

**El ozono se utiliza en la industria alimentaria en la desinfección tanto del aire como del agua, ya que presenta un elevado poder oxidante, siendo más rápido que el cloro en su actuación.**

## Eficacia del ozono en la desinfección de agua en centrales hortofrutícolas

**PILAR PLAZA, ELENA BOBILLO, ELENA COSTA, JOSEP USALL**

*Servicio Técnico Poscosecha  
IRTAplus (Applus Agroalimentario)  
pilar.plaza@irta.es*

El agua en las centrales hortofrutícolas se puede utilizar en varios momentos claves del proceso productivo:

1. En el tratamiento poscosecha que se suele realizar antes de que la fruta se almacene durante períodos prolongados en conservación frigorífica (manzanas y peras)

2. En la línea de manipulación de la fruta para impedir golpes en el volcado de la fruta o como vehículo de transporte (principalmente manzanas, y en algunos casos en fruta de hueso)

3. Como método de enfriamiento rápido de la fruta mediante ducha (hidrocooling) para eliminar el calor de campo (fruta de hueso, en especial cerezas).

En todos los casos y, según la normativa vigente (RD 140/2003 de 7 de febrero), el agua que entra en contacto con la fruta debe ser agua potable. De este modo, se elimina la contaminación microbiana y además, se reduce la probabilidad de contaminar el fruto al entrar en contacto con el agua. Por ello, la desinfección del agua es un punto de control crítico que debe ser controlado para prevenir la introducción y minimizar la redistribución de patógenos microbianos de plantas y humanos.

Durante muchos años, el cloro ha sido utilizado para tratar el agua de consumo, así como también para desinfectar equipos e instalaciones en las industrias. Es una de las sustancias químicas



**Equipo generador de ozono (3 g/h) y detalle de la generación de ozono en la suspensión de esporas fúngicas a través del microdifusor.**



más utilizadas en la desinfección de frutas y hortalizas mediante su aplicación en spray o en baño por inmersión. Su actividad inhibitoria o letal depende de la cantidad de cloro libre que entra en contacto con las células.

El uso de cloro como desinfectante del agua en la industria alimentaria se ha extendido ampliamente por su gran espectro de actuación, su relativo bajo coste y su facilidad de aplicación. Sin embargo, el cloro también presenta una serie de inconvenientes como su alta sensibilidad a los pH alcalinos, a la materia orgánica, su incompatibilidad con productos químicos (ácidos, derivados catiónicos, sales de amoníaco o productos liberadores de oxígeno activo), y

la disminución de su actividad cuando entra en contacto con el aire, metales o se expone a la luz.

Además, puede suponer un riesgo para el personal que utiliza cloro habitualmente como desinfectante puesto que sus vapores pueden ocasionar irritaciones en la piel y en las vías respiratorias después de prolongadas exposiciones en condiciones de alta temperatura ambiental, locales cerrados, personas sensibles o alérgicas, etc.

También existe una preocupación por la formación de cloraminas cuando el agua a tratar contiene nitrógeno orgánico o amoníaco libre, que producen olores y sabores en el agua y que son potencialmente peligrosas.

### El ozono como alternativa al cloro

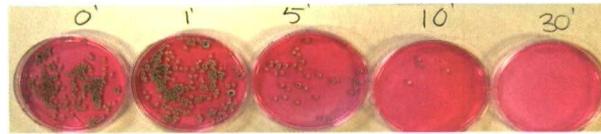
Además del cloro, existen otros compuestos utilizados como desinfectantes del agua en industrias alimentarias, algunas de ellas son el ozono, los radicales ionizantes, el peróxido de hidrógeno, ácidos peroxiacéticos, radiaciones ultravioleta, etc.

El ozono está siendo utilizado en la industria alimentaria en la desinfección tanto del aire como del agua, ya que presenta un elevado poder oxidante, siendo más rápido que el cloro en su actuación. Además es un gas inodoro e insípido, y no se le conocen derivados que puedan ser perjudiciales para la salud humana. El ozono introducido en un ambiente cual-

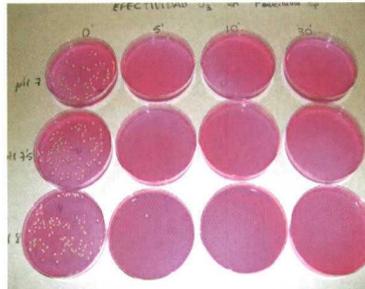
quiera realiza tres acciones fundamentales: acción micobiocida (debida a sus propiedades oxidantes elimina bacterias, hongos, virus y esporas), acción deodorante (elimina los malos olores actuando directamente sobre la causa que los provoca), y acción oxigenante (contribuye a mejorar la eficacia de las células de los organismos superiores en cuanto al aprovechamiento del oxígeno disponible, mediante la estimulación de varias enzimas que intervienen en estos procesos).

Actualmente el uso del ozono se está generalizando en diversos ámbitos como la medicina, tratamientos de agua, agricultura, conservación de alimentos en cámaras frigoríficas, en almacenes de frutas y vegetales, contra los gases de etileno, en la conservación de carnes y pescados, etc.

El objetivo del presente estudio es determinar:



**Población de P. expansum después de 0, 1, 5, 10 y 30 min en contacto con ozono y a la derecha, después de 0, 5, 10 y 30 min en contacto con ozono en una solución a pH 7, 7.5 y 8.**



- Efectividad del ozono in vitro frente a los principales patógenos que desarrollan podredumbres en poscosecha de fruta de pepita y hueso.

- Efecto de la temperatura, el pH y el contenido en materia orgánica en la efectividad del ozono como desinfectante.

### A. Efectividad 'in vitro' del ozono frente a patógenos poscosecha de fruta

Los principales patógenos en poscosecha de fruta de pepita (manzanas y peras) y hueso (melocotón, nectarina, cereza, etc.) son *Penicillium expansum*, *Alternaria* sp, *Botrytis* sp, *Rhizopus* sp y *Monilia* sp. Estos mohos están presentes en la superficie del fruto y pueden llegar a desarrollar podredumbres cuando las condiciones ambientales son las adecuadas. La presencia de vías de entrada en el fruto (heridas, zona calicina abierta, etc.) puede incrementar el ataque fúngico.

Cuando la fruta entra en contacto con el agua en la central (volcado a la línea de manipulación, aplicación del tratamiento poscosecha, enfriamiento mediante agua fría, etc.), estos patógenos que están presentes en la superficie del fruto pasan al agua, con lo

**RITEC**  
RIEGOS Y TECNOLOGIA, S.L.

*Control humedad y fitosanitarios:*

**HUFITEC**

*Control de clima en invernadero:*

**CLINVERTEC**

*Equipos de fertirrigación:*

**NUTRITEC**

Ctra. circunvalación, s/n. Apdo. Correos nº 163 - 30880 ÁGUILAS (Murcia)  
Tel. 968 44 60 00 - Fax; 968 44 78 82 • [www.ritec.es](http://www.ritec.es) - [ventas@ritec.es](mailto:ventas@ritec.es)

que se hace imprescindible realizar algún tratamiento de desinfección para impedir que estos microorganismos sobrevivan y puedan diseminarse y contaminar otra fruta, favoreciendo así el desarrollo de podredumbres.

El presente estudio pretende evaluar la eficacia del equipo generador de ozono (3g/h) frente a patógenos de la fruta en agua y determinar el tiempo mínimo de contacto necesario para reducir la población presente.

Se preparó una suspensión de esporas de los patógenos indicados anteriormente en 2 litros de agua, ajustada a una concentración conocida, se aplicó ozono mediante el equipo generador con el microdifusor y tras un tiempo de contacto determinado (0 min, 1 min, 5 min, 10 min y 30 min) se realizó una siembra en placas con medio de cultivo Rosa de Bengala Cloranfenicol Agar (RBCA). Las placas se incubaron a 25°C y a los 3-5 días se realizó el recuento del número de colonias/placa.

**Resultados:** En la figura nº1 se puede observar la eficacia del ozono, expresada como porcentaje de reducción de esporas a lo largo de los 30 minutos que duró el ensayo:

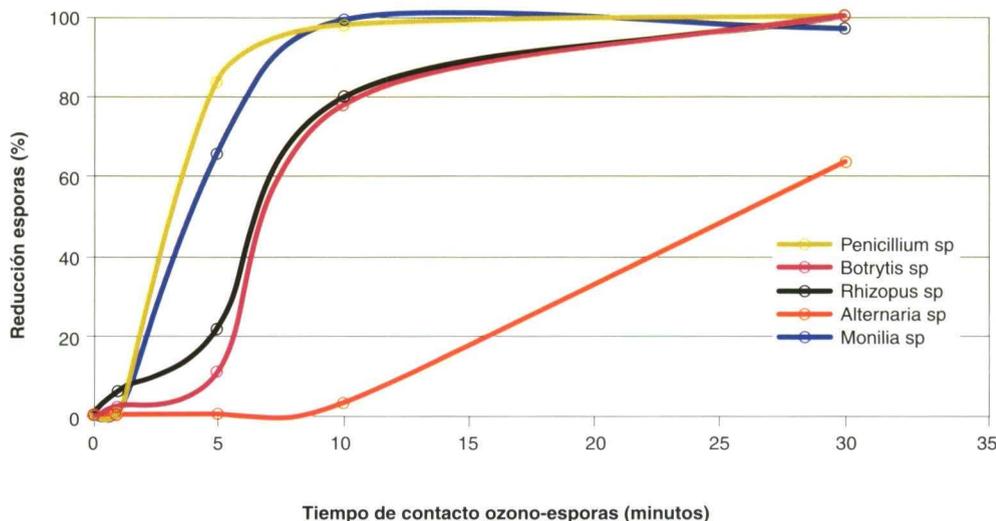
Los resultados obtenidos indican que a medida que el tiempo de contacto entre las esporas y el ozono aumenta, la reducción de la población es mayor. Sin embargo, el tiempo mínimo necesario para conseguir una reducción satisfactoria depende del patógeno. Así, *Penicillium sp* y *Botrytis sp* ven reducida su población en más del 90% con 10 minutos de exposición al agua ozonizada, mientras que *Rhizopus sp* y *Monilia sp* necesitan tiempos superiores.

Cabe destacar que *Alternaria sp* es uno de los patógenos más resistentes a la acción del ozono, y también a la de otros desinfectantes como el cloro, ya que tiempos de exposición prolongados de 30 minutos sólo logran reducir su población un 63.2%.

La diferencia de efectividad en función del tiempo es un factor

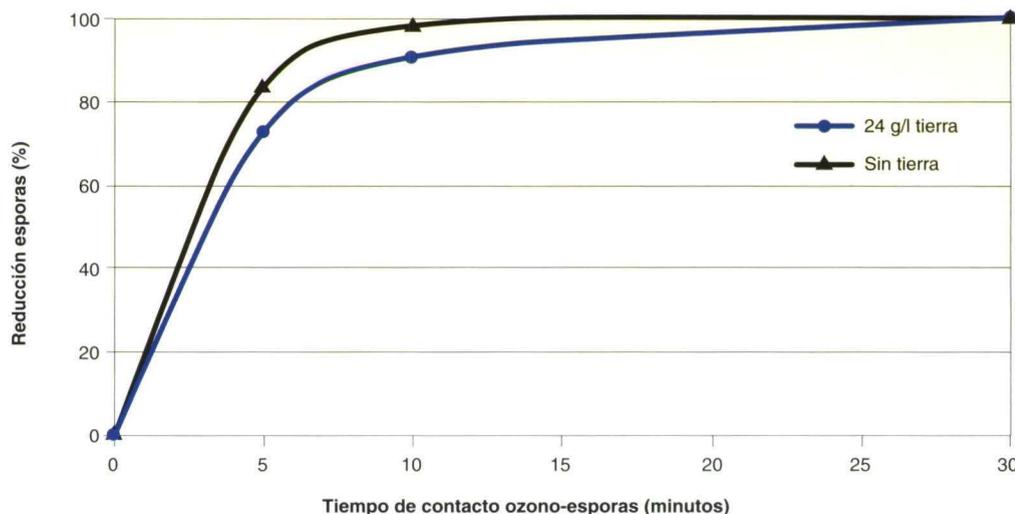
**Figura 1:**

**Reducción de la población de *Penicillium sp*, *Botrytis sp*, *Rhizopus sp*, *Alternaria sp* y *Monilia sp* después de 0, 1, 5, 10 y 30 minutos de contacto con ozono.**



**Figura 2:**

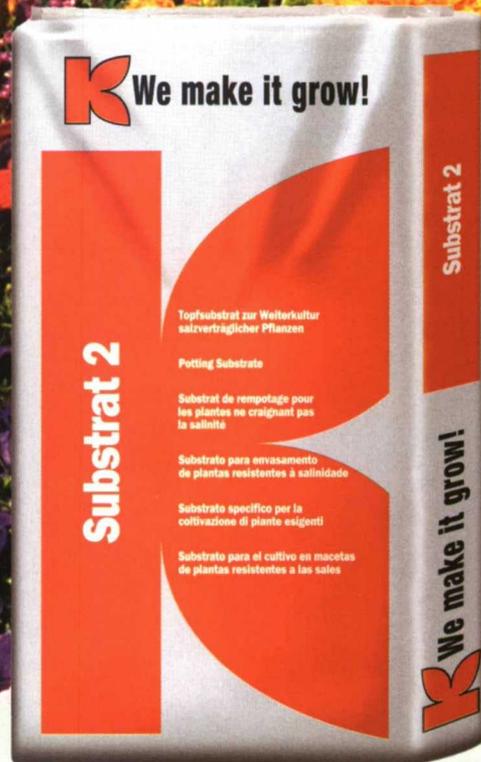
**Efectividad del ozono en presencia y ausencia de materia orgánica, representada como porcentaje de reducción de esporas de *Penicillium sp*, tras 0, 5, 10 y 30 minutos de exposición**



determinante en la efectividad del ozono como desinfectante del agua vs como desinfectante superficial de la fruta, ya que el tiempo de contacto entre la fruta y el agua en una línea de manipulación de, por ejemplo cerezas, es de aproximadamente 1 minuto, y el tiempo en otros procesos como el tratamiento poscosecha y/o el hidrocooling son de entre 1 y 5 minutos.

Por ello, los resultados obtenidos nos apuntan que el ozono podrá ser un producto efectivo en la desinfección de agua, donde las esporas permanecen tiempos prolongados, pero que su eficacia en la desinfección superficial de la fruta será menor.

Como conclusión de este primer apartado, podemos afirmar que el ozono es un producto efec-



## Planta ornamental

Substratos especiales que aseguran el éxito en el enraizamiento, multiplicación y cultivo.

Fabricados por Klasmann-Deilmann GmbH.

**K** *We make it grow!*



**VALIMEX S.L.**

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EN ESPAÑA

C/. Palleter, 2, 1ª • 46008 Valencia • Tlf. 96 385 3707 • Fax 96 384 4515 • e-mail: ventas@valimex.es • www.valimex.es

tivo en la desinfección del agua, pero no en la desinfección de la fruta, ya que sería necesario aumentar el tiempo de permanencia de la fruta en la línea de manipulación a 10 minutos, siendo en la actualidad inviable desde el punto de vista logístico.

**B. Efecto de la materia orgánica, la temperatura y el pH en la eficacia del ozono**

La mayoría de productos desinfectantes como el cloro, el peróxido de hidrógeno, etc., tienen una baja estabilidad frente a agentes externos como la luz, el contenido en materia orgánica, el pH, la temperatura, etc.

Por todo ello, es imprescindible determinar la eficacia del ozono en las condiciones reales en que se encuentra el agua de las centrales hortofrutícolas.

**■ En algunas centrales hortofrutícolas, especialmente en las de fruta de hueso, se utiliza agua para enfriar rápidamente el producto a su llegada a la central y eliminar así el calor de campo**

**B. 1 Eficacia del ozono en presencia de materia orgánica**

En el agua utilizada en las centrales de fruta, el contenido en materia orgánica suele ser elevado, especialmente al final de la jornada de trabajo, cuando se han manipulado muchos kilos de fruta. Este contenido proviene de los restos de tierra, hojas, etc. presentes en la fruta y en los envases.

En base a los análisis realizados en el agua de una línea real de manipulación de cerezas, se comprobó que el contenido en materia orgánica, relacionada con la Demanda Química de Oxígeno (DQO) variaba a lo largo del día, siendo el valor máximo 379 mgO<sub>2</sub>/l. Por ello, en este estudio se utilizó un contenido en materia orgánica equivalente a una DQO de 400 mgO<sub>2</sub>/l.

Se prepararon dos soluciones de esporas de *Penicillium* sp ajustadas a una concentración conocida, y en una de ellas se añadieron 24 g/l de tierra (equivalente a una DQO de 400 mgO<sub>2</sub>/l). Se aplicó ozono mediante el equipo generador con el microdifusor y tras 0 min, 1 min, 5 min, 10 min y 30 min, se realizó una siembra en placas con medio de cultivo RBCA. Las placas se incubaron 3-5 días a 25°C y se efectuó el recuento del número de colonias por placa.



**¿Rapidez o persistencia?**

**¿Y por qué no ambas a la vez?**

**Ultraferro® es la solución más eficaz para prevenir y corregir la clorosis férrica al combinar de la manera más equilibrada la rapidez de acción y efecto de choque del isómero orto-para junto con la máxima estabilidad y persistencia del isómero orto-orto.**

- Tradecorp, gracias a su exclusiva tecnología desarrollada en las plantas de producción propias, sintetiza el agente quelante EDDHA y formula Ultraferro con el equilibrio óptimo entre ambos isómeros.
- Solubilidad total e instantánea en cualquier tipo de agua, sin formar grumos ni dejar sedimentos.
- Eficacia y máxima estabilidad en las condiciones más difíciles y en todo tipo de suelos, incluso calcáreos y alcalinos.
- Beneficios de ambos isómeros (orto-para y orto-orto) para prevenir y corregir la clorosis férrica.

**Ultraferro®**

**TRADECORP**  
NUTRI-PERFORMANCE

**TRADE CORPORATION INTERNATIONAL, S.A.**  
C/ Alcalá, 498 2ª Pl. • 28027 Madrid (España)  
Tel: (+34) 913 273 200 Fax: (+34) 913 047 172  
www.tradecorp.com.es • global@tradecorp.sapec.pt

**Resultados:** En la figura nº2 se representa la eficacia del ozono, expresada como reducción de la población de *Penicillium* sp, en presencia y ausencia de materia orgánica en la solución.

Los resultados indican que la eficacia del ozono no se ve reducida sustancialmente por la presencia en la solución de contenidos de materia orgánica similares a los hallados en el agua de las líneas de manipulación de cerezas.

Este es un punto clave a favor del ozono como método desinfectante del agua, ya que la mayoría de los productos utilizados actualmente para este fin, principalmente el hipoclorito, se ven altamente influenciados por el contenido en materia orgánica que afecta de manera directa a su eficacia y concentración.

En estos casos, es extremadamente necesario el monitoreo continuo del nivel de cloro libre del

agua para evitar períodos prolongados a niveles de cloro por debajo de los óptimos que nos aseguran una protección eficaz frente a la carga contaminante.

### B. 2 Eficacia del ozono en función de la temperatura

En algunas centrales hortofrutícolas, especialmente en las de

fruta de hueso, se utiliza agua para enfriar rápidamente el producto a su llegada a la central y eliminar así el calor de campo. En estos casos, es necesario que el agua utilizada esté a baja temperatura para enfriar lo más rápidamente el producto.

Este hecho repercute en la eficacia de muchos de los productos desinfectantes que se utilizan, como el cloro, viendo su actividad biocida reducida al disminuir la temperatura.

Para evaluar el efecto de la temperatura en la actividad desinfectante del ozono se prepararon dos soluciones de esporas de *Penicillium* sp, una a temperatura ambiente (aprox. 15°C) y la otra a baja temperatura (2°C). Se aplicó ozono mediante el equipo generador con el microdifusor y tras 0 min, 1 min, 5 min, 10 min y 30 min, se realizó una siembra en placas con medio de cultivo RBCA.

■ **Es imprescindible determinar la eficacia del ozono en las condiciones reales en que se encuentra el agua de las centrales hortofrutícolas**

**ABONOS**  
**ARTAL**  
**VALENCIA**  
NUTRICIÓN VEGETAL  
FUNDADA EN 1895

# Productos ecológicos-orgánicos de "ARTAL"

**Materias orgánicas ecológicas**  
**Correctores y Quelatos**  
**Nutrientes-Bioestimulantes**

**ECO**

Producto certificado para el uso en agricultura ecológica-orgánica por BCS Öko Garantie GmbH - Nürnberg (Alemania)

*Francisco R. Artal, S. L.*  
C/. Villa de Madrid, nº 14 - Pol. Ind. Fuente del Jarro  
46988 PATERNA (Valencia) - SPAIN  
Tel.: +34-96 134 03 65 - Fax: +34-96 134 07 05  
e-mail: infoartal@artal.net - http://www.artal.net

Las placas se incubaron 3-5 días a 25°C y se efectuó el recuento del número de colonias por placa.

**Resultados:** La efectividad del ozono en función de la temperatura se representa en la Figura n°3.

Como se puede observar, la eficacia en la desinfección del agua de esporas de *Penicillium* sp es mayor a temperatura ambiente. A los 5 minutos de contacto, siendo la temperatura del agua de 15°C, la reducción de la población fúngica fue del 82%, mientras que a 2°C, esta reducción solamente fue del 50%.

A los 10 minutos de exposición, la reducción en ambas temperaturas es superior al 95%.

### B. 3 Eficacia del ozono en función del pH

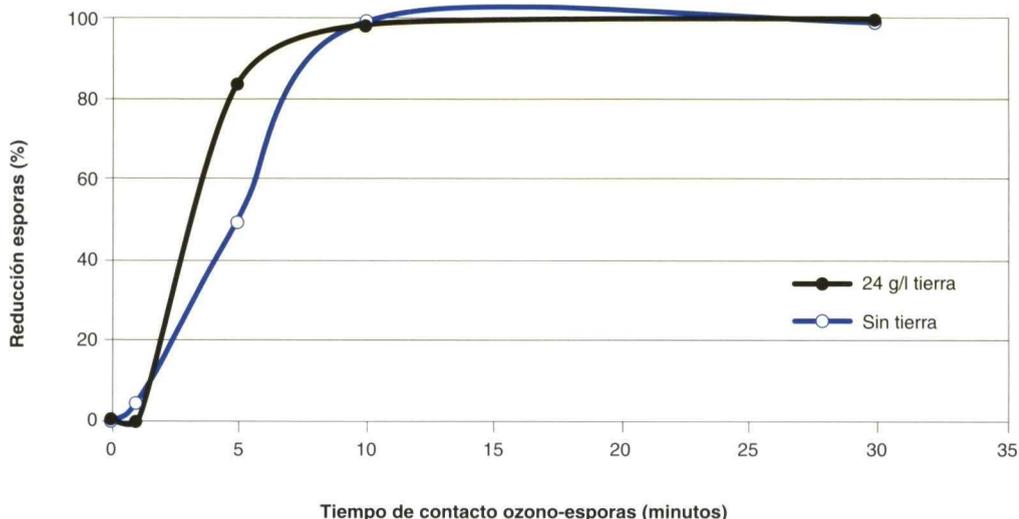
Otro factor importante que es necesario tener en cuenta ya que afecta directamente a la estabilidad de muchos productos químicos es el pH de la solución. Aunque el pH del agua suele estar próximo a la neutralidad, en función de la zona o del origen del agua (pozo, río, etc.) éste puede variar ligeramente hacia la alcalinidad y situarse en el rango de 7 a 8.

Para evaluar el efecto del pH en la actividad desinfectante del ozono en el agua se prepararon tres soluciones de esporas de *Penicillium* sp ajustando el pH a 7, 7.5 y 8, se aplicó ozono mediante el equipo generador con el microdifusor y tras 0 min, 1 min, 5 min, 10 min y 30 min, se realizó una siembra en placas con medio de cultivo RBCA. Las placas se incubaron 3-5 días a 25°C y se efectuó el recuento del número de colonias por placa.

**Resultados:** La efectividad del ozono sobre *Penicillium* sp en función del pH se muestra en el cuadro n°1. A diferencia de lo que se observa con otros desinfectantes como el cloro, la eficacia del ozono no se ve influenciada por el pH de la solución, en el rango de pH de 7 a 8, lo cual implica que no es necesario realizar un control continuo del contenido de desinfectante ni ajustar el pH de la so-

**Figura 3:**

**Efectividad del ozono en soluciones a 15°C y 2°C, representada como porcentaje de reducción de esporas de *Penicillium* sp, tras 0, 1, 5, 10 y 30 minutos de exposición**



**Cuadro 1:**

**Reducción de la población de *Penicillium* sp después de 0, 5, 10 y 30 minutos de contacto en el equipo generador de ozono inyectando soluciones de esporas a pH 7, 7.5 y 8**

pH	Tiempo de contacto (min)			
	0	5	10	30
7	0	100	99.5	100
7.5	0	100	100	100
8	0	99.7	100	100

lución para conseguir una eficacia constante.

Este hecho merece ser remarcado ya que actualmente mantener el pH del agua en las centrales que utilizan cloro para desinfectar e higienizar el agua representa un esfuerzo importante, tanto de personal para hacer las analíticas como de producto químico neutralizante (ácido fosfórico, ácido clorhídrico, etc.).

### Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas de este estudio son:

1. La contaminación fúngica del agua se ve reducida por la aplicación de ozono, aunque su eficacia depende del patógeno estudiado y del tiempo de contacto de las esporas y el ozono. En general, son necesarios tiempos de exposición superiores a 10 minutos para conseguir reducir en más del 80% la población fúngica de la mayoría de los patógenos de poscosecha.

2. La presencia de materia orgánica en el agua (a niveles similares a los que se podrían encontrar en una línea de manipulación de cerezas) no afecta sustancialmente la eficacia del ozono.

3. El uso de temperaturas inferiores a 5°C no afectan de forma sustancial a la eficacia del ozono en la desinfección del agua cuando el tiempo de contacto con las esporas es superior a 10 minutos.

4. De la misma manera, la eficacia del ozono no se ve influenciada por el rango de pH estudiado (7 a 8), lo que implica que no es necesario realizar un control continuo del contenido de desinfectante ni ajustar el pH de la solución, como sí ocurre en el caso de utilizar hipoclorito.