

# Protegiendo a los peces e instalaciones acuícolas de enfermedades infecciosas

## Sistemas de desinfección UV para bioseguridad en acuicultura

La batalla contra los microorganismos patógenos para los peces ha afligido al sector de la acuicultura desde sus orígenes, pero raramente una enfermedad ha causado pérdidas más severas o ha sido tan difícil de controlar como el virus de la anemia infecciosa del salmón (ISA) que golpeó a las piscifactorías de Noruega en 1.984. Al principio esta enfermedad se propagó lentamente, transmitiéndose a través de la sangre, mucosas y heces de los peces infectados, pero finalmente el virus terminó afectando a unas 100 piscifactorías noruegas y fue declarado enfermedad notificada, requiriéndose por ley su comunicación a la administración correspondiente.

El daño global a las existencias de peces y a la economía fue sustancial: en 1.999, el coste anual se estimó en 32 millones de dólares en Escocia y en 14 millones de dólares en Canadá. Reconociendo la amenaza para una industria económicamente significativa e importante fuente de alimento, los gobiernos alrededor del mundo empezaron a desarrollar y a aplicar estrictas medidas de bioseguridad para la acuicultura. Entre las medidas de bioseguridad más efectivas se encuentra la desinfección con luz ultravioleta (UV), tema central de este documento.



### Requerimientos de bioseguridad

Las medidas de bioseguridad son políticas y técnicas de gestión para salvaguardar la integridad medioambiental. Son cruciales para reducir el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas y proliferación de especies invasoras. Las medidas de bioseguridad han sido efectivas en la industria de la agricultura durante décadas, pero no han sido aplicadas a la industria de la acuicultura hasta recientemente, después de la aparición de brotes de enfermedades como el virus ISA. Las medidas de bioseguridad en acuicultura incluyen desinfectar el agua, supervisar y notificar enfermedades, así como el sacrificio rápido o cuarentena de los organismos infectados en respuesta a un brote de enfermedad.

Noruega fue el primer país en implementar medidas de bioseguridad en la industria de la acuicultura, estableciendo requerimientos de desinfección para el agua de captación y efluente de las instalaciones acuícolas, con el objetivo de ayudar a prevenir la propagación de bacterias, hongos y virus patógenos. Después de los muy costosos brotes de virus ISA en New Brunswick, Escocia, Shetland y Chile, otros países han adoptado medidas de bioseguridad similares para identificar brotes de enfermedad antes de que se conviertan en epidemias que afecten de forma adversa a la población de peces, disminuyendo su valor



económico y frenando la demanda del consumidor debido a la falta de confianza en la seguridad de los organismos acuáticos cultivados.

Los estrictos requerimientos de desinfección de Noruega aplican al agua de captación para las operaciones de cría y cultivo, al agua efluente procedente de las instalaciones acuícolas basadas en tierra y plantas de procesado y al agua de transporte contenida en los buques viveros. La desinfección puede alcanzarse mediante diferentes métodos que incluyen filtración, ozonización, aplicación de productos químicos, separación mecánica, cloración, tratamiento térmico y exposición a luz ultravioleta (UV). La desinfección con luz UV es uno de los métodos más eficientes y efectivos.

### Desinfección con luz ultravioleta

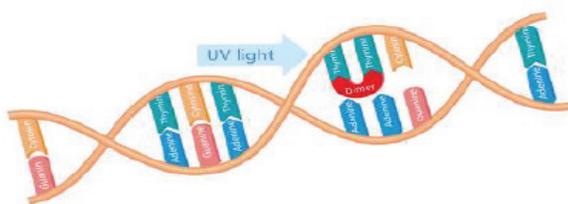
La desinfección por medio de luz UV es muy atractiva como método rentable para el control de microorganismos patógenos. La exposición a la luz UV ha sido utilizada para desinfectar el suministro de agua potable, así como agua residual, desde mediados del siglo XX y ha sido utilizada más recientemente en la industria de la acuicultura con gran éxito.

La luz UV inactiva microorganismos patógenos mediante la alteración de su material genético, un proceso denominado dimerización. La longitud de onda del espectro electromagnético más efectiva para la desinfección es la de 254 nm y es producida por lámparas UV de baja presión.

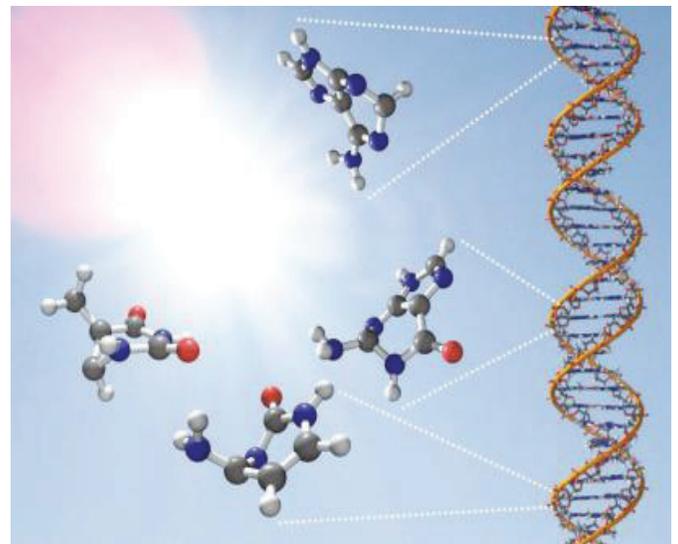
La luz UV inactiva la mayoría de bacterias, virus, esporas y quistes sin alterar las características físicas y químicas del agua y sin generar subproductos químicos que puedan afectar de forma adversa a la población de peces o a los humanos, lo que supone una ventaja significativa respecto de otros métodos de desinfección. Otras ventajas de la desinfección con luz UV son el poco tiempo de contacto requerido y el poco espacio físico ocupado por los equipos. La desinfección con luz UV es fácil y segura de utilizar, debido a que los equipos son sencillos de operar y excluyen



Equipo de luz UV Wedeco en canal abierto de la serie Duron instalado en una piscifactoría de Noruega



La actuación de la luz UV sobre el ADN de los microorganismos patógenos tiene lugar sobre los enlaces de bases nitrogenadas de Adenina y Timina. Estos enlaces se rompen por efecto de la luz UV generando en su lugar dímeros de Timina



La luz ultravioleta a una longitud de onda de 254 nm inactiva a los microorganismos patógenos alterando su ADN e impidiendo que se reproduzcan correctamente

Patógeno	Dosis mínima UV para reducción de 3 log (mJ/cm <sup>2</sup> )	Fuente
<b>Bacteria</b>		
Aeromonas hydrophilia	5.0	Yoshimizu et al., 1990
Aeromonas punctata	4.0	Yoshimizu, 1990
Aeromonas salmonicida	5.9+, 4.0, 2.7++	Liltved & Landfald, 1996; Yoshimizu et al., 1990; Liltved et al. 1995
Escherichia coli O-26	4.0	Yoshimizu et al., 1990
Pseudomonas fluorescens	5.0	Yoshimizu et al., 1990
Vibrio anguillarum	4.5^, 4.0, 2.7++	Yoshimizu et al., 1990; Liltved et al., 1995
Vibrio salmonicida	2.7++	Liltved et al., 1995
Yersinia ruckeri	2.7++	Liltved et al., 1995
<b>Protozoo</b>		
Myxobolus cerebralis	40~, 40+	Hedrick et al. 2007, Hedrick et al. 2008
<b>Hongos</b>		
Achlya flagellate	220#	Yoshimizu et al., 1990
Aphanomyces laevis	210#	Yoshimizu et al., 1990
Saprolegnia anisospora	150#	Yoshimizu et al., 1990
Saprolegnia diclina	230#	Yoshimizu et al., 1990
Saprolegnia ferax	230#	Yoshimizu et al., 1990
Saprolegnia parasitica	230#, 200#	Yoshimizu et al., 1990
Saprolegnia sp. Tokyo, Shizuoka, and Cifu	250#, 230#, 220# (respectively)	Yoshimizu et al., 1990
<b>Virus</b>		
Atlantic halibut nodavirus	105	Liltved et al., 2006
Channel catfish herpesvirus	≤3.0-, 2.0, 1.0	Yoshimizu et al., 1986; Yoshimizu et al., 1990; Yoshimizu et al., 2005
Chum salmon virus	≤150-, 100, 100	Yoshimizu et al., 1986; Yoshimizu et al., 1990, Yoshimizu et al., 2005
Eel virus from America	1.0-	Yoshimizu et al., 2005
Eel virus from Europe X	1.0-	Yoshimizu et al., 2005
Fish nodavirus	100-	Yoshimizu et al., 2005
Herpesvirus salmonis	≤3.0-, 2.0-, 1.0-	Yoshimizu et al., 1989; Yoshimizu et al., 1990; Yoshimizu et al., 2005
Hiramine rhabdovirus	1.0-	Yoshimizu et al., 2005
Infectious hematopoietic necrosis virus	10, ≤3.0-, 3.0, 2.0, 1.0	Yoshimizu et al., 1991; Yoshimizu et al., 1986; Yoshimizu et al., 1990; Yoshimizu et al., 1990; Yoshimizu et al., 2005

la utilización de productos químicos corrosivos o peligrosos.

Para poder desinfectar correctamente el agua de captación y efluente de las instalaciones acuícolas, es necesario comprender el concepto de la dosis UV requerida. La dosis UV requerida para la desinfección depende del nivel de desinfección deseado y del microorganismo patógeno particular que se desea inactivar. Los estudios de dosificación UV deberían utilizar métodos verificados de acuerdo con un protocolo procedente de un organismo independiente como por ejemplo el UV Design Guidance Manual de la US EPA (USEPA, 2006).

La tabla 1 proporciona un sumario de los estudios más influyentes de la dosis UV que inactiva el 99,9% de un microorganismo patógeno determinado.



Equipo UV Wedeco en canal abierto de la serie TAK

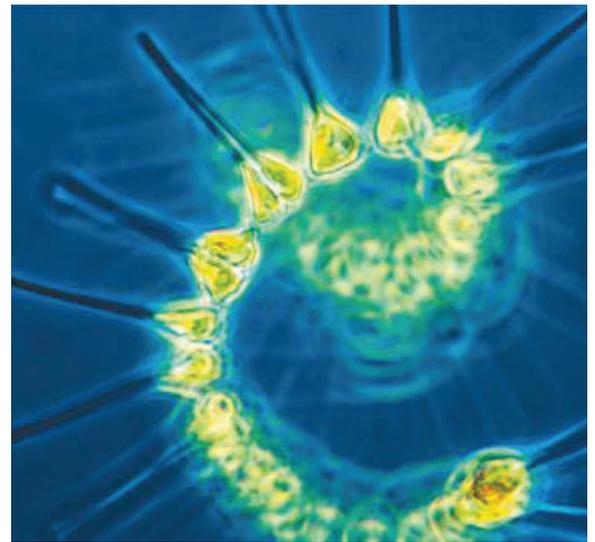
**Tabla 1 (sigue):** Sensibilidad a la luz UV de una selección de microorganismos patógenos para los peces

Virus (continúa)		
Infectious pancreatic necrosis virus	337, 246, 150-, 122, 119, 100-	Liltved et al., 2006; Yoshimizu et al., 1990; Yoshimizu et al., 1986; Liltved et al., 1995; Oye & Rimstad, 2001; Yoshimizu et al., 2005
Infectious salmon anaemia virus	7.5, 7.2, 5.1, 3.3	Liltved et al., 2006; Oye & Rimstad, 2001; Oye & Rimstad, 2001; Oye & Rimstad, 2001
Japanese flounder lymphocystis disease virus	100-	Yoshimizu et al., 2005
Koi herpesvirus	4.0Δ	Kasai et al., 2005
Oncorhynchus masou virus	≤3.0-, 2.0-, 1.0-	Yoshimizu et al., 1986; Yoshimizu et al., 1990; Yoshimizu et al., 2005
Pike fry virus	1.0-	Yoshimizu et al., 2005
Sea bass neuropathy nodavirus	211	Frerichs et al., 2000
Spring viremia of carp virus	1.0-	Yoshimizu et al., 2005
Viral hemorrhagic septicaemia virus	7.9, 3.1	Oye & Rimstad, 2001; Oye & Rimstad, 2001
++ = 5 log (99.999%); + = 4 log (99.99%); - = 2 log (99%); ~ = absence of microscopic lesions, myxospores, and parasite DNA detected by qPCR; ^ = 99.83-100%; # = "inhibited growth"; Δ = "100% plaque reduction"		

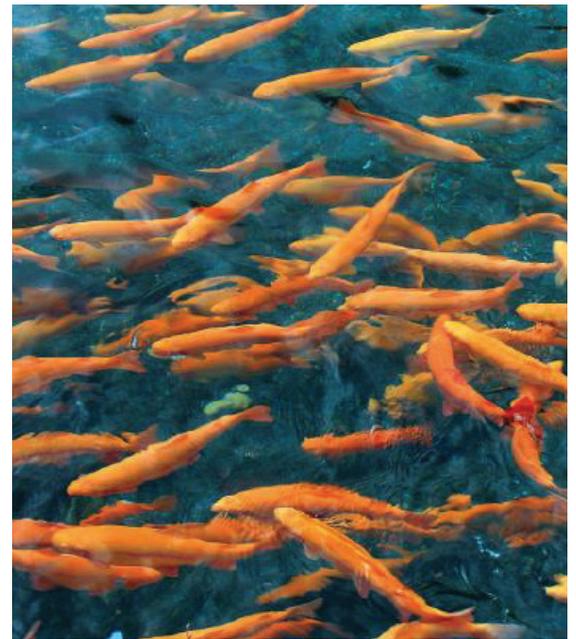
Los resultados de la Tabla 1 también muestran que hay un amplio rango de sensibilidades a la luz UV entre distintos microorganismos patógenos.

En general, las bacterias son más sensibles (más fáciles de inactivar) que los virus y protozoos, mientras que los hongos son los menos sensibles (más difíciles de inactivar). La variación observada en la sensibilidad UV es principalmente debida a los métodos utilizados para estudiar la inactivación de los microorganismos patógenos y al propio tipo de microorganismo patógeno. Las últimas dos décadas de investigación en la sensibilidad a la luz UV de los microorganismos patógenos para los peces han ayudado enormemente a mejorar la aplicación de la luz UV para operaciones de desinfección en la industria de la acuicultura. Actualmente, los equipos UV pueden diseñarse a medida para proporcionar una dosis UV que permita inactivar más del 99,9% de la población de un microorganismo patógeno determinado.

Ensayar un equipo UV para la inactivación de cada uno de los microorganismos patógenos para los peces sería demasiado costoso y demandaría mucho tiempo para ser viable. Con esto en mente, los científicos noruegos y los responsables políticos seleccionaron dos patógenos que sirvieran de microorganismos modelo para el desarrollo de las medidas de bioseguridad nacionales. Si existe evidencia de que estos microorganismos modelo han sido inactivados, es probable que patógenos similares hayan sido también inactivados en la misma medida. Para la selección de los microorganismos modelo, se consideró la frecuencia y la severidad de las enfermedades causadas por estos patógenos y otros similares. Los equipos UV aptos para inactivar el 99,9% de los microorganismos modelo se certifican como seguros para su utilización en la industria de la acuicultura.



Vista microscópica de una bacteria



Los microorganismos modelo seleccionados por las autoridades noruegas para evaluar la dosis UV necesaria para proteger la población de peces son *Aeromonas salmonicida* y el virus ISA.

El requerimiento mínimo de desinfección es una inactivación de 3 log (99,9%) de unos de estos microorganismos modelo. Cualquier equipo UV ofrecido a la industria de acuicultura noruega debe acreditar su habilidad de desinfectar el agua alcanzando este requerimiento de desinfección y superar además el proceso de aprobación establecido por el Norwegian Veterinary Institute (NVI).

### El papel de Xylem relacionado con la bioseguridad en la industria de la acuicultura

En Xylem estamos comprometidos con la seguridad y el éxito de la industria de la acuicultura a través de nuestra amplia gama de equipos de desinfección mediante luz UV. Con el objetivo de ofrecer soluciones rentables y basadas

en la ciencia, hemos aprovechado la información disponible de sensibilidad UV de microorganismos patógenos para los peces para diseñar los mejores equipos de desinfección UV destinados a la industria de la acuicultura. Nuestros equipos de la marca WEDECO de las series Spektron, LBX, Quadron y Duron están certificados por el Norwegian Veterinary Institute (NVI) y la nueva serie Acton PE, que ofrece reactores construidos en polietileno de alta densidad, dispone de una certificación provisional a la espera de obtener la definitiva. Estas y otras series de equipos de desinfección UV de nuestra marca WEDECO, como los equipos en canal abierto de la serie TAK, han sido también validadas por la normativa industrial German Association of Gas and Water (DVGW), el manual de orientación para la desinfección UV (UVDGM) y el US National Water Research Institute (NWRI), confirmando la elevada calidad de la gama de equipos de desinfección UV que ofrecemos al mercado.



Serie	Duron	Acton PE	Spektron	LBX	Quadron
<b>Transmitancia UV y caudal</b>					
Rango de transmitancia UV en % (1 cm)	20% a >80%	>70%		35% a > 80%	≥ 65%
Caudal máximo (m³/h) *	>750	829	6.023	2.120	4.100

<b>Lámparas UV, sistemas de monitorización y certificaciones</b>					
Tecnología de lámpara	Ecoray® Lámpara UV de baja presión				Multiray™ Lámpara de luz UV de media presión
Potencia por nominal por lámpara (W)	600	350 y 600	50 a 600	70 y 290	6.000
Número de lámparas por módulo o reactor	12 a 20 (en 2 filas escalonadas por módulo)	1 a 6 (por reactor)	1 a 60 (por reactor)	3 a 60 (por reactor)	3 a 5 (por reactor)
Vida útil de la lámpara (horas)	14.000				8.000
Certificaciones	NVI, UVDGM de USEPA, NWRI y DVGW	NVI en tramitación	NVI, UVDGM de USEPA, DVGW y ÖNORM	UVDGM de USEPA y NWRI	NVI, UVDGM de USEPA, DVGW y ÖNORM
Monitorización Individual Lámpara	Germicida de conformidad con ÖNORM				

**Tabla 2:** Capacidades de caudal y acreditaciones de algunas de las series de equipos de desinfección UV de la marca WEDECO aptas para su utilización en acuicultura

Los equipos de desinfección UV de Xylem están instalados por todo el mundo para satisfacer la demanda relacionada con aplicaciones de agua potable, agua de proceso y agua residual. Nuestros equipos sirven a la industria de la acuicultura con la tecnología más actual, una calidad que ha sido reconocida por organismos reguladores y certificadores de todo el mundo e incorporando también la certificación del Norwegian Veterinary Institute (NVI). Desde Xylem estamos continuamente trabajando con clientes, organismos reguladores e institutos de investigación para refinar nuestra habilidad de tratar los distintos microorganismos patógenos que amenazan a la industria de la acuicultura.

#### Aprender más

Si quiere aprender más acerca de cómo Xylem puede resolver sus desafíos relacionados con la industria de la acuicultura, por favor visite:

[www.xyleminc.com/aquaculture](http://www.xyleminc.com/aquaculture)

## Fuentes

- Frerichs, G.; Tweedie, A.; Starkey, W.; Richards, R. 2000. Temperature, pH and electrolyte sensitivity, and heat, UV and disinfectant inactivation of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) neuropathy nodavirus. *Aquaculture*. 185, 13-24.
- Hastings, T.; Olivier, G.; Cusack, R.; Bricknell, I.; Nylund, A.; Binde, M.; Munro, P.; Allan, C. 1999. Infectious salmon anaemia. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 19, 286-288.
- Hedrick, R.; McDowell, T.; Mukkatira, K.; MacConnell, E.; Petri, B. 2008. Effects of freezing, drying, ultraviolet irradiation, chlorine, and quaternary ammonium treatments on the infectivity of myxospores of *Myxobolus cerebralis* for *Tubifex tubifex*. *Journal of Aquatic Animal Health*. 20, 116-125.
- Hedrick, R.; Petri, B.; McDowell, T.; Mukkatira, K.; Sealey, L. 2007. Evaluation of a range of doses of ultraviolet irradiation to inactivate waterborne actinospore stages of *Myxobolus cerebralis*. *Disease of Aquatic Organisms*. 74, 113-118.
- Kasai, H.; Muto, Y.; Yoshimizu, M. 2005. Virucidal effects of ultraviolet, heat treatment and disinfectants against Koi Herpesvirus (KHV). *Fish Pathology*. 40, 137-138.
- Kasai, H.; Yoshimizu, M.; Ezura, Y. 2002. Disinfection of water for aquaculture. *Fish Science*. 68 (Supp. I), 821-824.
- Liltved, H.; Landfald, B.; 1996. Influence of liquid holding recovery and photoreactivation on survival of ultraviolet-irradiated fish pathogenic bacteria. *Water Research* 30, 1109-1114.
- Liltved, H.; Hektoen, H.; Efraimsen, H. 1995. Inactivation of bacterial and viral fish pathogens by ozonation or UV irradiation in water of different salinity. *Aquaculture Eng.* 12, 107-122.
- Liltved, H.; Vogelsang, C.; Modahl, I.; Dannevig, B. 2006. High resistance of fish pathogenic viruses to UV irradiation and ozonated seawater. 34, 72-82.
- Nylund, A.; Kvenseth, A.; Krossoy, B.; Hodneland, K. 1997. Replication of the infectious salmon anaemia virus (ISAV) in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*. 20, 275-279.
- Oye, A.; Rimstad, E. 2001. Inactivation of infectious salmon anaemia virus, viral haemorrhagic septicaemia virus, and infectious pancreatic necrosis virus in water using UVC irradiation. *Disease of Aquatic Organisms*. 48, 1-5.
- US Environmental Protection Agency. UV Disinfection Guidance Manual for the Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule. EPA 815-R-06-007. Washington: USEPA, 2006.
- Yoshimizu, M.; Takizawa, H.; Kimura, T. 1986. UV Susceptibility of some fish pathogenic viruses. *Fish Pathology*. 21, 47-52. (In Japanese with English abstract.)
- Yoshimizu, M. Takizawa, H. Manabu, S.; Kataoka, H.; Kugo, T.; Kimura, T. Disinfectant effects of ultraviolet irradiation in hatchery water supply. In: Hirano, R., Haoyu, I. (Eds.) *The Second Asian Fisheries Forum 1990*. Manila: Asian Fisheries Society. Manila, pp. 643-646.
- Yoshimizu, M.; Sami, M.; Kohara, M.; Yamazaki, T.; Kimura, T. 1991. Detection of IHNV in hatchery water by molecular filtration method and effectiveness of UV irradiation on IHNV infectivity. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 57, 555-560.
- Yoshimizu, M.; Yoshinaka, T.; Hatori, S.; Kasai, H. 2005. Survivability of fish pathogenic viruses in environmental water, and inactivation of fish viruses. *Bulletin of Fish Research Agency*. Supplement 2, 47-54.



Xylem Water Solutions España, S.L.U.  
Belfast, 25 P.I. Las Mercedes  
28022 Madrid  
España  
Tel. (+34) 913 297 899  
e-mail: [spain@xylem.com](mailto:spain@xylem.com)  
web: [www.xylem.com/es-es](http://www.xylem.com/es-es)