

## Iniciativas para alcanzar una economía circular

Página 10

Foto: Semberplast

**Recuperación de fondos:  
Un nuevo reto para la  
salmonicultura**

Página 20

**Entrevista a Pilar Parada,  
gerente general de Franhofer  
Chile Research**

Página 24

**Desarrollarán primer  
proyecto acuapónico  
comercial en Chile**

Página 26

**I+D: Análisis genéticos para  
detectar truchas arcoíris  
escapadas de cultivo**

Página 46

#### CASA MATRIZ

Norsk Fiskeoppdrett AS  
POBox 4084, Sandviken  
5835 Bergen, Noruega  
Teléfono: (+47) 55 54 13 00

EDITOR GENERAL Gustav-Erik Blaalid  
gustav@kyst.no (+47) 9163 9142

#### CHILE

Salmonxpert SPA  
Av. Juan Soler Manfredini #41,  
Oficina 1003  
Torre Costanera  
Puerto Montt  
Teléfono: (+56) 65 234 9324

EDITOR EJECUTIVO Erich Guerrero Geisse  
erich@salmonexpert.cl (+56) 9 5689 5259

EDITORA REVISTA & WEB Daniella Balin Fürst  
daniella@salmonexpert.cl (+56) 9 9250 1766

REDACTOR TÉCNICO Francisco Soto Silva  
francisco@salmonexpert.cl (+56) 9 9700 2819

RESPONSABLE WEB Jonathan Garcés  
jonathan@salmonexpert.cl (+56) 9 7182 3456

PERIODISTA Karla Faúndez  
karla@salmonexpert.cl (+56) 9 9575 0328

DISEÑADOR Said Kalil Cull  
said@salmonexpert.cl (+56) 9 3032 5091  
DISEÑADORA Evelyn Charles Gutiérrez  
evelyn@salmonexpert.cl (+56) 9 9024 4613

KEY ACCOUNT MANAGER Cristian Sepúlveda  
cristian@salmonexpert.cl (+56) 9 5689 5309

ASISTENTE COMERCIAL Marialba Coquis  
marialba@salmonexpert.cl (+56) 9 6902 6931

REINO UNIDO  
EDITOR REVISTA & WEB Gareth Moore  
gareth@fishfarmingexpert.com

NORUEGA  
EDITOR REVISTA Pål Mugaas Jensen  
palmj@kyst.no (+47) 9828 3345

GERENTE DE VENTAS Laila Indrebø  
laila@kyst.no (+47) 9011 1558

ELABORADA POR Salmonxpert SPA  
IMPRESA EN Trama Impresores S.A.  
SUSCRIPCIÓN 2019 \$ 55.000 + IVA

© Salmonxpert SpA. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación periódica, por cualquier medio o procedimiento, sin para ello contar con la autorización previa, expresa y por escrito del editor. Toda forma de utilización no autorizada será perseguida de acuerdo a la ley. Los artículos, así como su contenido, su estilo y las opiniones expresadas en ellos, son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de Salmonxpert SpA.

## Editorial

Cuando el entorno se vuelve el centro 7

## Opinión

Finanzas sostenibles: una tendencia que llegó para quedarse 9

## Actualidad

¿Cómo disminuir los residuos que genera la industria acuícola? 10

MOWI Chile implementó nuevo proyecto de reciclaje en Aysén 16

Multiexport Foods disminuye en un 40% envíos de residuos a relleno sanitario 18

Recuperación de fondos: Un nuevo reto para la salmonicultura 20

Envirotek, nueva tecnología para gestionar sedimentos salmonicultores 24

Desarrollarán primer proyecto acuapónico comercial en Chile 26

Selección de bacterias resistentes a los antimicrobianos en el entorno salmonicultor: ¿mito o realidad? 28

## Aprendiendo Acuicultura

Capítulo 8: Tecnologías disponibles para RAS Parte 1 34

## I+D+i

Análisis genéticos para detectar truchas arcoíris escapadas de cultivo 46

Aplicación del ultrasonido para evitar la formación de *biofilm* en la acuicultura chilena 50

## Jóvenes Profesionales

Carolina López, encargada de comunicaciones en Cermaq 58

## Exportaciones & Mercados

## Productos & Personas

Marel: Nuevo escáner de control de calidad para filetes de salmón 62

Nils: Subsea-tech, nueva gama de vehículos marinos telecomandados (ROV) 62

## Resumen

Tecnología verde e inocua para el ecosistema es la premisa que prima a la hora de buscar soluciones a algunas problemáticas que envuelven al sector salmonicultor. Comúnmente, el *biofilm* es contrarrestado con químicos y lavados mecánicos extremos, lo que no es precisamente una solución amigable con el medio ambiente. Sin embargo, lograr controlar el *biofilm* con métodos limpios y sustentables es posible gracias al ultrasonido. Esta es una tecnología que previene la formación del *biofilm* como resultado de la emisión de ondas de ultrasonido que viajan a través de un medio acuoso y que impiden la formación del sustrato o campo fértil en donde se alojan las bacterias que posteriormente forman el *biofilm*, base de toda incrustación futura. Entre las aplicaciones efectivas de esta innovación en el sector industrial internacional, se han registrado soluciones en limpieza de tuberías, evitando el taponamiento y colonización de bacterias al interior de éstas, control de bacterias en estanques de agua para procesos productivos, mantenimiento de sistemas de refrigeración en barcos y plantas generadoras de energía, control de *biofouling* en estructuras flotantes, cascos de embarcaciones de marinas comerciales y de guerra, control de corrosión de tuberías en pozos, entre otros.



# Aplicación del ultrasonido para evitar la formación de *biofilm* en la acuicultura

Christian Fuentes Vera  
Investments And Developments Nils Int Ltd, Puerto Montt, Chile  
ca.fuentes@nils.cl

## Introducción

De manera permanente nos mantenemos en contacto con los llamados “*biofilm*”, ya que se encuentran en todas partes, en la placa dental, en el sarro del WC, en la ducha o bien, en el limo que crece en pozas de agua y estanques, sobre las rocas de las riveras de cursos de agua, incrustaciones en los cascos de barcos y estructuras flotantes, redes, flotadores, tuberías, en fin, la lista es extensa.

## ¿Qué es el *biofilm*?

Una biopelícula o *biofilm* es un ecosistema microbiano organizado, conformado por uno o varios microorganismos asociados a una superficie viva o inerte, con características funcionales y estructuras complejas. Este tipo de conformación microbiana ocurre cuando las células planctónicas se adhieren a una superficie o sustrato, formando una comunidad, que se caracteriza por la excreción de una matriz extracelular adhesiva protectora.

Una biopelícula puede contener aproximadamente un 15% de células y un 85% de matriz extracelular. Esta matriz generalmente está formada de expolisacáridos, que forman canales por donde circula agua, enzimas, nutrientes y residuos. Allí las células establecen relaciones y dependencias: viven, cooperan y se comunican a través de señales químicas que regulan la expresión de genes de manera diferente en las distintas partes de la comunidad, como un tejido en un organismo multicelular. Además, las bacterias hacen cambios importantes en su estructura y metabolismo para adaptarse al *biofilm* (Imagen 1).

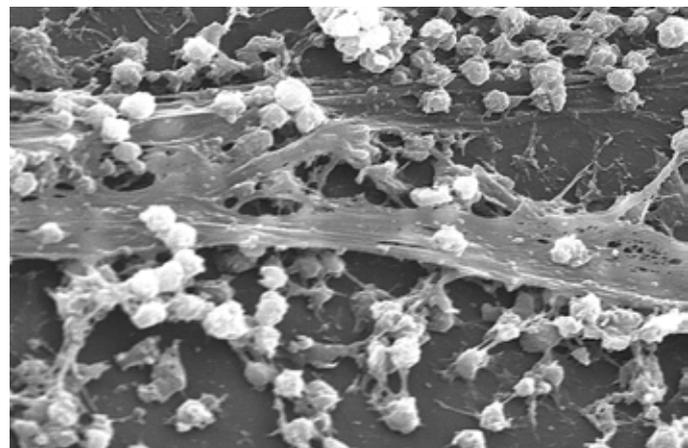


Imagen 1. Imagen microscópica de un biofilm. Fuente: Harsonic.

Los *biofilms* se desarrollan en cinco etapas (Imagen 2):

**Etapa 1:** las bacterias planctónicas (flotantes libres) se adhieren a la superficie.

**Etapa 2:** Las células se multiplican, forman micro colonias y excretan sustancias poliméricas extracelulares (EPS), es decir, limo. La adhesión se vuelve irreversible.

**Etapa 3:** Se forma una biopelícula, comienza la maduración y las células forman agrupaciones multicapas.

**Etapa 4:** Crecimiento tridimensional y mayor maduración de la biopelícula, proporcionando protección al huésped contra los mecanismos de defensa y antibióticos.

**Etapa 5:** La biopelícula alcanza una masa crítica y dispersa las bacterias planctónicas, listas para colonizar otras superficies.

### ¿Cómo se genera el *biofilm*?

Existen diversos mecanismos para la formación de *biofilm*. Uno de ellos puede ser a través de contaminantes en el agua que circula, por ejemplo, en tuberías, ya que a menudo contiene sales (cloro, sulfatos y carbonatos), gases disueltos (oxígeno y dióxido de carbono) e iones metálicos (hierro y manganeso). La presencia de estos elementos puede causar una serie de problemas como incrustaciones, formación de piedra caliza, corrosión y crecimiento biológico.

Otra forma es mediante el establecimiento de bacterias y otros microorganismos patógenos que están presentes en todo el medio ambiente. En la acuicultura, los *biofilms* se pueden encontrar a menudo en el agua de proceso. Cuando ésta contiene un sistema de recirculación abierto, los microorganismos pueden extenderse del aire al agua y pueden multiplicarse rápidamente cuando hay un sustrato complementado con condiciones o factores ideales. Ejemplos de estos factores son el pH, la temperatura, la concentración de oxígeno y los nutrientes. El contenido de nutrientes en el agua aumenta debido a la evaporación de la misma. Las fugas de proceso y el uso del agua también pueden hacer que aumente

el contenido de nutrientes. Un mayor contenido de nutrientes puede causar problemas.

Cuando se produce un crecimiento microbiano significativo, se forma una capa de lodo. Esta capa de limo contiene materia orgánica e inorgánica. Algunos microorganismos excretan polímeros, que pueden formar una red similar a un gel alrededor de las células después de que se lleva a cabo la hidrólisis.



Imagen 2: Distintas etapas de formación de un biofilm de *Pseudomonas aeruginosa*. Fuente: Harsonic.

### Estructura del *biofilm*: 45°C Biofouling en agua ultra pura

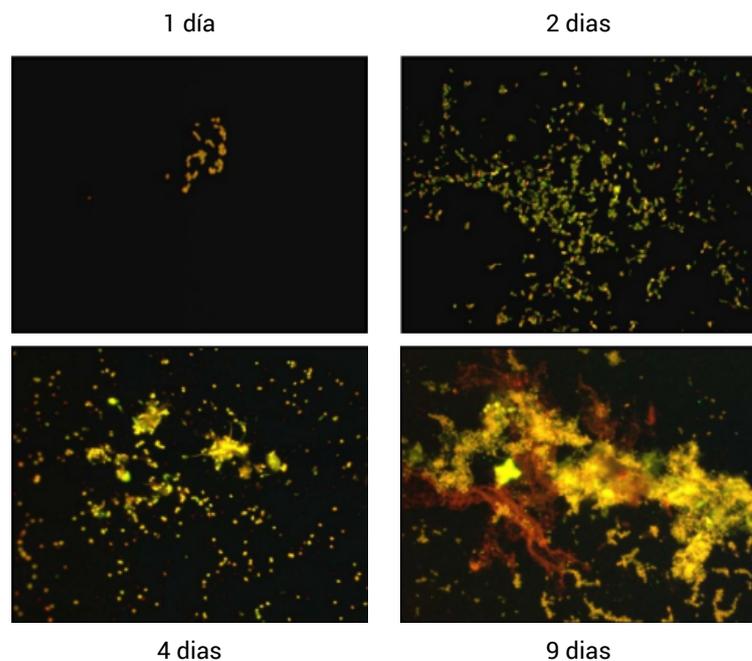


Imagen 3: Representación en imágenes de la evolución de un biofilm desde el día 1 al 9. Fuente: Harsonic.

Como resultado de la formación de biopelículas, los microorganismos pueden adherirse a las capas superficiales. Esta capa permite que los microorganismos ya no se eliminen y se protejan de los desinfectantes tóxicos, por consiguiente, la desinfección del agua será mucho más difícil.

### Problemas asociados

El *Biofilm* causa una serie de problemas, que incluyen:

**Contaminación** : proliferación de microorganismos, ensuciamiento y crecimiento biológico, teniendo como consecuencia, por ejemplo, la deficiencia de oxígeno en el sistema y disminución del pH por ácidos orgánicos.

**Taponamientos:** bloqueo de tuberías, filtros y otros, generando una capa de aislamiento en los sistemas.

**Corrosión:** bacterias anaeróbicas forman subproductos de sulfuro que son corrosivos.

costosa. Sin embargo, estos métodos de limpieza no son permanentes, de manera que a menudo deben repetirse.

Los filtros son necesarios en todas las aplicaciones industriales, cubriendo una gran variedad de aplicaciones y con desafíos que surgen constantemente. La reducción de caudal por el crecimiento orgánico (*biofilm*) en las paredes de los elementos filtrantes y los bloqueos de tuberías son sólo dos de las varias consecuencias posibles. Todo conduce a costosos procedimientos de limpieza e incluso a potenciales fallas del sistema.

En los estanques y otros depósitos de agua el crecimiento orgánico a menudo se produce junto con problemas habituales como el limo, los carbonatos y el óxido. Esto conduce a reducciones en la calidad de los productos finales o altos costos debido a la limpieza y / o procesos de filtrado complejos.

Las tuberías de transporte de agua de procesos pueden ver su diámetro interno reducido debido a la formación de incrustaciones de diferentes sales que precipitan en su interior como también de materia orgánica (algas, moluscos). Este problema causa considerables gastos de limpieza mecánica (*pigging*) que requieren de tiempos de parada de producción.

### Ultrasonido

El ultrasonido consiste en ondas acústicas cuya frecuencia está por encima de la capacidad de audición del oído humano. Para su aplicación en terreno, consta de una caja electrónica diseñada y programada para emitir pulsos de sonido en una frecuencia entre los 20 kHz y 2 MHz, cuya amplitud e intensidad son reguladas por un controlador según el desafío en particular a solucionar.

Las señales emitidas son canalizadas a través de transductores de acero inoxidable que al ser dispuestos en la dirección correcta o en la base y superficie a tratar, expulsa las ondas hacia el medio objetivo generando un bombardeo de ondas imperceptibles e invisibles que generan una suerte de “cavitación blanda” con el beneficio de una “cavitación dura”.

### Ejemplos de problemas en acuicultura:

- Pisciculturas (sistema abierto y cerrado (RAS)): estanques, piscina de riles, tuberías, filtros, bombas // Algas, microorganismos unicelulares y larvas de hasta 10 días. Coliformes, salmonella, etc.
- Plantas de procesos: pozos, boca tomas, tuberías, estanques de almacenamiento, piscina de riles, intercambiadores de calor, filtros, torres de enfriamiento, etc. // Bacterias, microalgas, algas, taponamiento calcáreo, corrosión.
- Centros de cultivo: Pontones (casco), sistemas de enfriamiento (quillas), jaulas, flotadores, redes, etc.// Moluscos, algas, corrosión.

### Problemas en la salmicultura

Los sistemas de agua o de refrigeración abiertos, así como los cerrados, sufren por el crecimiento de algas y otros materiales orgánicos, que se fijan a todas las superficies que transportan líquidos formando la base sobre la cual se forman todas las incrustaciones, es decir, fosfatos, carbonatos, silicatos, etc. Estos materiales son refractarios y malos conductores térmicos. La reducción que producen en el rendimiento del sistema sólo puede solucionarse con limpieza química o mecánica.

Los enfriadores de placas y los intercambiadores de calor son utilizados en una gran variedad de aplicaciones en todo el mundo. Debido a su función, estos sistemas son muy susceptibles a la formación de *biofilm* y al crecimiento de contaminación biológica adicional, lo que reduce significativamente la capacidad de refrigeración. La limpieza en seco no es de efecto permanente, sólo la limpieza mecánica conduce a los resultados deseados, la cual es muy

En particular en la industria alimentaria, la compleja contaminación bacteriana no siempre puede resolverse con productos químicos. Tuberías, tanques de agua y sistemas de almacenamiento es donde proliferan las bacterias en *biofilms*, tales como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Enterococcon* spp., *Pseudomona* spp., *Legionella* spp., etc., las que tienen mayor resistencia contra detergentes y desinfectantes.

El ultrasonido en combinación con la técnica Harsonic, se utilizan para prevenir y romper el *biofilm* junto a la eliminación del sustrato donde conviven estas bacterias. Con vibraciones ultrasónicas en una amplia gama de frecuencias y ajustado a las frecuencias correctas, las paredes celulares de las bacterias se rompen degradando las enzimas y las cadenas de proteínas presentes. Este método hace posible eliminar las bacterias en las aguas estancadas y, en contraste con los tratamientos químicos, no hay recolonización porque las bacterias han muerto al eliminarse el sustrato y la capa adhesiva. En comparación con otras técnicas el ultrasonido no causa corrosión de las tuberías y no hay ningún efecto colateral ni en sabor ni olor. Tiene como beneficio adicional ser una tecnología inofensiva para plantas, animales y materiales.

En el caso de estructuras flotantes o inmersas en un medio acuoso, la recepción de estas señales acústicas en su superficie evita el adosamiento de

material orgánico e inorgánico (moluscos, algas, corrosión) evitándose así el uso de protección con pinturas *antifouling* o sistemas catódicos.

### Casos de estudio

En el **gráfico 1** se muestra el seguimiento de campo para la variable “Bacterias aeróbicas” dentro de líneas de alimentación de agua para animales (*feeding pipe lines*). El estudio fue realizado en Bélgica bajo un seguimiento de 41 semanas para líneas de PVC de 63 mm y 32 mm respectivamente. Se analizaron líneas usadas con *biofilm* preexistente y líneas nuevas con las mismas características. Se muestran las gráficas comparativas entre sistema con ultrasonido vs sistema sin ultrasonido.

Las barras F1 y F3 muestran el recuento de bacterias (180.000 y 2.700.000) en las líneas de 63 mm nuevas y preexistentes con sistema Harsonic después de 41 semanas. Las barras F5 y F6 muestran los recuentos de bacterias (26.000.000 y 34.000.000) en las líneas de 63 mm nuevas y preexistentes sin sistema de ultrasonido.

Los resultados demuestran una baja importante de la carga bacteriana en las líneas de agua bajo el uso de tratamiento de ultrasonido.

El **gráfico 2** muestra otro estudio en el que se realizó un seguimiento durante 4 años (2011- 2015) al uso de antibióticos en aves en Holanda.

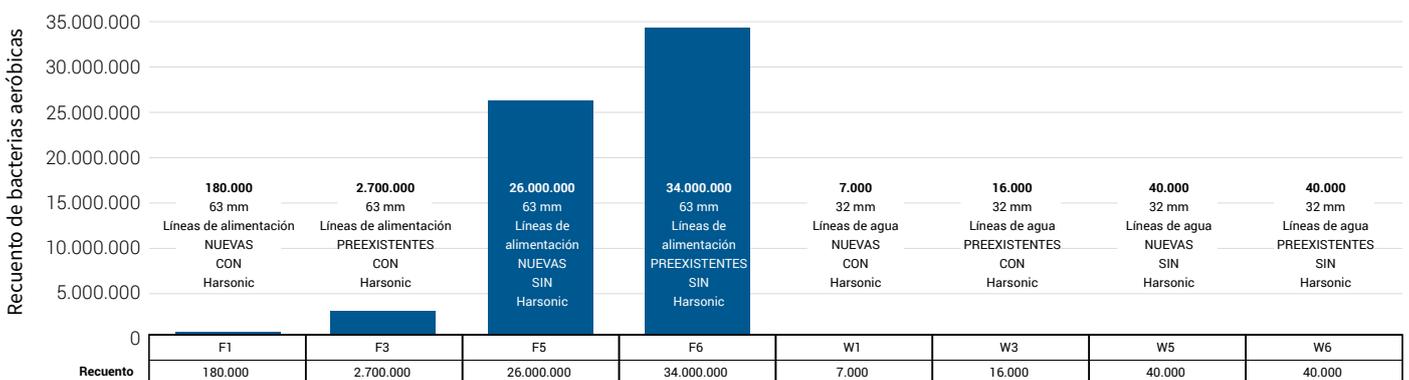


Gráfico 1. Diferencia en el recuento de bacterias aeróbicas en las distintas líneas con y sin aplicación de ultrasonido durante 41 semanas .

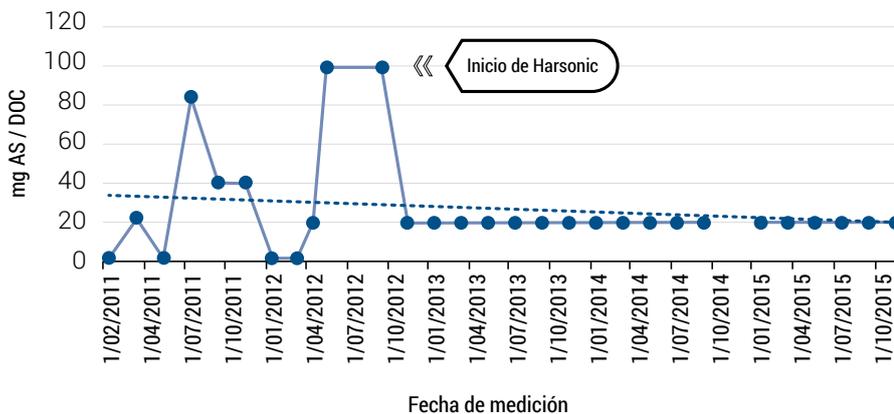


Gráfico 2. Cantidad de antibióticos utilizados antes y después de la incorporación del sistema Harsonic.

Se puede observar que el promedio de incorporación de antibióticos en la dieta de las aves en los años 2011 -2012 fue de 98 mg. Mientras que en los años 2012-2015 el promedio bajó a 19,98 mg consecuentemente a la incorporación del uso del ultrasonido para el control de bacterias al interior de las líneas de alimentación y sin uso de químicos.

### Aplicaciones en la acuicultura chilena

El sistema Harsonic (Imagen 4 y 5) es una tecnología que combina y emite diferentes frecuencias de ultrasonido. Esta herramienta regula la potencia de la señal y monitorea todas las funciones de los transductores, emitiendo de manera permanente ondas que ayudan a controlar la formación de *biofilm* en la superficie donde se coloque sin utilizar productos químicos.

En la acuicultura se puede dar solución, por ejemplo, al adosamiento de materia orgánica e inorgánica a los sistemas de enfriamiento de pontones, prevención de bacterias en estanques de almacenamiento de agua para procesos productivos, control de adosamiento de *biofouling* en redes peceras y loberas, prevención de *fouling* en estructuras flotantes (flotadores y pasillos), control de taponamiento en boca tomas de plantas de proceso, entre otros. Los resultados han sido contundentes logrando controlar problemas de *biofouling* en forma concreta y sostenida.

Dentro de la experiencia y aplicación en la acuicultura chilena, el ultrasonido ha sido aplicado para evitar el *biofouling* en quillas de enfriamiento de un pontón ubicado en la zona de Chiloé. Lo anterior significaba que el sistema debía estar libre de contaminación biológica, ya sea choritos y todo tipo de incrustación, incluida la corrosión.

Se instalaron dos transductores programados para equipos con intercambio de calor. Se hizo un seguimiento por un lapso de seis meses con visitas programadas cada 30 días para evidenciar comportamiento. Se realizaron inspecciones submarinas con equipo ROV para registrar imágenes y videos en distintos tiempos. Dentro de las pruebas se aislaron secciones de las quillas con y sin el sistema de ultrasonido, complementando los test con la energización del sistema completo para evidenciar si los dispositivos además de prevenir el *biofouling* (prevención) podían eliminar el *biofouling* preexistente (tratamiento).



Imagen 4. Sistema Harsonic.



Imagen 5: Sistema Harsonic instalado en terreno.

Dentro de los resultados se pudo establecer pulsos y potencia adecuada según diseño de fabricación del sistema de quillas y comprobar el rango de cobertura de las ondas ultrasónicas por transmisión sin contacto (cobertura sobre casco del pontón).

En la **imagen 6** se aprecian las zonas de la quilla con contaminación a la cual no se le aplicó ultrasonido. Por el contrario, en la **imagen 7** se puede ver el lado de la quilla donde sí se aplicó ultrasonido donde se puede apreciar que no existe incrustación de *fouling*. Cabe destacar que adicionalmente a la protección de quillas se logró proteger el área perimetral del casco sin uso de sistema catódico convencional.

Otras aplicaciones que todavía se encuentran en curso y con resultados prometedores son el control de *biofouling* sobre redes, flotadores de centros de cultivo y control de Caligus.

## Conclusiones

El sistema de prevención del biofilm en base a ultrasonido ha demostrado ser una herramienta altamente capaz para contrarrestar la proliferación del *biofilm* en el sector acuícola, utilizando ondas en una frecuencia de sonido determinada sumado a pulsos controlados que no afectan el ecosistema marino en su conjunto. Esta herramienta colabora con la sustentabilidad del medio y asegura una menor contaminación del entorno al prevenir las habituales limpiezas mecánicas y la correspondiente contaminación colateral de la materia orgánica e inorgánica retirada y que habitualmente contamina los fondos marinos.

La prevención del *biofilm* disminuye la huella de carbono incidiendo en menos paradas de plantas por mantenimiento, menor utilización de herramientas

Imagen 6.



Imagen 7.



contaminantes en limpiezas, hasta un 30% de ahorro de combustible en embarcaciones al aumentar el desplazamiento por eliminación del *biofilm*, disminución en emisión de dióxido de carbono y metales pesados y disminución del uso de pinturas *antifouling* con contenido de biocidas, que para el año 2022 se espera sean prohibidas en Europa (Biocida-EU).

Esta tecnología verde es segura para la salud humana, no genera riesgos ni impacto negativo en el medio en donde se realiza la actividad productiva asociada al cultivo y es segura para la flora y fauna presente. En un futuro se espera que esta tecnología pueda ser también utilizada para dar solución al piojo de mar •

& P. Vera. 1999. Plan nacional sobre floraciones de algas nocivas en Chile, Comit. oceanogr.fico nacional de Chile, 39 pp.

Brusl., J. 1995. The impact of harmful algal blooms on finfish mortality, pathology and toxicology. ReperesOcean N.º10. Ifremer. Francia.

Cañavate, J. & L. Lubinn. 1995. Some aspects on the cryopreservation of microalgae used as food for marine species. Aquaculture, 136:277-290.

Control of blue algae with ultrasound – the effects on fish - Rijnland Research

## Referencias bibliográficas

Ahn,C., M. Park, S. Joung, H. Kim, K. Jang & H. Ho. 2003. Growth inhibition of cyanobacteria by ultrasonic radiation: laboratory and enclosure studies. Environmental Science and Technology, 37: 3031-3037.

Alonso, M. & E. Finn.1987. Física volumen II: Campos y Ondas. Addison-Wesley Iberoamericana S.A., U.S.A., 1032 pp.

Anderson, D., P. Hoagland, Y. Kaoru & A. White. 2000. Estimated Annual Economic Impacts from Harmful Algal Bloom (HABs) in the United States, Technical Report WHOI-2000-11 Woods Hole Oceanographic Institute, Woods Hole, Mass : 1-8 pp.

Anderson, D., P. Andersen, V. Bricelj, J. Cullen & J. Rensel. 2001. Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters. Apec N.º201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore and Intergovernmental Oceanographic Comission Technical Series N.º59, Paris. 268 pp.

Anderson, D. 2009. Approaches to monitoring, control and management of harmful algal blooms (HABs), Ocean & Coastal Management, 52: 342-347.

Assadi, C., V. Tasso & M. Garc.a. 2007. Una revisión del impacto económico de las proliferaciones algales nocivas (PANs) sobre cultivos marinos y estrategias de mitigación. XI congreso Nacional de Acuicultura, Vigo, España: 1-4.

Avaria, S., M. C.ceres, P. Muñoz, S. Palma

salmonexpert 