

TRATAMIENTOS CON OZONO



FÁBRICAS EMBOTELLADORAS DE AGUA

Para espacios saludables

Índice

1. INTRODUCCIÓN.	2
2. EL PROBLEMA: LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y SUS ENVASES	3
3. SOLUCIONES: TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA Y ENVASES	4
4. QUÉ ES EL OZONO	6
Ficha técnica	6
Caracterización del ozono	7
Mecanismo de acción	8
Higienización de conductos: potencial redox	10
Espectro de acción	11
El ozono como biocida seguro	12
5. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN	13
Tratamiento de líneas de embotellado	13
Lavado y desinfección de botellas	14
6. DATOS TOXICOLÓGICOS	15

1. introducción

El consumo de **agua embotellada** se ha disparado en España (y en general en los países desarrollados) de forma espectacular en los últimos años.

Sin embargo, a pesar de lo que se cree, el agua embotellada **no siempre es sinónimo de pureza** e higiene, ya que puede contener más bacterias que el agua del grifo según estudios recientes de los Estados Unidos y Canadá.

Esto no resulta extraño teniendo en cuenta que este líquido, aunque mal electrolito, posee la propiedad de disolver e ionizar numerosos compuestos, además de resultar vehículo y **hábitat** idóneo para los **microorganismos** que pueden estar presentes en la materia prima, las **botellas y/o los conductos** de la planta embotelladora.

La tecnología del **ozono**, poderoso desinfectante apto para uso alimentario, **resuelve** eficazmente los problemas de contaminación microbiológica en algunos de los puntos problemáticos de la industria, en este caso la **desinfección de envases** y la **línea de embotellado**.

Los criterios de definición de Puntos Críticos y la metodología aplicada a la solución del problema, pertenecen al “know-how” de Cosemar Ozono, y permite resolver problemas tradicionalmente mal planteados



Riesgos

Contaminaciones producidas por factores exógenos al embotellado propiamente dicho y que pueden contaminar el agua, afectando a su comercialización.

1. Contaminación biológica

Constituida por microorganismos diversos, sobre todo bacterias coliformes. Asimismo, pueden darse contaminaciones por hongos presentes en los envases o la línea de envasado.

2. Contaminación química

Debida a los compuestos presentes en el agua o los envases.



Consecuencias

1. Olores y sabores extraños

Los metabolitos bacterianos y compuestos químicos pueden arruinar las propiedades organolépticas naturales del agua.

2. Toxiinfecciones alimentarias

Entre las consecuencias más graves de la contaminación química o biológica de los alimentos, se encuentran las toxiinfecciones alimentarias .

3. Devaluación de imagen de marca

Además de los problemas humanos que acarrear las infecciones alimentarias, una vez determinado el foco de la intoxicación, las consecuencias económicas y de imagen son irreparables”

2. El problema: la contaminación del agua y sus envases

A fin de regular el sector del agua embotellada y establecer obligaciones de etiquetado que darán mayor información a la hora de consumir, en el mes de enero de 2011 se publicó en el BOE el **Real Decreto 1799/2010**, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano.

En este RD se definen las aguas preparadas como *“aquellas distintas a las aguas minerales naturales y de manantial, que pueden tener cualquier tipo de procedencia y se someten a los tratamientos fisicoquímicos autorizados necesarios para que reúnan las características de potabilidad establecidas en el anexo I”*

Asimismo, se detallan las condiciones de explotación y comercialización a fin de asegurar la idoneidad del agua envasada para su consumo. Entre estas condiciones se encuentran, por supuesto, los controles de contaminación microbiológica mediante el cuidado de las condiciones higiénico-sanitarias de los procesos en todas las fases de la producción.

Uno de los **puntos críticos** en esta Industria lo constituyen los **envases**, precisamente porque es el punto desde el que distintos microorganismos pueden contaminar el producto final. Otro punto crítico de posible contaminación es la **línea de envasado**. Los riesgos que representan los primeros son:

- Envase con objetos extraños (presencia de partículas o cuerpos extraños), o defectos físicos, que afecten la salud o seguridad del consumidor. Dentro de estas partículas se cuentan, por supuesto, microorganismos patógenos, coliformes, etc.
- Presencia de residuos contaminantes de productos de higienización, no eliminados durante el aclarado.

Mediante la utilización correcta de la tecnología del ozono pueden conseguirse los siguientes resultados:

- Desinfección eficaz en el lavado de envases, asegurando la eliminación de cualquier tipo de microorganismo que pudieran contener.

- Envases sin residuos contaminantes de productos químicos de higienización, ya que el ozono se descompone rápidamente en oxígeno sin dejar residuales nocivos.
- Higienización y alta desinfección de las líneas de envasado.
- Destrucción de los contaminantes químicos depositados en las tuberías de conducción.
- Destrucción total o parcial de los contaminantes químicos del agua que deterioran las características organolépticas del producto (causantes de malos olores y sabores)

En resumen, el uso del ozono representa la utilización de un agente desinfectante eficaz, seguro, **sin valor residual**, que no traslada sabores, olores ni aspecto “extraños” al producto final.

3. Soluciones: tratamientos de desinfección del agua y envases

Por supuesto, la solución a estos problemas, como decimos, pasa por una desinfección eficaz del agua y los conductos de distribución.

El objetivo de la desinfección es el de inyectar un desinfectante para obtener agua, de forma continua, exenta de bacterias pútridas y gérmenes patógenos, conforme a las normas y a los ensayos oficiales, basados en *Escherichia coli*, estreptococos fecales y Clostridium sulfito-reductores.

Existen varios tipos de sistemas de desinfección capaces de evitar los problemas que la contaminación del agua destinada a uso potable puede originar, clasificados según la naturaleza del desinfectante utilizado (químicos, físicos y físico-químicos).

La ósmosis inversa es uno de los más efectivos procedimientos físicos de desinfección utilizados. No obstante, como ya hemos señalado, a pesar de ser tratada el agua mediante ósmosis, la contaminación puede aparecer en el producto final debido a una mala gestión

de los envases reutilizables. Esto se puede evitar con el lavado de las botellas con agua ozonizada.

En el artículo 6 de RD 1799/2010, “Manipulaciones permitidas”, se especifica el uso de la ozonización como uno de los métodos válidos para la higienización en el sector del embotellado de agua:

“Estarán permitidos los siguientes tratamientos o manipulaciones:

*1. Los tratamientos fisicoquímicos pertinentes, tales como decantación, floculación, filtración y desinfección con métodos químicos o físicos autorizados, como cloración, rayos ultravioleta, **ozonización** y ósmosis inversa, siempre que los subproductos asociados a las sustancias, materiales o procesos utilizados no permanezcan en el agua destinada al consumo en concentraciones superiores a los reseñados en el anexo I, y siempre que no suponga directa o indirectamente un menoscabo de la salud humana.”*

En cuanto a los residuales a los que se hace referencia en el Anexo I, el ozono no figura, debido a su rápida descomposición en agua.

De hecho, el ozono está contemplado en 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, donde se incluye 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 dicha norma se reconoce el ozono como desinfectante en la potabilización de aguas. 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. [...]

4. Qué es el ozono

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.

4.1.- Ficha descriptiva del ozono

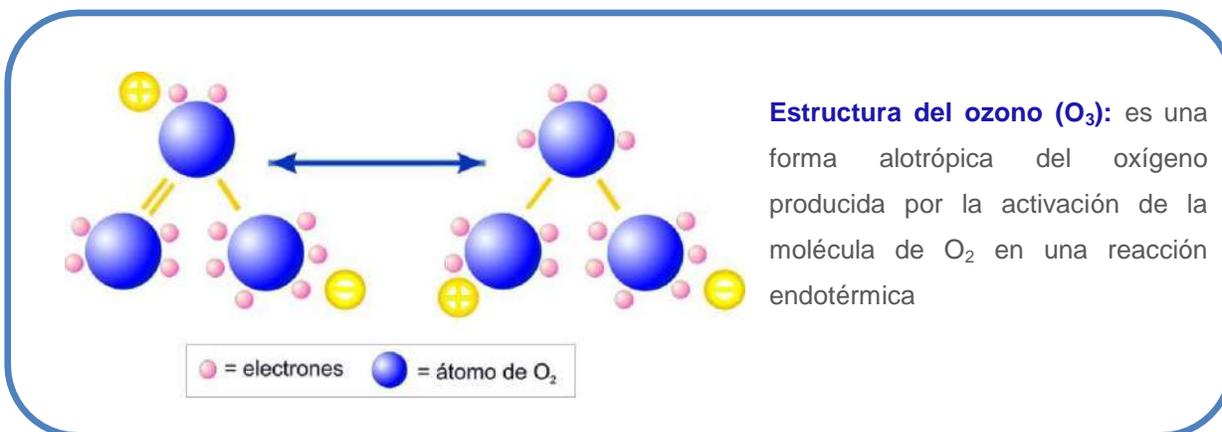
Identificación	
Nombre químico	ozono
Masa molecular relativa	48 g/L
Volumen molar	22,4 m ³ PTN/Kmol
Fórmula empírica	O ₃
Número de registro CAS	10028-15-6
Referencia EINECS	233-069-2
Densidad (gas)	2,144 g/L a 0°C
Densidad (líquido)	1,574 g/cm ³ a - 183°C
Temperatura de condensación a 100kPa	-112°C
Temperatura 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 explotar 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 Å; se puede representar de la siguiente manera:



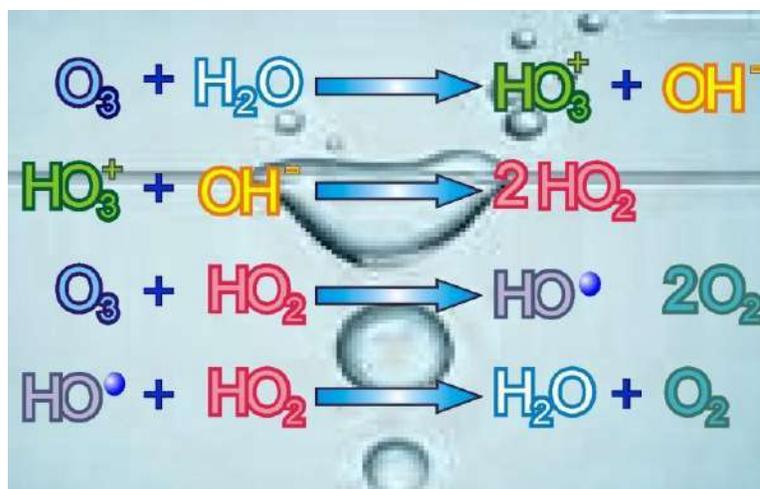
Debido a la inestabilidad del compuesto, para su uso como desinfectante, el ozono debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores. El funcionamiento de estos aparatos es sencillo: pasan una corriente de oxígeno a través de dos electrodos. De esta manera, al aplicar un voltaje determinado,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

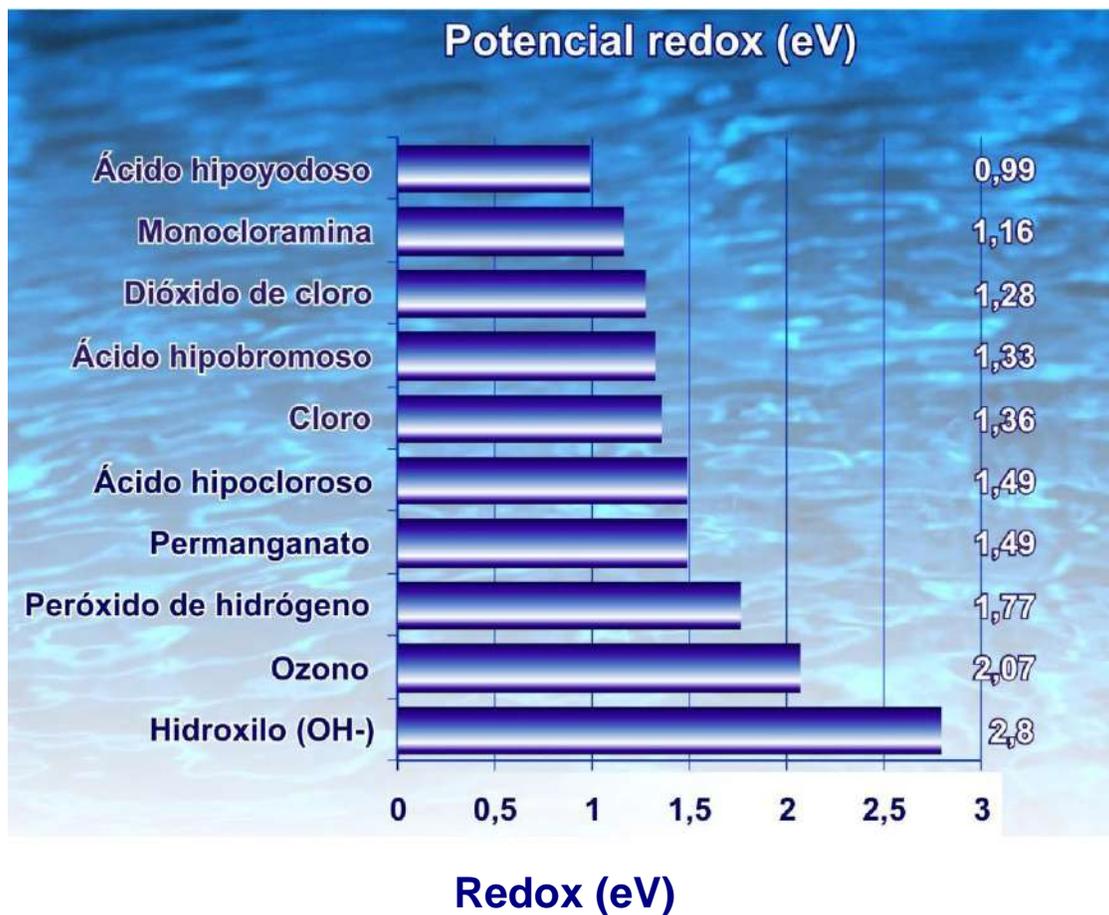
1. Oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular.
2. Oxidación por radicales libres hidroxilo.

Los radicales libres hidroxilo, (OH[•]), 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).

Higienización de conductos: potencial redox

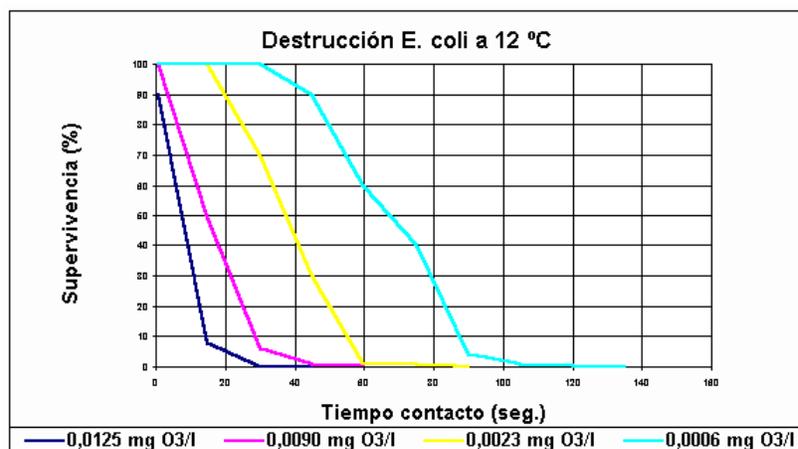
A fin de asegurar una perfecta desinfección, se debe controlar la concentración de agente bactericida o **potencial redox** del agua, garantía de la calidad total.

Como decíamos, un **alto potencial redox** en agua garantiza su **pureza**, al constituir éste un valor que determina el nivel de eficacia de ese agua en la eliminación de los microorganismos presentes tanto en el agua como en los conductos en contacto con ella.

También se debe al alto nivel de potencial redox la escasa presencia de materia orgánica que, de esta manera, no puede servir de sustrato a los microbios.

Por lo tanto, 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.

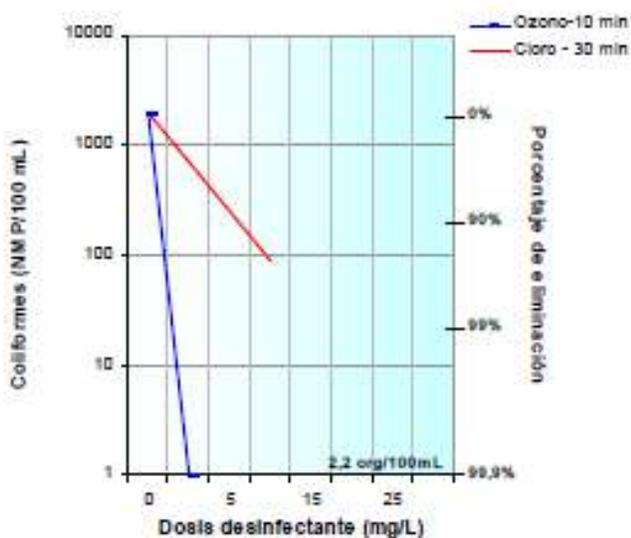
Las redes urbanas de agua potable trabajan, por ley, con valores superiores a 700 mV. El ozono, como agente oxidante, constituye uno de los más eficaces desinfectantes, al ser su potencial de oxidación de 2.070 mV frente a los 1.360 mV del cloro.

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, propiciado así que los constituyentes celulares salgan al exterior de la célula (lisis). 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. Por otra parte, **actúa a menor concentración** y con **menor tiempo de contacto** que otros desinfectantes como el cloro, dióxido de cloro y monocloramias. 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.

Gracias a las características expuestas, el ozono demuestra ser un agente esterilizante mucho más versátil y eficaz que el cloro en el tratamiento de agua, habiéndose

comprobado, entre otros beneficios, que las instalaciones equipadas con ozono pueden funcionar perfectamente con una menor capacidad de circulación del agua.

El Ozono como biocida seguro

El agente oxidante ideal para desinfección de agua y conductos debería cumplir los siguientes requisitos:

- Máximo poder oxidante con el menor tiempo de contacto.
- Ser efectivo frente a un amplio rango de microorganismos.
- Alta eficacia desinfectante.
- Actuar rápidamente y ser efectivo a bajas concentraciones en un amplio rango de pH
- Fácil y seguro de manejar, que no produzca exceso de oxidantes que deban ser eliminados.
- No formar productos de reacción tóxicos o irritantes.
- No originar cambios en la composición del agua.
- Ecológicamente seguro.

Como hemos expuesto, el ozono cumple todos y cada uno de estos requisitos por su peculiar naturaleza. Generado in situ por descarga eléctrica en el aire, el ozono participa activamente en los fenómenos de oxidación y esterilización de las aguas y conductos, gracias a su alto potencial redox, que lo convierte en el oxidante más potente después del flúor.

5. Propuesta de actuación

El caso que nos ocupa afecta a la seguridad imprescindible para la calidad de un producto alimenticio, susceptible de contaminarse, degradarse, generar metabolitos por descomposición y acción bacteriana y, en fin, de resultar no apto para el consumo, lo que constituye un auténtico despilfarro del esfuerzo productivo, tanto en términos humanos como económicos.

Tras el análisis y diagnóstico para diseñar la instalación que mejor se adapte a sus necesidades, hemos establecido una serie de PPCC sobre los que se deberían adoptar medidas correctivas encaminadas a conseguir una disminución drástica de la contaminación microbiológica.

Estas son nuestras recomendaciones:

Tratamiento de la línea de embotellado

El proceso de enjuague es crucial a la hora de asegurar la integridad y futura calidad del agua, ya que su finalidad es eliminar el polvo que ocasionalmente haya podido depositarse en las botellas antes de su llenado, además de asegurar que no existe en su interior ningún tipo de microorganismo capaz de proliferar en el producto una vez terminado.

La posibilidad de contaminación a través de las botellas, convierte el paso del enjuague en un punto crítico de alto riesgo, tanto por la posible presencia de bacterias como de hongos.

Recomendamos, por tanto, utilizar el agua ozonizada en el inicio de la línea de envasado y a lo largo de todo el proceso de embotellado, mediante un generador de alta concentración, con bomba de recirculación y reactor de transferencia, además de generador de oxígeno que optimiza su funcionamiento eliminando el nitrógeno y otros gases que restan producción a los equipos de ozono.

Asimismo, se recomienda el tratamiento con ozono al finalizar el día, a fin de asegurar la desinfección de las canalizaciones de llenado, evitando depósitos minerales que, una vez

secos y adheridos a los conductos, pueden servir de refugio a multitud de microorganismos que recontaminarían la instalación continuamente. Es, por lo mismo, conveniente, en caso de paradas superiores a una hora, realizar un enjuague de la embotelladora con agua ozonizada.

Por otra parte, el agua tratada con este generador resulta idónea para otros usos en la industria, como limpieza de depósitos con agua a presión, limpieza de mangueras, etc.

Lavado y desinfección de botellas

Como ya hemos comentado, los envases son una puerta abierta a la contaminación del agua una vez envasada, que puede dar al traste con todo el esfuerzo productivo, por muy controlados que estén, higiénicamente, los demás procesos.

Durante los últimos años, como ya hemos comentado, se han realizado diversos estudios que afirman que el agua embotellada puede contener más bacterias que el agua del grifo, y en algunas marcas supera los niveles permitidos por la ley, según una nueva investigación de los Laboratorios Crest. Efectivamente, un equipo de científicos canadienses ha descubierto que el 70% de las marcas de agua embotellada que están disponibles en las tiendas contiene niveles elevados de bacterias. Los investigadores, de los Laboratorios C-crest en Canadá, descubrieron que el agua del grifo contiene menos bacterias que muchas de las marcas de agua embotellada.

La Dr. Sonish Azam, microbióloga de los Laboratorios C-crest, afirmó que el análisis del agua embotellada no estuvo a la altura de los slogans con que se publicita, ya que las bacterias heterotróficas se encontraron en algunas botellas en cantidades de cien veces más que el límite permitido.

Los científicos canadienses encontraron que el 70 por ciento de las más populares marcas de agua embotellada tenía altos niveles de bacterias.

Es, por tanto, recomendable, asegurar que no se aportan microorganismos indeseables en los envases antes de introducir en ellos el agua y, sobre todo, garantizar la desinfección total de las botellas mediante un buen lavado con agua ozonizada que elimine el 100% de los microorganismos que pudieran quedar en su interior.

6. 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 2014), 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.