



Encuentro  
de JÓVENES  
INVESTIGADORES

# APLICACIÓN DE OZONO Y RADIACIÓN UV PARA LA REMOCIÓN DE FÁRMACOS PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES CON ÉNFASIS EN EL MODELADO Y LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO

## Anghilante, Matías

INTEC - Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química

Director/a: Lovato, Eugenia

Codirector/a: Manzo, Ricardo

Área: Ingeniería

Palabras Claves: Investigación, Ozono, Desinfección

## INTRODUCCIÓN

El efecto desinfectante de agua ozonizada es consecuencia directa de la presencia de ozono disuelto en agua. Diferentes variables como: pH, contenido de iones, temperatura del agua, tiempo de exposición y la concentración de ozono puede impactar en el efecto germicida.

El ozono es un germicida fuerte que necesita sólo unos pocos microgramos por litro para una acción medible. A bajas concentraciones, el ozono inactiva rápidamente, virus, bacterias coliformes, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophilia* y muchos otros microorganismos de alta ubicuidad, lo que justifica el interés en su utilización para el saneamiento de ambientes públicos.

## OBJETIVOS

Se propone realizar ensayos de laboratorio que permitan caracterizar la eficacia biocida del ozono y establecer las dosis adecuadas del mismo, en base a la reducción de microorganismos viables testigo. Se evaluará la resistencia relativa de ellos frente al ozono con el fin de determinar dosis, tiempos de tratamiento y condiciones fisicoquímicas de reacción adecuadas que garanticen la seguridad y eficacia en la aplicación de esta tecnología sanitizante.

## METODOLOGÍA

Los ensayos se basan en recuentos en placas de vidrio de microorganismos testigos, los cuales fueron sometidos a diferentes concentraciones de ozono disuelto, y se analizan resultados tomando como referencia un control, es decir, recuentos de los mismos microorganismos sin el tratamiento de ozonización.

Los microorganismos testigos seleccionados fueron:

*Staphylococcus aureus*: pertenece a la flora normal de la piel, mucosas y nasofaringe de varias especies animales, incluido el hombre, pero también se asocia a enfermedades como abscesos, bacteriemia, endocarditis y osteomielitis, y puede mostrar resistencia a múltiples drogas.

Título del proyecto: APLICACIÓN DE OZONO Y RADIACIÓN UV PARA LA REMOCIÓN DE FÁRMACOS PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES CON ÉNFASIS EN EL MODELADO Y LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO

Instrumento: PICT 2020 - 01789

Año de Convocatoria: 2020

Organismo financiador: ANPCyT - Mincyt

Director/a: Lovato, María Eugenia

*Escherichia coli*: se utiliza como el indicador principal para detectar y medir la contaminación fecal en la evaluación de la inocuidad del agua y de los alimentos.

### Determinación de rangos de concentraciones de ozono disuelto

Se determinó experimentalmente la capacidad de ozonización del equipo generador, ya que la concentración del ozono disuelto es el principal parámetro a definir en los ensayos microbiológicos. Para ello se realizaron experiencias de caracterización, donde se burbujea ozono por medio de un difusor en una solución acuosa a temperaturas de 4°C, de manera de aumentar la solubilidad del ozono en agua. Se obtuvieron distintas concentraciones de ozono disuelto variando potencia del generador, caudal de oxígeno que ingresa al generador, y tiempo de burbujeo.

Se compararon las concentraciones de ozono obtenidas en los ensayos de laboratorio con los valores informados en bibliografía. Se tomaron como referencia los ensayos realizados en las publicaciones de Von Gunten (Von Gunten, 2022) y Wolf (Wolf, 2018).

### Ensayos de laboratorio

Para los ensayos se dispuso de un recipiente cerrado de vidrio, en el cual se colocó un volumen determinado de solución fisiológica estéril y que permitió el ingreso y el egreso de ozono gaseoso y el muestreo a diferentes tiempos, por medio de jeringas graduadas. Esto se puede observar en la Figura 1.

Conocidas las relaciones de concentración de ozono disuelto en función del tiempo- potencia se ozonizan 200 ml de solución fisiológica a diferentes combinaciones de tiempos y potencias. Definida la ozonización, se toman muestras de 100 ml y se colocan en dos tubos Falcon de 50 ml, estériles.

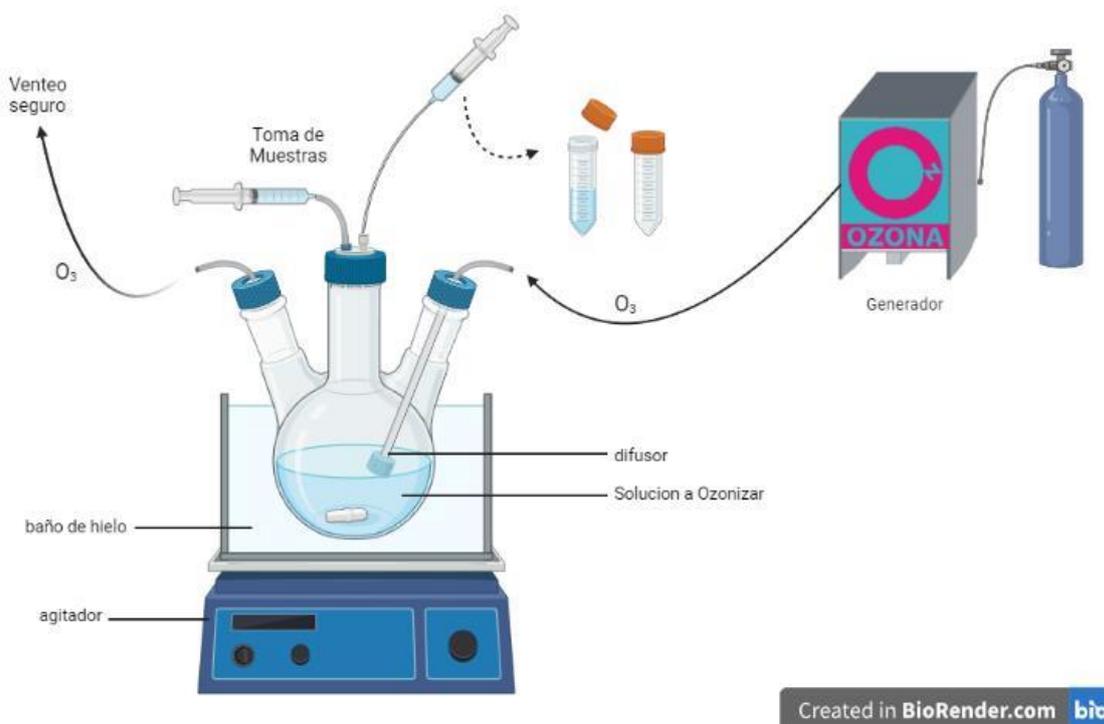


Figura 1: Esquema de ozonización y muestreo de solución fisiológica.

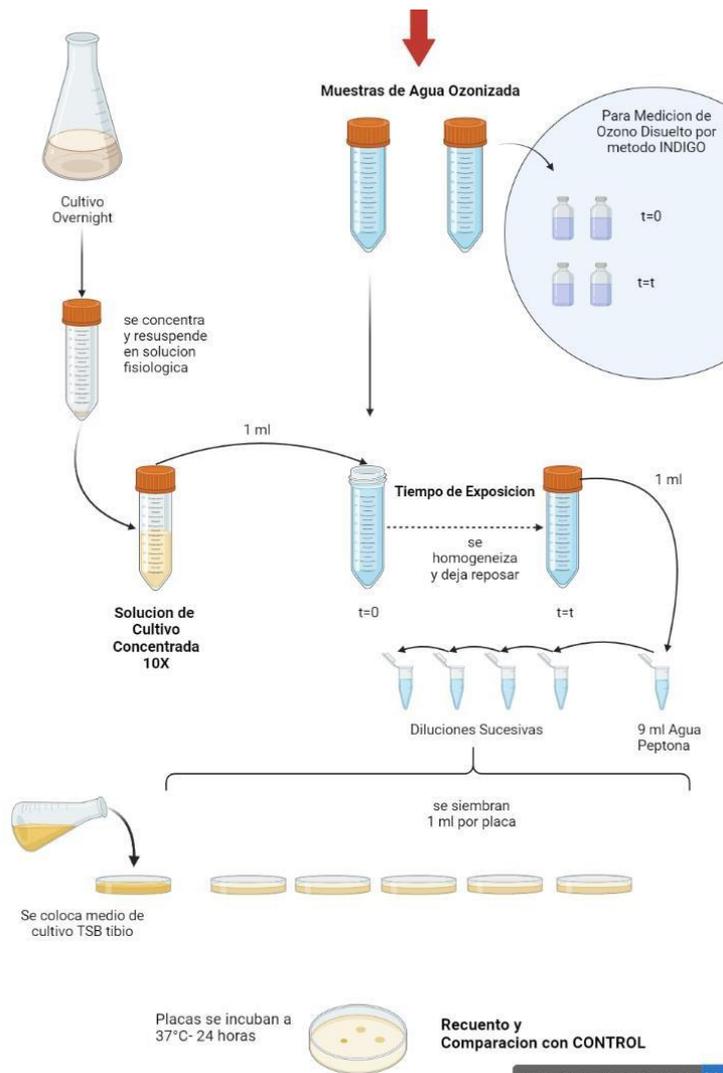


Figura 2: Esquema del procedimiento y análisis microbiológico.

Una vez adicionado los microorganismos se dejaron reposar durante 5 minutos. Luego se toman muestras de la solución de trabajo y se realizan las diluciones correspondientes para luego colocarse en placas de vidrio con caldo TSB. Las placas se incubaron por 16 horas a 37 °C y se realizó el recuento de las UFC/ml viables.

## CONCLUSIONES

La tendencia general observada es el aumento en la eficiencia de eliminación de bacterias con el aumento de la duración de la ozonización, así como de la concentración de ozono.

Se observó que exposiciones con concentraciones de ozono mayores a 50 µM garantizan un 99% de inactivación para ambos microorganismos.

Uno de los tubos se utiliza para cuantificar el ozono disuelto y en el segundo se prepara la solución de trabajo, donde se adiciona directamente la solución concentrada en microorganismos. El procedimiento microbiológico se detalla en la Figura 2.

La solución concentrada de microorganismos se prepara a partir de cultivos overnight, preparados la noche anterior a los ensayos. La concentración de microorganismos se determina por medio de un CONTROL, donde se adiciona 1 ml de solución concentrada en microorganismos en 49 ml de solución fisiológica sin ozonizar.

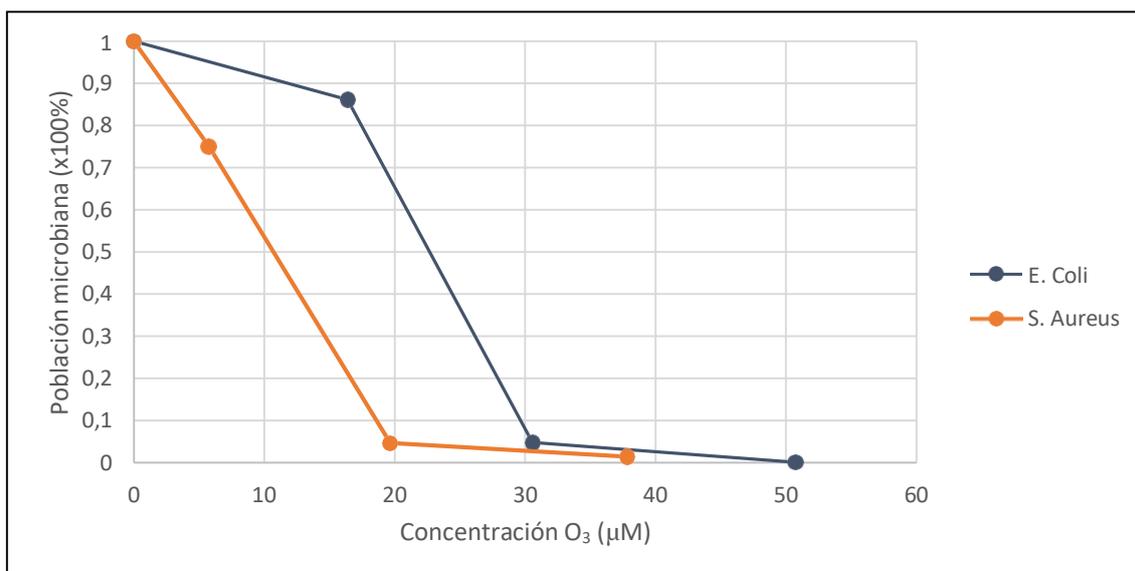


Figura 3: Curva de muerte microbiana en función a las exposiciones de ozono durante 5 minutos a 4°C para ambos microorganismos testigos.

Para el *Staphylococcus aureus* con tan solo 20 µM se obtuvieron reducciones de 95%, mientras que a concentraciones de 6 µM la reducción sólo fue de un 25%. Por otro lado, la *Escherichia coli* demostró ser más resistente al ozono. Resultados mostraron que con 30 µM las reducciones alcanzaron un 95%, mientras que a concentraciones de 16 µM la reducción sólo fue de un 13%.

Se puede así observar un rango entre ambas dosis propuestas, entre concentraciones desde 20 hasta 30 µM de ozono disuelto, para alcanzar reducciones mayores al 90%.

Experiencias demuestran que dosis pequeñas de soluciones acuosas ozonizadas pueden alcanzar altos niveles de desinfección de superficies en pocos minutos de exposición. La investigación aún se encuentra en desarrollo, para evaluar las propiedades del ozono como desinfectante en fase acuosa como gaseosa, y en condiciones más similares a la realidad, como diferentes tipos de materiales, condiciones ambientales, etc.

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

**Voumard, M., Breider, F., von Gunten, U. (2022).** Effect of cetyltrimethylammonium chloride on various *Escherichia coli* strains and their inactivation kinetics by ozone and monochloramine. *Water Research* Volume 216, 1 June 2022, 118278.

**Wolf, C., von Gunten, U., Kohn, T. (2018).** Kinetics of inactivation of waterborne enteric viruses by ozone. *Environmental Science & Technology* 2018 **52**, 2170-2177.