salud (problemas derivados del riego por aspersión)

Así, tras el estudio de sus instalaciones, hemos elaborado una propuesta, que se llevará a cabo en fases sucesivas según los resultados que se vayan observando, sobre los puntos en los que la tecnología del ozono podría resultar útil a la hora de revalorizar sus instalaciones, resolviendo los problemas presentes actualmente.

4. Datos toxicológicos

En cuanto a su ficha toxicológica, el ozono está clasificado únicamente como AGENTE IRRITANTE X_i 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/m³).

Datos de toxicidad por inhalación

- TLV: 0,1 ppm
 - Recomendaciones de seguridad de la norma UNE 400-201-94: <100 µg/m³
 - 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/m³ 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. 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.

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