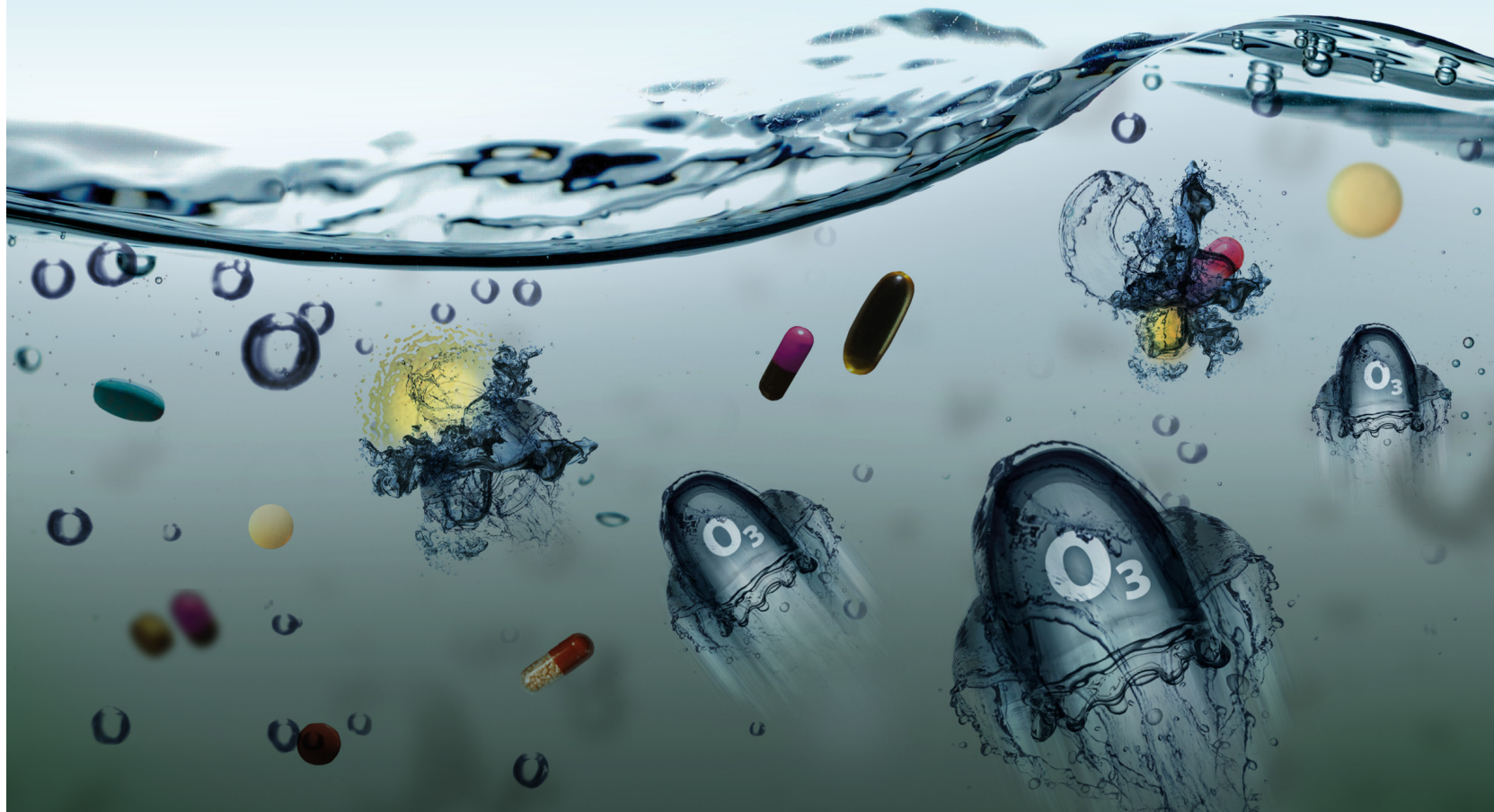




Ozono

Tratamiento de aguas residuales

OXIDANDO MICROCONTAMINANTES PRESENTES EN LAS AGUAS

WEDECO
a xylem brand

Sustancias farmacéuticas presentes en las aguas



La eliminación de microcontaminantes de nuestras aguas es un reto que tienen que abordar muchas instalaciones. Debido a que los procesos de tratamiento convencionales no los eliminan completamente, la oxidación con ozono demuestra ser uno de los métodos de tratamiento más eficientes.

Los productos farmacéuticos pueden ayudar a muchas personas y animales a combatir enfermedades, a permanecer sanos o a mejorar su calidad de vida. Sin embargo, una gran parte de los productos farmacéuticos acaban en el medio ambiente a través de los residuos de excrementos corporales.

Aun cuando no constituyen un peligro inmediato, a largo plazo son un peligro que crece en importancia. Los efectos de los microcontaminantes y productos farmacéuticos en las aguas superficiales ya se han comprobado en numerosos estudios a gran escala. Sus efectos pueden conducir a cambios negativos en el ecosistema.

Microcontaminantes en la circulación del agua

- Sustancias persistentes
- Sólo biodegradables en un grado limitado
- Tienen un efecto negativo en los organismos
- Causan perturbaciones en el sistema endocrino
- Pueden difundirse rápidamente en la red de abastecimiento de agua

Problema I: Persistencia

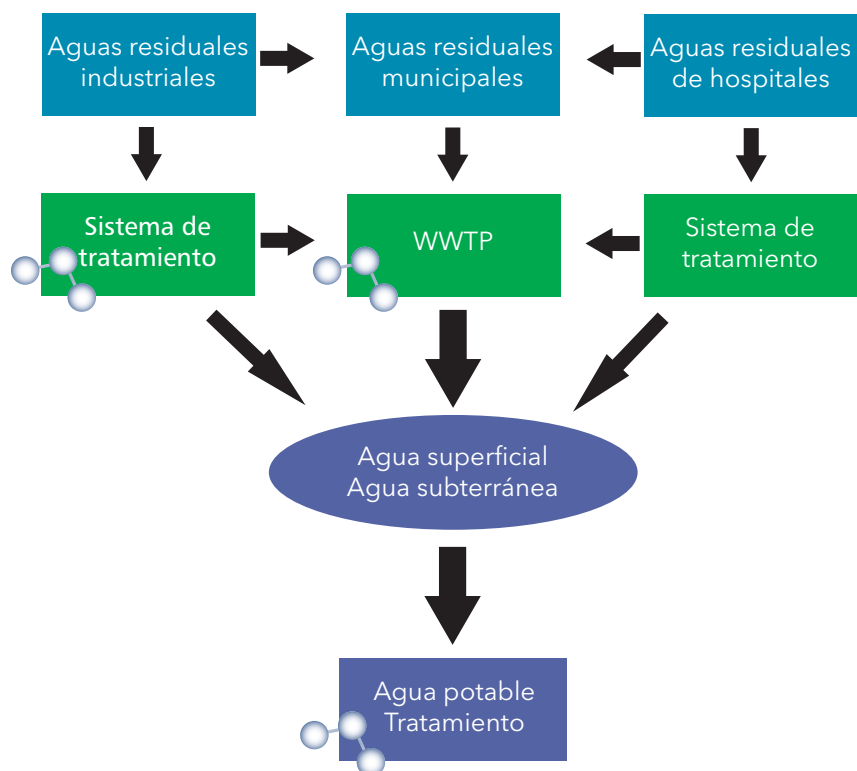
No todas las sustancias aprobadas en los sectores de farmacia, agricultura e industria, así como las consumidas comúnmente, son enteramente biodegradables. Esto significa que no pueden eliminarse completamente con las tecnologías de tratamiento convencionales. Como resultado de ello, el número de contaminantes en nuestra circulación del agua se va incrementando (bioacumulación). Esto significa un aumento constante en los contaminantes del agua y ulteriores efectos negativos en el entorno acuático del futuro, a menos que se adopten las medidas adecuadas.

Problema II: Efecto endocrino

Algunos microcontaminantes (por ej. el etinilestradiol) tienen efecto en el sistema hormonal de los humanos y animales. Estos componentes nocivos, denominados disruptores endocrinos (Endocrine Disrupting Compounds, EDC) actúan incluso en concentraciones muy bajas y su presencia se ha calificado como preocupante a nivel científico. En conexión con influencias medioambientales negativas en seres vivos, actualmente se considera que los EDC están vinculados con:

- Observaciones de efectos negativos en la reproducción de ciertos tipos de peces (incluyendo la feminización de peces masculinos).
- La disminución de la fertilidad en los humanos y animales debido a reducción en la calidad del esperma.
- El incremento de ciertos tipos de cáncer que podrían estar relacionados con perturbaciones en el sistema hormonal.

Vías de entrada



Las fuentes de agua para consumo humano, tanto los acuíferos como el agua superficial tienen concentraciones de microcontaminantes diferentes, dependiendo del grado con el que se mezclan con caudales afluentes de diversos orígenes.

Las principales vías de entrada o "puntos calientes" de microcontaminantes persistentes en las aguas superficiales son las EDAR, los efluentes de la industria farmacéutica, las granjas de cría de animales y los centros de asistencia médica.

Otras vías de entrada son el resultado de la eliminación inadecuada de sustancias farmacéuticas que no se han utilizado, así como la aplicación agrícola de estiércol y fangos provenientes de EDAR.

Las principales vías de entrada de sustancias disruptoras endocrinas en las aguas residuales.

⦿ = posibilidad de tratamiento con ozono.



Altas concentraciones de sustancias perjudiciales desde un punto de vista endocrino penetran en nuestras aguas subterráneas y aguas superficiales a través de los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

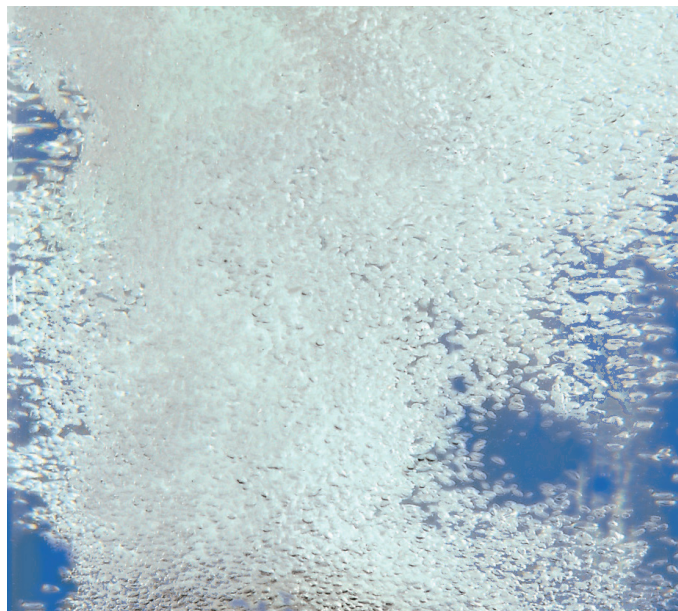
El agente especial: ozono

Los efectos de las sustancias endocrinas y los microcontaminantes persistentes en nuestro ecosistema exigen tratamientos más extensivos. Muchas EDAR no pueden eliminar satisfactoriamente estos contaminantes con su actual tecnología.

Numerosas pruebas piloto utilizando ozono como un paso adicional del tratamiento señalan que el ozono es una solución efectiva para eliminar contaminantes persistentes. Esto significa que los microcontaminantes presentes en el agua pueden eliminarse satisfactoriamente con dosis de ozono respetuosas con el medio ambiente y económicamente viables.

¿Cómo actúa el ozono?

El ozono reacciona rápidamente con los microcontaminantes que poseen grupos de aminas, enlaces dobles, o anillos aromáticos. Junto con estos atributos específicos de los contaminantes, la eficiencia de las reacciones también depende del valor de pH y del carbono orgánico disuelto (COD). La extensión en que puede eliminarse un contaminante se puede estimar examinando sus constantes de régimen de reacción con el ozono.



Disolución del ozono:

Tan pronto como el ozono se introduce en el agua, cualquier contaminante peligroso queda degradado mediante oxidación.

Puede considerarse que los contaminantes con constantes de reacción de $> 10^5 \text{ M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ reaccionan muy rápidamente con el ozono. Como comparación: el colorante índigo (que, entre otras cosas, se usa para la detección cuantitativa del ozono) en la reacción con este gas muestra una constante de $\sim 10^7 \text{ M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ y el sulfuro de hidrógeno de $\sim 3 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$.

Las diversas constantes de reacción son principalmente el resultado de los diferentes puntos de acción del ozono sobre las moléculas.

- Por ejemplo, el 17 α -etinilestradiol es atacado en los grupos fenol.
- En el caso de carbamazepina, el ozono reacciona con un enlace doble.
- El diclofenaco y el sulfametoxazol tienen grupos de aminas funcionales que pueden ser oxidados por el ozono. El bezafibrato y el ibuprofeno no tienen estos grupos funcionales y por ello reaccionan con una considerable mayor lentitud con el ozono [Schuhmacher].

La tabla de abajo muestra las constantes del régimen de reacción de diversos productos farmacéuticos con el ozono.

Productos farmacéuticos	$k=[\text{M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$
Etinilestradiol	$\sim 3,0 \times 10^6$
Bezafibrato	$\sim 0,6 \times 10^3$
Carbamazepina	$\sim 0,3 \times 10^6$
Diclofenaco	$\sim 1,0 \times 10^6$
Ibuprofeno	$\sim 9,6 \times 10^3$
Sulfametoxazol	$\sim 2,5 \times 10^6$

Fuente: Proyecto Poseidon, EAWAG, Huber y colegas.

Productos farmacéuticos y su efecto

En este ejemplo, la farmacopea humana usa un total de 2.700 agentes diferentes y más de 600 en la farmacopea veterinaria. La tabla muestra los contaminantes con las máximas concentraciones en el agua superficial y su efecto.

Ingredientes activos	Fármacos	Vertido [kg/año]	Concentración [µg/L]	Efecto	Reacción
		Vertido total en 2001	La concentración más alta medida en aguas superficiales	Efectos en diversos organismos acuáticos	Reacción en el entorno (poco degradable)
Antibióticos	Sulfametoxazol	53.600	1	X	X
	Eritromicina	19.199	1,7		X
	Trimetoprima	11.427	0,2		X
	Claritromicina	7.159	0,003	X	
Analgésicos	Diclofenaco	85.801	2	X	X
	Ibuprofeno	344.885	1,5	X	
	Fenazona	24.843	0,95	X	X
	Propufenazona	28.140	0,31		X
Antiepilépticos	Carbamazepina	87.605	6,1	X	X
Antilipémicos	Bezafibrato	33.476	3,1	X	
	Ácido clofíbrico	2	1,1		X
Betabloqueantes	Atenolol	13.594	0,22		X
Antirreumáticos	Indometacina	3.721	0,7		X
Hormonas	Estradiol	1.098	0,0006	X	
	Etinilestradiol	48	0,002	X	
Medios de contraste para rayos X	Iomeprol	83.377	0,89		
	Iopamidol	42.994	2,8		
	Iopromida	64.056	8,5		
	Diatrizoato	60.687	15,8		
Citostáticos	Ciclofosfamida	385	0,1		X
	Ifosfamida	170	0,18		X

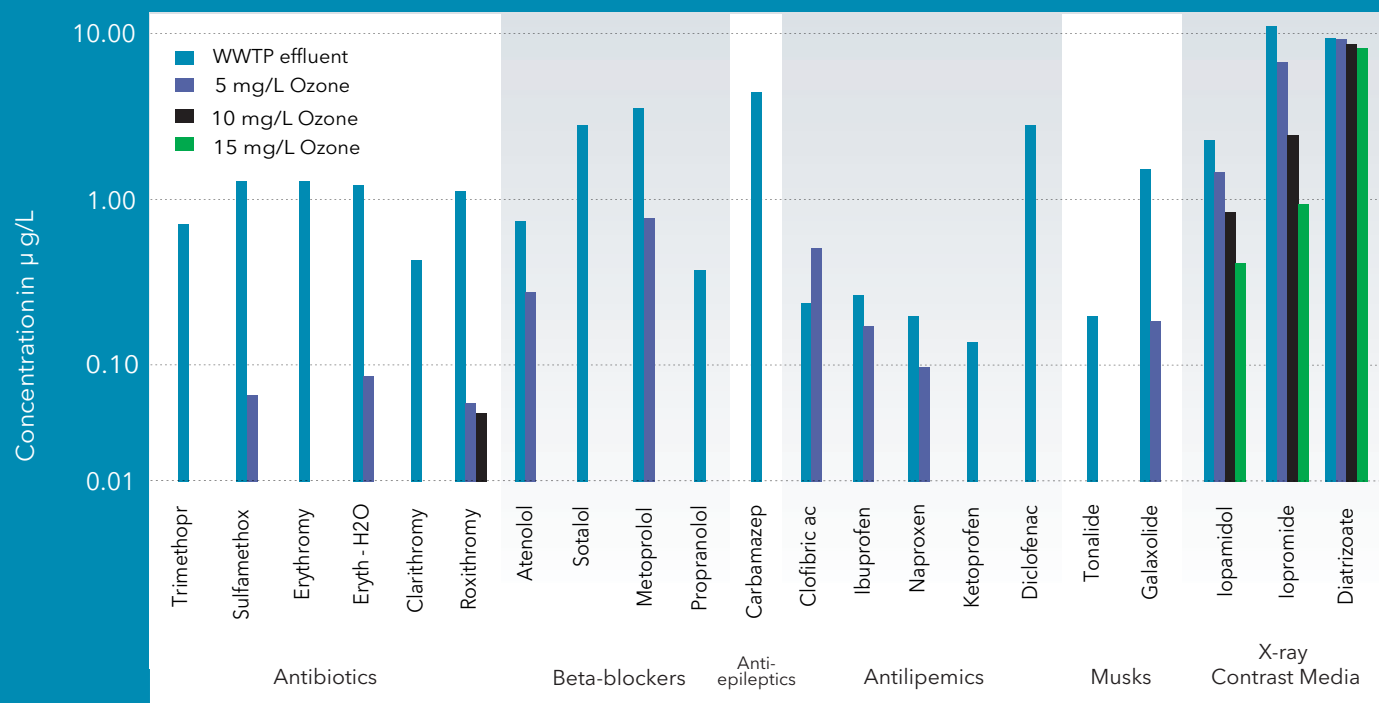
Fuente: MUNLV 2008

Términos y definiciones

Microcontaminación: Contaminación por sustancias en concentraciones relativamente bajas, persistentes a los tratamientos convencionales.

Compuestos disruptores endocrinos (Endocrine

Disrupting Compounds, EDC): Contaminantes con efectos no deseados en el sistema hormonal de los seres humanos y animales. Estos efectos pueden ser causados por productos farmacéuticos o incluso otras sustancias.



El gráfico muestra los resultados obtenidos en la planta de tratamiento de aguas residuales de Brunswick, con una dosificación de ozono de 5 a 15 mg/l. Se muestra que los altos grados de degradación (no mostrados = debajo del límite de detección) que se pueden obtener con el uso de ozono.

Pruebas piloto exitosas con ozono

Los sistemas de ozono de WEDECO ya se han usado en varios proyectos nacionales e internacionales para la reducción de microcontaminantes:

- Proyecto Poseidon
EDAR de Braunschweig
Enero 2001 - Junio 2004
(Proyecto núm. EVK1-CT-2000-00047)
- Proyecto nacional suizo de estrategia contra los microcontaminantes EDAR (Estación depuradora de aguas residuales) de Wueri en Regensdorf
Julio 2007 - Octubre 2008
- Proyecto PILOTOX en la Universidad Técnica de Berlín, EDAR Berlin Ruhleben,
Diciembre 2004 - Julio 2005
- Proyecto Poseidon EDAR de EAWAG en Zurich/Opfikon
- Proyecto de investigación en la Universidad de Stuttgart en la EDAR de Busnau
Diciembre 2003 - Mayo 2005
- Proyecto KomOzon en la Universidad Técnica de Viena, EDAR de Viena 2007 - 2009



Instalación de ozono de WEDECO en la estación depuradora de aguas de residuales (EDAR) de Wueri, en Regensdorf, Suiza.

Uso del ozono



El ozono es uno de los oxidantes más potentes disponibles en el mercado y se usa comúnmente para el tratamiento de las aguas residuales municipales y de otro tipo. Además de sus facultades oxidantes, es un método de tratamiento respetuoso con el medio ambiente. Los contaminantes, las sustancias que aportan color y olores, así como los microorganismos, se destruyen directamente mediante oxidación, sin crear subproductos clorados perjudiciales ni residuos significativos..

Debido a que se descompone en oxígeno molecular al reaccionar, el ozono constituye una alternativa económica y respetuosa con el medio ambiente a la oxidación con cloro, a la adsorción (carbón activo) o a los procesos de separación (ósmosis inversa).

Ventajas del ozono

- El ozono elimina las bacterias, los virus y la mayoría de los demás contaminantes orgánicos e inorgánicos.
- El ozono puede reducir significativamente la generación de productos químicos peligrosos, como pasa con el cloro.
- El ozono actúa como un microfloculante, contribuyendo a la eliminación de minerales como el hierro y el manganeso.

- El ozono no deja subproductos clorados, ni sabores ni olores químicos desagradables.
- El ozono se genera in situ del aire/oxígeno y de acuerdo con la cantidad necesaria.
- No hay necesidad de almacenar ni manipular productos químicos.

El efecto oxidante del ozono

El ozono reacciona rápidamente con un gran número de compuestos. Debido a ello, estos compuestos son atacados directamente por la molécula del ozono o indirectamente por los radicales de hidróxilo intermedios que se forman. El ozono se suele consumir completamente en el proceso de reacción, liberando sólo oxígeno molecular. En caso de quedar ozono en el gas evacuado, estos restos se convierten en moléculas de oxígeno por un sistema destructor del ozono residual.

Combinando el ozono con rayos UV o peróxido de hidrógeno se generan procesos avanzados de oxidación, capaces realizar la reducción de las sustancias más resistentes. Esos procesos avanzados de oxidación (Advanced oxidation processes, AOP) contribuyen a convertir en inofensivas las sustancias contaminantes en el agua, que anteriormente no eran degradables.

Xylem |'zīləm|

- 1) El tejido en las plantas que eleva el agua desde las raíces;
- 2) Una empresa líder global en tecnologías del agua.

Somos 12.000 personas con un propósito común: crear soluciones innovadoras para atender a las necesidades de agua en el mundo. Un elemento central de nuestra labor es desarrollar nuevas tecnologías que mejoren la forma de usar, conservar y reutilizar el agua. Transvasamos, tratamos, analizamos y devolvemos el agua al medio ambiente, y ayudamos a las personas a utilizarla con eficiencia en sus hogares, edificios, fábricas y granjas. En más de 150 países mantenemos unas relaciones estrechas y prolongadas con nuestros clientes, que nos conocen por nuestra potente combinación de marcas líder y conocimientos avanzados en aplicaciones, todo ello respaldado por una trayectoria de innovación.

Para una información más detallada sobre cómo Xylem puede ayudarle, visite **www.xyleminc.com**.

WEDECO



Xylem Water Solutions Herford GmbH
Boschstr. 4 - 14
32051 Herford, Alemania
Teléfono +49 5221 930 0
Fax +49 5221 930 222
www.xyleminc.com