



**INFORME FINAL**  
**Programa Innova NT06-09**



INNOVA CHILE

**INTRODUCCIÓN AL MERCADO NACIONAL DE METAL FOAM ®**

**Preparado y Presentado por**

**INVERSIONES CADAQUES LIMITADA**

**Santiago, Marzo 2008**

## INDICE

<b>CAPITULO I:</b>	<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO II:</b>	<b>Resultados de las Pruebas</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO III:</b>	<b>Antecedentes Técnicos</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO IV:</b>	<b>La propuesta de Innovación</b>	<b>14</b>
<b>CAPITULO V:</b>	<b>Programa de Ensayos</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO VI:</b>	<b>Difusión de Resultados y Comercialización</b>	<b>20</b>
<b>CAPITULO VII:</b>	<b>Competencia</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO VIII:</b>	<b>Precios</b>	<b>23</b>
<b>CAPITULO IX:</b>	<b>Plan de Marketing</b>	<b>24</b>
<b>CAPITULO X:</b>	<b>Administración</b>	<b>31</b>
<b>CAPITULO XI:</b>	<b>Proyecciones Económicas del Negocio</b>	<b>32</b>
<b>CAPITULO XII:</b>	<b>Sistema de Control y Operación</b>	<b>33</b>
<b>CAPITULO XIII:</b>	<b>Planes de Crecimiento</b>	<b>34</b>
<b>CAPITULO XIV:</b>	<b>Planes Futuros</b>	<b>35</b>
<b>CAPITULO XV:</b>	<b>La Sociedad</b>	<b>36</b>
<b>CAPITULO XVI:</b>	<b>Rendición de Gastos Programa de Ensayos</b>	<b>37</b>
	<b>LISTADO DE REFERENCIAS</b>	<b>41</b>

## CAPITULO I: Resumen Ejecutivo.

La idea de usar Metal Foam® en pisciculturas del salmón es novedosa y surgió luego de efectuar pruebas en la Fundación Chile <sup>1</sup> que demostraron su capacidad para reducir la presencia de bacterias en el agua. En efecto, las pruebas preliminares efectuadas en 2003 probaron que luego de unas pocas horas de filtrado, Metal Foam podía reducir a menos de la décima parte una cantidad conocida de bacterias. A la luz de estos resultados, el Instituto Tecnológico del Salmón (Intesal) propuso la idea de probar también la capacidad de Metal Foam para eliminar los virus y hongos que afectan a la industria del cultivo del salmón<sup>2</sup>. Con el apoyo de la CORFO, entre Septiembre 2005 y Abril 2006 se condujo un programa de investigación con financiamiento Innova (proyecto 205-4395) en los laboratorios de SGS – Aquatic Health <sup>3</sup> siendo los resultados obtenidos muy significativos:

I.- La prueba en laboratorio con bacteria *Flavobacterium Psychrophilum*, muestra que al cabo de 5 horas de circulación a través de 1 disco de MF, las bacterias habían desaparecido.

II.- Las pruebas en laboratorio con virus IPN muestran que al efectuar la medición a las 2 horas de circulación de agua, el virus desapareció bajo la acción de 1 disco de MF.

III.- En una piscicultura experimental de SGS – Aquatic Health <sup>4</sup>, con flujo de agua natural de paso, luego de 30 días de pruebas aproximadamente la mitad de los peces en el estanque de control (sin protección de MF) habían muerto bajo la acción de hongos, en tanto que en otros 3 estanques con MF con 3, 4 y 5 discos puestos en serie, sólo hubo mortandad al final del período en el estanque con 3 discos. Los estanques con 4 y 5 discos no sólo no tuvieron mortalidad sino que su tasa de infección fue muy baja (un pez con infección leve).

Este resultado ha llamado poderosamente la atención a especialistas de la industria: al decir de un ejecutivo de una importante empresa salmonera “nunca antes hemos estado frente a una alternativa tan prometedora como Metal Foam”.

---

<sup>1</sup> Informe Aqua Gestión Noviembre 2003

<sup>2</sup> Carta de patrocinio de Intesal.

<sup>3</sup> Ensayos con *Flavobacterium Psychrophilum* y Virus IPN – Aquatic Health SGS.

<sup>4</sup> Ensayos con *Saprolegnia* - Aquatic Health SGS.

IV.- No se detectaron trazas de metales en el agua en la Piscicultura Experimental de SGS – Aquatic Health aguas abajo de los discos de MF. Se efectuaron además mediciones de trazas de cobre en el hígado, riñón y músculo de peces expuesto durante 30 días a la acción de Metal Foam. Los valores observados representan niveles normales que no alteran o ponen en riesgo el estado sanitario de los peces<sup>5</sup>.

En vista de los buenos resultados y como complemento del programa de investigación de laboratorio, en el mes de Septiembre de 2006 Inversiones Cadaqués Ltda. obtuvo el financiamiento NT06-09 de Innova con un presupuesto no reembolsable de \$49,3 millones. Inversiones Cadaqués Ltda. comprometió por su parte un financiamiento de \$60,5 millones para enterar un presupuesto total de \$109,8 millones. Si bien el total de los montos gastados excedieron la cifra de \$109,8 millones, del programa de gastos financiados por Innova, quedó pendiente un gira comercial al extranjero y otros gastos menores por un monto de \$4,75 millones con lo cual se alcanzó un cumplimiento de 96% del proyecto. Cabe anotar que la gira presupuestada debió posponerse debido a que el proveedor nos solicitó programarla para 2008 y luego propuso que nuestra visita fuese a partir de comienzos de Abril 2008. A pesar de lo anterior, se estima que los objetivos fijados para el programa de pruebas en terreno fueron alcanzados con creces pues la tecnología ya se está aplicando a más de 6 millones de peces y 9 millones de ovas. A su vez se encuentran en curso pruebas tratando las aguas de un total de 500.000 peces y por iniciar pruebas con 3,5 millones de ovas.

La magnitud de los problemas de salud de los peces derivados de bacterias, virus y hongos que enfrenta la industria salmonera son sólo comparables a los problemas ambientales que han surgido del crecimiento de las operaciones productivas, es decir son de gran escala. La industria gastaba (2005) anualmente alrededor de US\$170 millones de recursos en salud para los peces en agua dulce. A pesar de ello, Intesal estima que las pérdidas anuales de la industria del salmón derivadas de enfermedades en agua dulce eran en 2005 del orden de US\$ 90 millones. Además, hay problemas de salud que no están totalmente resueltos – como por ejemplo el ataque de virus. Es interesante agregar que se trata de una industria interesada en probar nuevas tecnologías cuando se trata de disminuir la mortalidad de los peces. Además se trata de una industria bastante abierta en el sentido que si una empresa prueba una solución exitosa, entonces es muy probable que le sigan las demás a corto plazo.

---

<sup>5</sup> Medición trazas de cobre en peces.

Según la Dirección General de Aguas hasta el mes de Enero de 2005 se habían entregado un total de 380.000 m<sup>3</sup>/hora en derechos de agua. Se estima que a Diciembre de 2007, esta cifra alcanzaba a 540.000 m<sup>3</sup>/hora en derechos de aguas entregados a la industria salmonera los que son utilizados por 29 empresas en más de 65 centros de cultivo de alevines. Ver estudio de mercado en página 129.



Las pruebas industriales realizadas desde fines de 2006 y durante 2007 demostraron que técnicamente se requieren del orden de 300 cm<sup>3</sup> para tratar un caudal de 1 m<sup>3</sup> por hora de agua. De modo que para tratar el universo del mercado se requerirían aproximadamente 160 millones de centímetros cúbicos de Metal Foam.

Hasta ahora no hay certeza respecto a la vida útil de Metal Foam pero se estima que ésta podría ser de a lo menos 6 meses. Con lo cual el universo de mercado anual sería de 320 millones de cm<sup>3</sup> de Metal Foam.

Metal Foam es una marca registrada en Chile en tanto que el proceso de tratamiento de aguas en pisciculturas tiene la solicitud de patente de N° 1471-04 en Chile y N° 2.549.299, N/Ref.66 en Canadá.

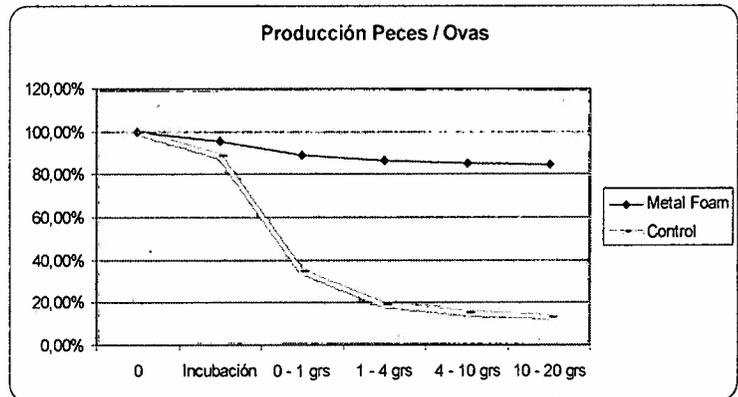
Con fecha 30 de Enero 2008 se constituyó la sociedad Comercial e Industrial Metal Foam Ltda cuyo extracto fue publicado en el Diario Oficial con fecha 8 de Febrero de 2008.

## CAPITULO II: Resultados de las Pruebas

Los resultados de los ensayos en terreno efectuados durante el programa NT06-09 pueden calificarse como ampliamente satisfactorios.

### *Multiexport S.A.*

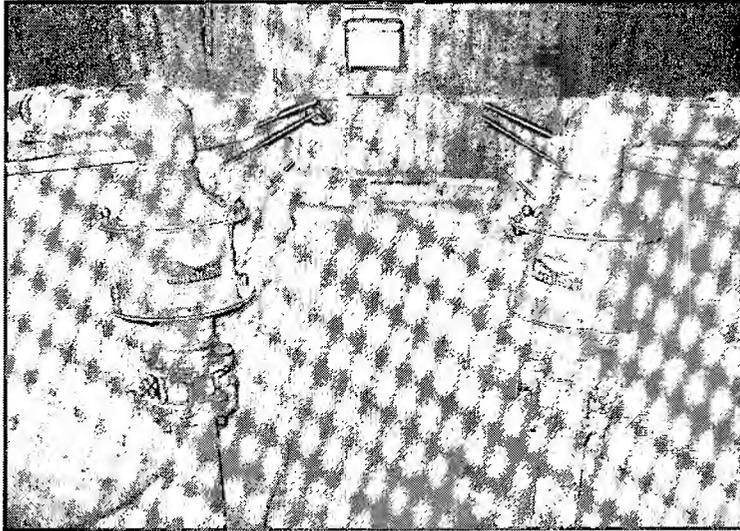
En la Piscicultura Molco de Multiexport S.A. a la fecha se están tratando en régimen industrial 6 millones de alevines en primera alimentación (Sala 1 de 0,1 a 2 grs) y 9 millones de ovas. Para ello se está empleando 48 prototipos MF100 y 21 del modelo MF250. Los resultados observados



son muy satisfactorios ya que se han observado disminuciones en la mortalidad de alevines en primera alimentación desde 80% a 18%. Se estima que una vez que todos los alevines provengan de ovas tratadas con Metal Foam esta mortalidad de 18% se disminuya aún más a un nivel del orden entre 6 – 8%. Por su parte, en la Sala de Incubación del mismo centro de cultivo, luego de aplicar la tecnología en 27 atriles con MF100, se observó una disminución de mortalidad de 12% a alrededor de 2,6% en ovas. Cabe anotar que la cifra de ovas inviables para esta partida es de 2,5%, es decir la mortalidad sería de sólo 0,1%, resultado que tiene más que satisfacer a los ejecutivos de la empresa.

La empresa está evaluando la incorporación de la tecnología a la Sala 3 de dicho Centro (pesos mayores a 7 grs) donde los peces sufren severos problemas de ataques de hongos.

Cabe destacar que antes de efectuar los ensayos con Metal Foam en Molco, la empresa había decidido terminar con su producción de peces de primera alimentación en dicho centro optando por la alternativa bastante más cara de efectuar la primer alimentación en instalaciones de terceros (maquila).



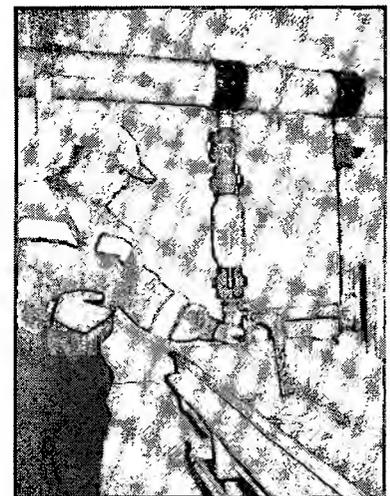
También se efectuaron pruebas con la tecnología en la Sala de Incubación en la Piscicultura de Puerto Fonck. Los resultados fueron muy importantes ya que se disminuyó la mortalidad de ovas en alrededor de un 50%. Actualmente la empresa esta evaluando la decisión de instalar Metal Foam en el total de 10 atriles de la Sala de Incubación de Dicho Centro. En este Centro de cultivo se

hicieron pruebas un estanque de 25 m<sup>3</sup> con 240.000 alevines pero la prueba fracasó pues por tratarse de una piscicultura de recirculación, el agua no es lo suficientemente limpia y los prototipos de Metal Foam se taparon.

En vista de los buenos resultados observados en Loncotraro de Marine Harvest, la empresa decidió iniciar un prueba piloto con Metal Foam en su Centro de Cultivo de peces reproductores Río Negro en Hornopirén. Estas pruebas serán muy relevantes pues sin los resultados son similares a las registradas a la fecha, permitirán reemplazar el uso de agua de mar como herramienta para el combate de los ataques de hongos en los peces. Cabe agregar que la industria está sufriendo severos problemas sanitarios provenientes del uso de agua de mar dentro de los que destaca el enorme problema generado por el virus ISAv en la zona de Chiloé.

#### *Marine Harvest S.A.*

El Centro Loncotraro de Marine Harvest iniciamos en Enero 2008 una prueba en un estanque de 100 m<sup>3</sup> con alrededor de 200 peces reproductores. Este centro es de particular interés para hacer pruebas con Metal Foam pues dispone de 60 estanques de 100 m<sup>3</sup> c/u de 200 peces con batches cada 3 meses, es decir se cultivan 48.000 peces reproductores al año. Cabe anotar que valor de un pez reproductor es del orden de \$600.000. Esta instalación en la IX Región, muy cercana a Molco, sufre también de severos ataques de hongos. Para mitigar este problema, se le



agregan 400 kgs de sal a cada estanque, cinco días a la semana, es decir para combatir los ataques de hongos usan más de 6.000 toneladas de sal al año a un costo del orden de \$600 millones anuales. A pesar de las medidas preventivas, el centro tiene una pérdida del orden de 3-4% en la producción derivado de los ataques de hongos. Al momento de escribir este informe, la prueba con Metal Foam lleva 4 semanas sin señales de peces con infecciones por hongos lo cual ha generado una gran expectativa en la administración de la compañía. Adicional a la disminución de los costos en el uso de sal, se ha observado que la mortalidad de peces del orden de 3-4% ha desaparecido lo cual significa un muy importante aumento en la producción y posiblemente también en la calidad de ovas. Además de lo anterior, la empresa nos ha comunicado que tiene planes de instalar en Loncostraro un Centro de Incubación para 50 millones de ovas pero el problema del ataque de hongos cuestiona la factibilidad de este plan. Los resultados de la prueba con Metal Foam han alentado a la empresa a reflotar nuevamente este plan.

También se efectuó una prueba con 2 prototipos MF100 en la piscicultura Domeyko - una de las más antiguas de la industria, sobre el lago Llanquihue. Luego de 2 meses de pruebas, los resultados observados fueron similares en los estanques con Metal Foam así como en los de control. Presumiblemente, este hecho se originaría en que las ovas ya venían infectadas pues no fueron tratadas con la tecnología. Esta prueba nos permitió establecer la importancia de tratar las ovas también pues la tecnología es una herramienta preventiva y no terapéutica.

#### *Pesquera El Golfo S.A.*

La División Salmones de Pesquera El Golfo está conduciendo pruebas con Metal Foam en las Salas de Incubación en los centros de Quimeyco y Huacamalal. A la fecha los resultados parciales en la Sala de incubación en el Centro Huacamalal son muy alentadores en tanto que en Quimeyco, se están repitiendo los ensayos por un problema de registro de datos.

#### *Pesquera Granja de Mar Tornagaleones S.A.*

Esta empresa tiene un centro de cultivo de recirculación muy moderno, muy cerca del Centro Molco de Multiexport S.A. y aguas arriba del Centro Loncostraro de Marine Harvest. Se enteraron de los buenos resultados observados en Molco y nos solicitaron realizar una prueba en un atril de la sala de incubación. En este centro se utilizan prácticas operacionales distintas a las de Molco basadas en el empleo de silicatos. Luego de 6 semanas de transcurrida la prueba, los resultados del atril en prueba fue igualmente bueno al de control (mortalidad de 2,5%) por lo que decidieron no continuar con la misma. Desgraciadamente, no se decidieron a seguir con la prueba en la etapa de primera alimentación donde la mortalidad para el grupo ha sido inusualmente alta (sobre 70%). La empresa decidió emprender una nueva prueba con el prototipo MF100 esta vez en la Piscicultura en el río Ilma Piscicultura en el camino a Queilen en el sector de Detico en Chiloé.

#### *Aqua Chile S.A.*

AquaChile S.A., la mayor salmoneera del país nos solicitó una prueba con Metal Foam en su piscicultura cerca del Lago Caburga IX Región. Esta piscicultura había registrado mortalidades excesivas razón por cual previo al inicio de la prueba se había realizado una limpieza y desinfección mayor. Como era de esperar luego de esta faena de mantenimiento, la mortalidad disminuyó bastante a una cifra promedio en primera alimentación de 12%. El estanque de 25 m<sup>3</sup> con un prototipo MF250 registró una mortalidad de 10% nivel que según el administrador del centro no justificaría la incorporación de la tecnología. Está por verse si podremos repetir la prueba con metal foam una vez que el centro vuelva a su nivel normal de mortalidad en torno al 80%.

### CAPITULO III: Antecedentes Técnicos

Un aspecto fundamental en los sistemas de cultivo de peces es la purificación de la corriente de agua con el objeto de eliminar los microorganismos perjudiciales para los peces.

El rendimiento productivo de peces depende, entre otros factores, de la nutrición, el manejo productivo y operativo diario, la calidad de la línea genética en uso y en especial, las condiciones de salud de los peces cultivados. Considerando este último punto, cabe mencionar que la industria ha ido otorgando cada vez más importancia a las condiciones sanitarias de los peces en cultivo como un factor determinante del éxito en la productividad y rentabilidad del negocio. Por su parte, se estima que durante 2005 las pérdidas de la industria del salmón derivadas de las condiciones sanitarias en agua dulce fueron del orden de 90 millones de dólares ese año.

En agua dulce una de las principales limitantes productivas en el caso de los alevines del salmón y de la trucha es la alta prevalencia de enfermedades bacterianas como la Flavobacteriosis, la necrosis pancreática provocada por el virus IPN y las enfermedades provocadas por Saprolegnia (hongos). Bajo la expresión Flavobacteriosis se engloba un conjunto de enfermedades producidas por bacterias pertenecientes al género *Flavobacterium*, entre las que destacan *Flavobacterium columnare*, *Flavobacterium branquiphilum* y principalmente *Flavobacterium psychrophilum*.

La *Flavobacterium Psychrophilum* es el agente causante del síndrome del alevín de trucha arco iris (RTFS), el que afecta a alevines de diferentes tallas. La mencionada enfermedad se presenta en países de Europa, Japón, Corea, Australia y Chile. Las mortalidades de los alevines varían desde un 10 a un 70% de los peces afectados. Otro cuadro importante que se presenta en alevines corresponde a la enfermedad bacteriana del agua fría, la cual ha sido responsable de mortalidades por sobre el 85% en peces de cultivo.

Por su parte, el virus de la necrosis pancreática infecciosa (virus IPN) es considerado como el virus de especies salmonídeas más prevalente en el mundo. Es el agente responsable de la necrosis pancreática infecciosa (IPN), enfermedad que es una de las principales patologías a las que se ha visto enfrentada la salmonicultura nacional y mundial en los últimos 10 años. Según datos recientes, los brotes del virus IPN en el país afectaron al 48% del total de las pisciculturas, al 61% de los centros de esmoltificación y al 49% de los centros de engorda en 1999 (FIP 2003) provocando enormes pérdidas al sector.

En lo que se refiere a las enfermedades provocadas por hongos, las micosis de los peces constituyen uno de los aspectos más confusos y menos explorado de la ictiopatología, las cuales producen grandes pérdidas económicas en acuicultura, menores sólo a las pérdidas producidas por bacterias (Meyer, 1991). Las micosis no sólo afectan a la industria de la pesca y acuicultura, en la disminución de la cantidad del producto, sino también por la mala calidad de los individuos infectados, que no son aptos para los tratamientos de conservación.

### **¿Cuál es la necesidad ó problema a solucionar?**

Las enfermedades asociadas a Flavobacterias están relacionadas con las condiciones ambientales desfavorables del agua empleada en los cultivos, tales como el exceso de materia orgánica, un bajo contenido de oxígeno, la sobrepoblación de peces, etc. La capacidad de estas bacterias, virus y hongos de producir enfermedades agudas y crónicas, unido a su presencia como flora normal de agua y del pez, hace que las condiciones adversas descritas favorezcan la presentación de epizootías.

La presencia de Flavobacterias en peces pequeños se encuentra asociada con lesiones en las branquias, en la piel, así como la decoloración de las aletas. La severidad de las lesiones es variable, dando lugar a erosiones de la boca, aletas y pedúnculo caudal. En el caso de cuadros septicémicos, se observa una consistencia friable del bazo e inflamación renal.

El virus IPN causa una infección sistémica aguda en alevines de 1 a 6 meses de edad, pudiendo provocar, incluso, mortalidades acumulativas del orden del 100% de la población afectada. Los peces sobrevivientes permanecen en estado portador de por vida, diseminando el virus por largo tiempo, manteniendo así el virus en el agua (Wolf 1988).

*Saprolegnia parasitica* ha sido reconocida como la principal especie patógena de organismos relacionados con hongos en peces, actuando principalmente como patógeno secundario. *Saprolegnia* no sobrevive en ambientes con alta concentración de sal, por lo tanto, la saprolegniosis no ocurre durante la fase marina ni estuarina, en la migración de salmónidos, considerándose una enfermedad de agua dulce.

La infección por *Saprolegnia* era fácilmente controlada por la aplicación de Verde Malaquita, un colorante que puede ser aplicado sólo o en combinación con otros fungicidas. Este colorante ha sido prohibido en gran parte de los países productores, ya que se le ha atribuido propiedades teratogénicas, volviendo *Saprolegnia* a ser un problema de importancia económica en las pisciculturas.

Actualmente existe una variedad de alternativas para mitigar brotes de éstas y otras enfermedades producidas por bacterias, virus u hongos en los cultivos de los peces de agua dulce, algunas de eficacia más o menos comprobada. Sin embargo, el control de las patologías de agua dulce pasa por implementar programas profilácticos que eviten o disminuyan significativamente la probabilidad de ocurrencia de los factores involucrados en la aparición de una enfermedad. Por ello, es necesario tratar el agua del cultivo de manera de evitar que los patógenos se pongan en contacto con los peces.

En este contexto se ubica la presente invención, la cual se refiere al uso de un sistema de purificación del agua de circulación y recirculación en la planta de cultivo de los alevines y otros peces de agua dulce basado en un filtro tipo esponja de aleación metálica de cobre y plata, conocido como METAL FOAM ®, con el objeto de eliminar bacterias, virus y hongos. Se ha demostrado en laboratorio que el filtro tipo esponja metálica es efectivo en la eliminación de bacterias (en particular *Flavobacterium psychrophylum*), los virus del tipo IPN y hongos en las aguas de las pisciculturas de cultivo de peces de agua dulce.

El Metal Foam ® consiste en una esponja metálica porosa con una superficie específica de alrededor de un 5.000 % comparado con el metal que tiene el mismo peso. Gracias a esta gran superficie expuesta de la aleación de metal, se logra el efecto catalítico muy eficiente de la esponja sobre el desarrollo de las reacciones enzimáticas del metabolismo de los microorganismos patógenos presentes en el agua. Se cree que el mecanismo involucrado en este proceso de purificación del agua consiste en que el metal del filtro actúa como un catalizador de oxidación para el oxígeno que circula a través de este filtro, eliminando las enzimas necesarias para la supervivencia de las bacterias, virus y hongos presentes. Metal Foam es una marca registrada en Chile y el proceso de sanitización de aguas en la industria de piscicultura tiene la solicitud de Patente de Nr. 1471 en Chile y 2.549.299, N/Ref. 66 en Canadá.

Como se ha visto, la presente innovación tecnológica aprovecha las propiedades naturales que tienen los metales de liberar iones en su superficie. Este fenómeno, si bien es ampliamente conocido no estaba suficientemente explicado hasta ahora por los estudios realizados en química de superficies de sólidos por el Dr. Gerhard Ertl, Alemania, Premio Nobel de Química 2007. Como se ve, el fenómeno en el cual se basa la tecnología es en la actualidad de interés científico.

El hecho que la superficie del poro de Metal Foam libere iones  $\text{Cu}^+$  y  $\text{Ag}^+$  fue en algún momento materia de preocupación pues se hacía necesario determinar el alcance de este fenómeno, primero en los peces, en el ambiente y finalmente su efecto en el consumo humano. En Abril de 2007 contratamos un estudio que basado en los datos empíricos obtenidos tanto en el laboratorio como en terreno, pudiera entregar luces sobre estos aspectos. La Dra. Magdalena Araya, del Instituto Tecnológico del Alimento (INTA) de la U. de Chile estudió los antecedentes y preparó el informe que adjuntamos en la referencia de la página 92. Las conclusiones de la Dra. Araya son que las adiciones de cobre al agua no son importantes para la salud de los peces y que si hay acumulación de cobre, este se sitúa en el hígado y riñón y en ningún caso en el músculo (que es el consumo humano). Las cantidades de cobre y plata liberados son tan pequeñas que tampoco se prevén efectos en el medio ambiente. Debemos agregar que la Industria del Salmón también ha manifestado esta preocupación de manera que el estudio de la Dra. Araya ha sido oportuno y de gran utilidad.

## **CAPITULO IV: La Propuesta de Innovación**

### **Resumen Propuesta**

Objetivo General: Desarrollar la tecnología Metal Foam como una herramienta industrial eficaz en la purificación de agua dulce frente a la presencia de bacterias, virus y hongos en el cultivo de alevines.

Objetivos específicos:

- Desarrollar un producto integral que sea práctico para la industria salmonera y que permita sacar provecho de las cualidades purificadoras de la aleación metálica que conforma Metal Foam.
- Introducir Metal Foam en la industria del cultivo de salmones en sus diversas etapas, incluyendo producción de ovas, peces reproductores, piscicultura, engorda, etc.

### **Valor Diferencial del producto**

El valor principal del producto radica en que su acción bactericida, viricida y fungicida, se basa en un principio totalmente natural cual es la acción catalítica del cobre, la plata y otros metales sobre las bacterias, virus y en general patógenos presentes en el flujo de agua. Esta acción natural de los metales ya era conocida por los antiguos griegos quienes observaron que el agua se mantenía pura más tiempo en jarras de plata que en vasijas de greda. El fenómeno lo podemos observar hoy en fuentes y piletas donde se hayan arrojado monedas. Los iones que se desprenden del cobre y la plata las mantienen cristalinas. Este valor diferencial de Metal Foam ya fue demostrado en laboratorios de SGS Aquatic Health y se espera que pueda reemplazar una cantidad significativa de antibióticos, sistemas basados en rayos ultravioletas y ozono, empleo de grandes cantidades de sal, etc. para evitar enfermedades y reducir de manera natural la mortandad en el cultivo de alevines. Además, la tecnología tendrá un lugar muy importante en la reducción también importante de patógenos en los efluentes asociados a la industria del cultivo del salmón que se devuelven a sus cauces naturales. La cuantificación de los atributos de Metal Foam y cómo se comparan con las alternativas que actualmente utilizan las distintas empresas en sus instalaciones no es única pues algunas plantas sufren ataques de hongos, otras tienen problemas de virus, bacterias, etc. En la sección Ventajas Operacionales del Capítulo VIII, se hace una estimación de los costos comparativos de Metal Foam vs. las prácticas sanitarias preventivas actuales.

## **CAPITULO V: Programa de Ensayos**

### **Ensayos y estudios en laboratorios**

Luego de la etapa desarrollada en la Fundación Chile, por medio de un programa de aportes no reembolsable de Innova (Proyecto 205-4395) entre los meses de Septiembre 2005 y Abril 2006 se condujeron ensayos en SGS – Aquatic Health cuyos resultados se presentan en las referencias. Estos ensayos consistieron en someter discos de 50 mm de diámetro y 20 mm de espesor a cargas conocidas de virus IPN, flavo bacterias y hongos (saprolegnia). En resumen, los resultados observados son:

I.- La prueba en laboratorio con bacteria (*Flavobacterium psychrophylum*), muestra que al cabo de 5 horas de circulación a través de 1 disco de MF, las bacterias habían desaparecido. Con seguridad el efecto será más rápido al aumentar el número de discos.

II.- Las pruebas en laboratorio con virus IPN muestran que luego de 2 horas de circulación de agua con virus, éste desapareció bajo la acción de 1 disco de MF. Igual que en el caso de las pruebas con bacterias, con seguridad que al aumentar el número de discos, el efecto viricida será aún más rápido.

III.- Luego de 30 días de pruebas en la Piscicultura Experimental de Chiquihue, con flujo de agua natural de paso, arrojó que un 46% de los peces en el estanque de control (sin protección de MF) se murieron víctimas de saprolegnia (hongos), en tanto que en estanques con 3 discos de MF, sólo hubo mortandad tardía. Los estanques con 4 y 5 discos no sólo no tuvieron mortalidad, sino que su tasa de infección fue inferior a 4%.

IV.- No se detectaron trazas de metales en el agua la Piscicultura Experimental de SGS – Aquatic Health.

V. – Se efectuaron mediciones de trazas de cobre en el hígado, riñón y músculo de peces expuesto durante 30 días a la acción de Metal Foam arrojando los siguientes resultados:

<b>Tejidos/Estanques</b>	<b>Estanque Control</b>	<b>Estanque con Metal-Foam</b>
Riñón	2.0 ppm	2.96 ppm
Hígado	84 ppm	142 ppm
Músculo	1.6 ppm	2.1 ppm

Estos valores encontrados al cabo de 30 días de experimentación, en el caso del tejido Renal y muscular representan valores normales que no alteran o ponen en riesgo el estado sanitario de los peces. Los valores encontrados en el hígado, si bien son más altos, este órgano se caracteriza por ser un tejido que acumula estos metabolitos. Se estima que no será un atributo de Metal Foam aumentar de manera significativa el contenido de cobre en peces. Luego de un período promedio de 8 meses, la acumulación de cobre en el pez atribuido a Metal Foam será del orden de 0,01 grs al momento de su cosecha es decir, insignificante. Además, se efectuó un estudio histológico <sup>6</sup> en muestras de ambos estanques y no se observaron diferencias, es decir los peces no adquirieron enfermedades derivadas de este pequeño aumento en la cantidad de cobre.

## **Ensayos en Terreno**

### **Pruebas pilotos**

Los resultados de las pruebas con peces efectuadas en la Piscicultura Experimental de SGS – Aquatic Health, permitieron inferir que hay una masa mínima de MF que es efectiva en la sanitización del agua. En efecto, el estanque con 3 discos mostró una mortalidad de 30% cifra que se compara con la nula mortalidad en los estanques que se utilizaron 4 y 5 discos. Cabe anotar que de estos últimos dos estanques, sólo se observaron 2 peces infectados leves en el de 4 discos.

---

<sup>6</sup> Estudio Histológico

## Pruebas Semi Industriales

A partir del mes de Agosto de 2006 se dio inicio a un programa de pruebas a escala industrial a fin de determinar si las observaciones a nivel de laboratorio pueden escalarse a la industria. A raíz de los exitosos resultados observados en el programa de ensayos de laboratorio financiado por Innova, en Octubre de 2006 se obtuvo la aprobación de un programa de aportes no reembolsable de Innova (Proyecto 06ANT-009)<sup>7</sup>. A la fecha se han realizado pruebas en pisciculturas de la empresa Multiexport en Puerto Fonck, Molco y Río Negro. Las pruebas en Puerto Fonck incluyeron la sala de incubación y pruebas preliminares en un estanque de 25 m<sup>3</sup> con 190.000 peces.

La prueba en la sala de incubación<sup>8</sup> se efectuó en una batea de un total de 60 y su conclusión principal es que no fue necesario el uso de ningún tipo de bactericida, registrando además una menor mortalidad de 37% comparada con la batea de control.

Para la prueba en el estanque de 25 m<sup>3</sup><sup>9</sup> se instaló un difusor doble con seis discos de 160 mm de diámetro por 20 mm de espesor c/u, es decir aproximadamente 200 cm<sup>3</sup> de Metal Foam por m<sup>3</sup> de flujo. Luego de iniciado el llenado del estanque, se tomaron muestras de agua antes y después del Metal Foam. Los resultados según se presenta en la Referencia 8, mostraron una disminución del orden de 64 % de la carga bacteriana. La piscicultura de Puerto Fonck es de recirculación y durante la prueba mostró una importante cantidad de sólidos en suspensión. Debido a ello, la prueba con peces debió suspenderse a la espera de resolver el problema de los sólidos en suspensión que obstruyen el Metal Foam.

En vista de lo anterior, se decidió trasladar el ensayo a la piscicultura de Molco de Multiexport S.A. donde las aguas son más cristalinas.

Entre el 7 de Diciembre de 2006 y el 21 de Enero de 2007 se efectuó la Prueba N°1 con Metal Foam® en un estanque 4x4 de 16,7 m<sup>3</sup> con 248.000 peces. En dicho estanque se registró una mortalidad de 18,7%.

---

<sup>7</sup> Programa Innova 06ANT-009

<sup>8</sup> Pruebas en Sala de Ovas en Piscicultura de Multiexport en Puerto Fonck

<sup>9</sup> Pruebas en Tanque de 25 m<sup>3</sup> en Piscicultura de Multiexport en Puerto Fonck.

Para el mismo período, el estanque de control respectivo mostró una mortalidad de 48,3% (Diferencia: 29,6%) A raíz de este resultado, se decidió efectuar una segunda prueba con un número mayor de estanques que permitiera verificar la validez de la prueba.

Entre el 14 de Abril y el 14 de Julio de 2007 se efectuó la Prueba N°2., esta vez en 7 estanques de 4x4 con un total aproximado de 1.400.000 peces de primera alimentación. Para el período, el promedio de mortalidad en 5 (de 7) estanques informados por la administración del Centro de Molco fue de 26,3%, nivel que se compara muy favorablemente con un promedio de 62,3% registrado en 3 estanques de control (Diferencia: 36,0%). Cabe anotar que esta diferencia de mortalidad representó una menor mortalidad del orden de 500.000 peces en los estanques tratados con Metal Foam® para el período.

Si bien la diferencia de mortalidad observada en estas pruebas preliminares es muy relevante, se estima que el promedio anual para el conjunto de estanques 4x4 en primera alimentación (0,1 a 2 grs) estaba en torno a la cifra del orden de 80%.

Luego de los resultados observados, la Gerencia Técnica de la empresa decidió hacer una última prueba antes de decidir su escalamiento al resto de la sala. En efecto, en Septiembre 2007 se inició una tercera prueba con 3 estanques con 40.000 peces cada uno y tres estanques similares de control. El resultado de esta prueba fue concluyente: luego de un mes, dos de los estanques de control habían perdido el total de los peces y el tercero tenía una pérdida de 50%. Los tres estanques con Metal Foam tuvieron una pérdida de 18% incluida una semana en la que se registró un a pérdida de 10% producto de una falta de mantención de los discos de Metal Foam. Este episodio fue muy importante pues quedó de manifiesto la necesidad de evitar que Metal Foam se vea recubierto por los materiales sólidos contenidos en el agua.

Luego de observar estos resultados, la Dirección de la empresa decidió instalar la tecnología en 27 atriles de un total de 29 de la Sala de Incubación y en 48 estanques 2x2 y 21 estanques de 4x4 tratando el agua de un total de 11 millones de ovas y 6,2 millones de alevines.

De las pruebas indicadas, se puede concluir que la masa mínima segura de Metal Foam es la que corresponde a un pack de 5 discos de 2 cms de espesor. Las pruebas se hicieron con estanques utilizando entre 5 y 8 discos todos de 250 mm de diámetro. No hubo diferencias de resultados apreciables de lo cual se concluyó que 6 discos de 250 mm de diámetro, 20 mm de espesor cada uno ofrecen una protección adecuada para un estanque de 16,7 m<sup>3</sup> con

aproximadamente 200.000 peces. Es decir 300 cm<sup>3</sup> de Metal Foam por cada m<sup>3</sup> de caudal de agua. Los prototipos utilizados tuvieron 250 mm de diámetro lo que da una velocidad de escurrimiento algo inferior a 10 cms/seg y un tiempo de residencia del orden de un segundo.

Otras empresas que han expresado interés en realizar pruebas en sus pisciculturas son AquaChile, Marine Harvest, Pesca Chile, Camanchaca. Esta última desea probar la efectividad de Metal Foam en un estanque con agua salada.

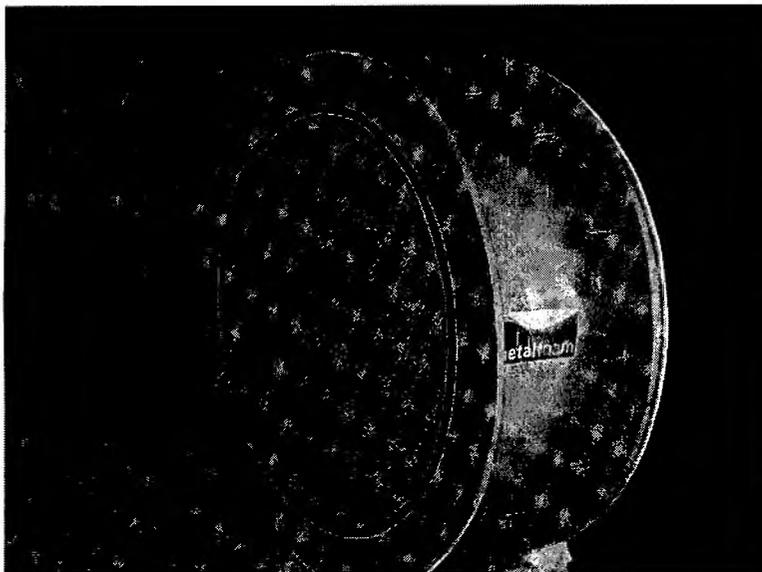
A la fecha se han recibido varias solicitudes y ofrecimientos de instalaciones para conducir estas pruebas para las que se ha establecido el siguiente plan de acción:

1. Selección de Pisciculturas abiertas y con recirculación de aguas.
  - 1.1 Las pisciculturas deben contar con sistema de retención de sólidos.
  - 1.2 Se seleccionarán tanques de control y tanques de pruebas los que deberán ser previamente desinfectados.
  - 1.3 Selección de peces libres de infecciones previas. Se deberán propiciar pruebas con alevines provenientes de ovas cultivadas con protección de Metal Foam (ojalá con ovas verdes sometidas también a Metal Foam).
  - 1.4 Establecimiento de los protocolos de inspección de peces.
  - 1.5 Se determinará la carga bacteriana natural promedio y rangos superiores e inferiores.
  - 1.6 Diseño e instalación del manifold porta Metal Foam.
  - 1.7 Establecer prácticas preventivas de lavado del Metal Foam.
2. Selección de diámetro de los filtros para la unidad experimental.
3. Estadísticas de grado de infección y mortalidad en tanque de control, experimental y el total del centro de cultivo.
4. Establecer la vida útil promedio de Metal Foam.
5. Determinar la cantidad de ahorros en bactericidas, antibióticos, empleo de sal y otros fungicidas.
6. Establecer el nivel cobre en hígado, riñón y músculo en peces al final de la prueba.
7. Evaluación del efecto de Metal Foam en la calidad del producto final. Trazabilidad.

## CAPITULO VI: Difusión de Resultados y Comercialización

1. Preparación y presentación de informe de pruebas a comunidad industrial local.  
Una vez terminado el período de pruebas, Multiexport nos ha solicitado mantener el liderazgo en la aplicación de la tecnología dándola a conocer primero internamente en la empresa y luego presentarla al resto de la industria. Hemos accedido a la solicitud de Multiexport y estamos a la espera de que nos inviten a participar en un seminario interno donde se dará a conocer el logro muy importante alcanzado en la piscicultura de Molco.
2. Publicación en prensa especializada nacional e internacional. En Octubre de 2007 nos reunimos con la editora de la revista especializada AQUA para darle a conocer la innovación. Nos ofrecieron hacer un artículo en el que se explicaría la tecnología y entrevistarían al Gerente Técnico de Multiexport.
3. Diseño y tipología de prototipos de Metal Foam. A la fecha hemos desarrollado 4 prototipos con las siguientes capacidades:

MF100	4,2 m3/hora
MF150	9,5 “
MF250	26,5 “
MF500	106,1 “



4. Diseño de servicios de control sanitario de post venta. Las propias empresas o centros de cultivo tienen muy arraigado los sistemas de control sanitario. El efecto de la tecnología en la salud de los peces ha probado ser muy eficaz especialmente si se mantienen limpios los poros del Metal Foam. Ello ha llevado a que cada centro establezca sus propias prácticas de limpieza y mantenimiento pues con ello se aseguran los buenos resultados.
5. Estudio de otras aplicaciones en la industria, como por ejemplo, en protección de peces reproductores. Esta aplicación es de gran interés y desde que se dispone del prototipo MF500 tiene una gran factibilidad pues las cantidades de agua (y las enfermedades asociadas) que se utilizan para el cultivo peces reproductores es enorme. El ensayo para combatir el ataque de hongos a peces reproductores ha sido muy satisfactorio, eliminando la necesidad de uso de sal.
6. Implementación de canales de distribución de Metal Foam. La experiencia adquirida durante el programa de pruebas industriales ha demostrado que el canal adecuado es entenderse directamente con el más alto nivel ejecutivo de las empresas salmoneras. Esta función es indelegable.

## **CAPITULO VII: Competencia**

Se estima que la competencia directa de Metal Foam, es decir, de otras alternativas similares al concepto, tendrá un retardo dado lo innovadora de la idea. Al respecto vale la pena señalar que en un seminario organizado por la International Copper Association (ICA) durante Junio 2007 se mencionó profusamente las propiedades bactericidas, viricidas y fungicidas del cobre. Cabe destacar que la idea de tratar aguas para el cultivo de peces resultó ser novedosa para dicha audiencia. La estrategia para enfrentar la competencia directa se basa en la solicitud de patente de proceso en curso en la Oficina Nacional de Patentes. Se estima que estas patentes no inhibirán el interés de nuevas compañías en la innovación tecnológica. Esta competencia será encarada con buenos planes de marketing tanto en Chile como en el extranjero, con un producto desarrollado especialmente para la industria y con precios competitivos.

La competencia indirecta a Metal Foam proviene del uso intensivo de antibióticos y vacunas así como aplicaciones con equipos con gas de ozono, rayos ultravioleta y el uso de grandes cantidades de sal. Sin embargo el uso de sal y de equipos es caro, requieren de mantenimiento, energía y acarrear problemas logísticos.

Los administradores de pisciculturas han tenido una reacción muy positiva frente al desempeño de Metal Foam no sólo por su eficiencia en la eliminación de patógenos sino que también por su sencillez de operación. Las pruebas en terreno han sido vitales para establecer estos atributos.

## CAPITULO VIII: Precios

Hemos establecido y la industria parece haber aceptado, un modelo de negocios en el cual ofrecemos el servicio de sanitización de aguas usando alguno de los prototipos de Metal Foam. El precio del servicio se ha establecido en función de la capacidad de tratamiento de agua y en el nivel del desafío a combatir. Este precio se expresa en términos de costo anual que es el plazo mínimo que ofrecemos el servicio y se paga por adelantado. La oferta consiste en que dentro del período de contrato nosotros reemplazamos sin costo los discos de Metal Foam que se hayan dañado, gastado, etc.

La tabla de precios es la siguiente:

MF100	4,2 m <sup>3</sup> /hr.	\$ 800.000 + IVA/año
MF150	9,5 “	\$ 1.700.000 “
MF250	26,5 “	\$ 4.600.000 “
MF500	106,1 “	\$16.400.000 “

## **CAPITULO IX: Plan de Marketing**

### **Transferencia de Tecnología**

El enfoque de servicio permite mantener la propiedad de la tecnología y de esta manera no hay transferencia de tecnología al usuario. El control del número de discos, los discos desgastados, etc., están en nuestro poder. Este enfoque tiene varias ventajas por el lado de no traspasar la tecnología y más bien convertirse en un proveedor de servicio. La industria ha aceptado este enfoque basado en variabilidad de la vida útil de Metal Foam.

La oferta de Metal Foam a la industria salmonera tendrá entonces la forma de un servicio de purificación de aguas en contra posición a una simple venta del producto. La simplicidad de la instalación, operación y mantenimiento, permiten una organización de venta, instalación y postventa relativamente sencilla. Además, un enfoque como el indicado, constituyen una barrera de entrada a posibles alternativas similares.

### **Perfil de la Industria**

La industria de la piscicultura del salmón está conformada por unas 29 empresas que operan alrededor de 80 centros de piscicultura<sup>10</sup>. Estas instalaciones, se encuentran distribuidas principalmente en la Regiones X y XI, otras entre Villarrica y Talca e incluso algunas en la Región Metropolitana. De acuerdo con datos de Dirección General de Aguas, la capacidad total de estas instalaciones expresada en metros cúbicos de derechos de aguas, será del orden de 540.000 m<sup>3</sup> a fines de 2007.

El volumen indicado debe ser renovado o recirculado aproximadamente una vez por hora. Considerando los parámetros de tiempo de residencia mínimo, velocidades de flujo máximo, etc. sobre la base de 540.000 m<sup>3</sup> por hora, se puede estimar que el universo de mercado de Metal Foam sería del orden de 320 millones de cm<sup>3</sup> anuales. Considerando los precios indicados, el universo de mercado en Chile de Metal Foam para el cultivo de alevines en pisciculturas sería del orden de US\$ 60 millones al año con un crecimiento estimado en 5% anual.

---

<sup>10</sup> Derechos de Aguas Industria de la Piscicultura de Salmón y Trucha.

Otra aplicación ligada a la industria del salmón es la producción de ovas (ovas verdes y ovas ojo), la que también se ve afectada por hongos contenidos en el agua de proceso. Se estima que las pérdidas de la industria, por ovas afectadas por hongos, es del orden de US\$ 12 millones en el año. También, los peces reproductores se ven expuestos a la acción de hongos. Las pérdidas de peces reproductores por efectos de los hongos es de un alto costo para la industria. Otras aplicaciones para Metal Foam se encuentran en el tratamiento de aguas que deben ser devueltas a sus cursos naturales. Cabe mencionar también que por razones de contaminación ambiental en los próximos años la industria sufrirá importantes transformaciones estructurales que la llevarán a trasladar sus instalaciones desde lagos a tierra firme. Se estima que Metal Foam podrá tener un rol muy importante en este proceso y como consecuencia verá ampliado fuertemente su mercado ya que los peces estarán confinados en estanques durante toda la etapa de agua dulce. Al respecto ver referencia de página 140.

### **Perfil del Operador**

El comprador o demandante de Metal Foam es el gerente de producción de agua dulce de la empresa quién desea a) disminuir sus costos b) disminuir la mortalidad c) simplificar sus operaciones d) atender las exigencias de su área comercial que recibe señales de los mercados que demandan productos más naturales y e) innovar en sus tecnologías. Establecidas las ventajas de Metal Foam como bactericida, viricida y fungicida y desarrolladas las prácticas operacionales - que son de por sí muy sencillas, se estima que habrá una fuerte demanda por el producto. Sin embargo, no se espera que Metal Foam reemplace el total de los productos y prácticas terapéuticas actualmente utilizadas por la industria del salmón. Más bien, se espera que Metal Foam sea un gran complemento de ellos. Se estima que el porcentaje anual de mercado que se podrá aspirar será de 0, 2, 4, 6, 8 %, etc. Anual (el primer año será de pruebas).

### **Ventajas Económicas**

Los operadores se verán beneficiados de inmediato cuando observen que a las pocas semanas de instalado Metal Foam en sus líneas de producción, se manifiesta una significativa (del orden de 45 a 55%) menor mortandad de alevines empleando menores recursos tales como bactericidas, aplicaciones de sal y otros productos fungicidas, etc. También se esperan reducciones significativas en las pérdidas de peces reproductores las que pueden significar varios cientos de millones de pesos por cada centro.

## **Metal Foam vs. Bactericidas/Fungicidas**

A fin de estimar los costos de usar Metal Foam comparado con las actuales prácticas sanitarias de prevención, se ha tomado como ejemplo un estanque de 25 m<sup>3</sup> el que típicamente tendrá una carga de 190.000 peces tres veces al año.

### **Estanque de 25 m<sup>3</sup>**

Peces: 760.000 / año  
Peso promedio 15 grs  
Costo promedio: US\$ 0,15 /pez  
Costo total anual: US\$ 114.000

### **Costo Tratamientos Actuales**

Tratamiento hongos: Sal c/2 días: \$253.125/ mes ..... \$3.037.500 /año  
Tratamiento bacterias: \$213.750 / mes ..... \$2.565.000 /año  
equiv. US\$ 10.670 /año

### **Pérdidas por enfermedades (a pesar de tratamientos actuales)**

50 % mortalidad US\$ 57.000,/año

**Total: US\$ 67.670 /año**

### **Costo Metal Foam**

Agua de circulación 25 m<sup>3</sup>/hr.....15.000 cm<sup>3</sup> de Metal Foam US\$ 4.500 /año

Mortalidad 17% US\$19.380 /año

**Total: US\$ 22.155 /año**

Es decir en un estanque de 25 m<sup>3</sup>, entre antibióticos, fungicidas y pérdidas de producción, la industria gasta más el doble al año que la alternativa de Metal Foam. Además tendrá una menor mortalidad anual valorada en US\$ 37.620.

## Metal Foam vs. Rayos UV

Evaluación Metal Foam v/s UV con dosis 200  $\mu\text{W/s/cm}^2$  para un caudal: 100 m<sup>3</sup> /hora.

Costo energía 1 año de UV: \$ 4,3 KW \* 24 hr/d \* 365 d/año \* 160 \$/kw-h = \$ 6.000.000

	<b>UV</b>	<b>Metal Foam</b>
Instalación	\$21.000.000	\$ 500.000
Operación Anual	\$ 6.000.000	\$ 9.450.000
Costo energía 1 año	\$ 6.000.000	
Total costos anuales	\$ 12.000.000	\$ 9.450.000
Factor Vida útil UV = 6,5 años		
-----	\$ 78.000.000	\$ 61.245.000

Inversión + Operación en vida útil es el costo total de la alternativa:

Inv.+ Operación =                   **\$ 99.000.000**                   **\$ 61.925.000**

## Necesidades de los Operadores

Durante el período de penetración de mercado, las pisciculturas demandarán Metal Foam para probar su efecto en las condiciones particulares de producción. La instalación se hará individualmente en cada estanque o batea de cultivo. Se han diseñado prototipos en diámetros de 100, 150, 250 y 500 mm los cuales fueron probados con singular éxito.

- Facilidad de instalación (menos de 1 hora c/u).
- Para instalación o mantenimiento no es necesario interrumpir el suministro de agua del resto de la sala (centro).
- El mantenimiento (limpieza) se efectúa en cuestión de minutos.
- Al estar junto al estanque/batea, Metal Foam® protegerá los peces no sólo de los gérmenes que vienen de manera natural en el agua que nutre a la piscicultura sino que también de los que se hayan acumulado en la tubería aguas arriba. También, es esperable que se simplifiquen las faenas de desinfección general permitiendo además una estrategia sanitaria propia de cada estanque.

## **Limitaciones de Metal Foam**

Las pruebas efectuadas en Puerto Fonck demostraron que la vulnerabilidad de Metal Foam está en las partículas en suspensión en el agua. Por ello, y así lo ha aceptado la industria, la aplicación de Metal Foam estará limitada a centros de cultivos con aguas limpias o bien que cuenten con suficiente capacidad de filtrado de partículas. Cabe anotar que esta misma vulnerabilidad la tienen los sistemas de rayos UV. Esta limitante es de poca importancia pues la industria cuenta con tecnología de filtrado conocida y relativamente económica. De hecho, tanto en Molco, Hornopirén, Loncotraro, etc ya cuentan con planes y estudios destinados a dotar las instalaciones de suficiente capacidad de filtrado que permita adoptar la tecnología Metal Foam con rapidéz.

## **Nichos de Mercado**

Las pisciculturas nacionales son sin duda el primer mercado que habrá que desarrollar. Al respecto, será necesario establecer en conjunto las prácticas operacionales que aseguren buenos resultados y sacar provecho de ser la primera industria en el mundo en adoptar una innovación tecnológica natural en el tratamiento de las aguas de proceso. Este es un atributo que los especialistas en el mercadeo del salmón con seguridad sabrán aprovechar.

## **Publicidad y Promoción**

La publicidad y promoción de Metal Foam estará orientada principalmente a publicaciones especialistas. A su vez, deberán encontrarse los canales para hacerle llegar a la comunidad científica nacional los resultados alcanzados en el programa. Por ejemplo, la revista Aqua ya ha comprometido un artículo con el Gerente de Producción de Multiexport, quién dicho sea de paso fue el primer ejecutivo que creyó en la tecnología, y quién describirá la eficacia de la tecnología Metal Foam en el combate de enfermedades provenientes del agua de cultivo. Además, hemos desarrollado una página web [www.metalfoam.cl](http://www.metalfoam.cl) la cual ha mostrado ser un método eficaz para dar a conocer la tecnología. Además, hemos desarrollado un Power Point que ha servido enormemente como presentación. A su vez disponemos de un DVD institucional el que ha servido como elemento de presentación visual de las instalaciones.

## **Logotipos, etiquetas, embalaje**

Para la etapa de pruebas industriales, al cliente se le proveerá Metal Foam instalado. Los discos irán insertos en tubos de PVC que en sus extremos llevarán bridas que permitan su rápida conexión/desconexión a la red. Para ello, existen empresas muy profesionales que dan servicios de montaje en PVC y otras alternativas y conocen muy bien los accesorios disponibles. La instalación es verdaderamente sencilla y se estima que una instalación típica sólo tomará unas pocas horas. Para estanques más grandes habrá que construir dispositivos porta Metal Foam en acero inoxidable. Los discos/planchas llevarán en su manto una pequeña placa que permita anotar la fecha de fabricación y un espacio para indicar la fecha de instalación. Esto permitirá efectuar de manera sencilla el seguimiento de la vida útil de Metal Foam. Se proporcionará un instructivo de lavado, mantenimiento y reemplazo.

## **Servicio y Garantías**

A pesar de la sencillez de la instalación y de las prácticas operacionales inherentes a la tecnología, el cliente será atendido por un profesional Ingeniero Civil UC quién está familiarizado a fondo con las ventajas que representa la tecnología frente a problemas de salud y de producción de la industria. Este profesional hará un seguimiento de las instalaciones de Metal Foam en operaciones, realizando visitas periódicas para prevenir los problemas que puedan surgir con la operación, y en especial manejar los reemplazos de los discos. Se estima que en un plazo promedio de 6 meses estos deberán retirarse, someterse a tratamiento de limpieza más de fondo a fin de que recuperen su capacidad original o bien reemplazarlos por nuevos.

## **Presentación del Producto/Empresa en el Medio**

Intesal, Instituto Tecnológico del Salmón, de la Asociación de Productores de Salmón y Trucha de Chile, ha expresado su decidido respaldo a esta iniciativa. El Gerente General de Intesal ya ha mencionado en conferencias de piscicultura la promesa que ofrece esta nueva tecnología. También habrá que considerar la participación en ferias especializadas, publicación de artículos, etc. El mercado en Chile está concentrado en la X Región y en ella están instaladas empresas de inversionistas extranjeros que transmitirán a sus matrices los antecedentes de esta innovación tecnológica que probablemente constituirá una solución para muchos de los problemas de salud de la industria.

## **Otros Mercados en el Futuro**

Otros países productores de salmón son Noruega, Escocia, Canadá, etc. Estos mercados serán debidamente atendidos aún cuando no forman parte de la proyección de ventas en el presente Plan de Negocios. Hay otros cultivos de peces que enfrentan problemas de salud similares y Metal Foam ofrece un enorme potencial de desarrollo en esas áreas también. Las necesidades de purificación de aguas se presentan también en la industria de peces ornamentales.

## **CAPITULO X: Administración**

La administración del proyecto durante la etapa de ejecución del programa NT06-09 estuvo conformada por las siguientes personas:

- Gerente cuya función ha sido coordinar las relaciones con la industria y hacer crecer el negocio. Joaquín Ruiz - Ingeniero Civil U. de Ch.
- Jefe Comercial a cargo de la función de atender clientes, desarrollar nuevos prototipos, control de costos. A cargo también de supervisión de maestranza, stock de productos, desarrollo de nuevas aplicaciones Nicolás Ruiz – Ingeniero Civil UC.
- Secretaria administrativa a cargo de facturación, cobranza, pagos a proveedores. Daniela Ruiz.
- Administración de bodega de materia prima.

## CAPITULO XI: Proyecciones Económicas del Negocio

Tal como se mencionó en el capítulo sobre el perfil de la industria, el mercado nacional de pisciculturas del salmón está conformado por 29 empresas que operan 80 pisciculturas con un total (según registros oficiales de la DGA) de 540.000 m<sup>3</sup>/hr en derechos de agua. Para efectos de la estimación de los ingresos de este Plan de Negocios, se supondrá que la industria tendrá una expansión de sus instalaciones en un promedio de 5% anual. Se supondrá que la vida útil de MF es de 6 meses. Considerando además una penetración de mercado para los primeros 5 años, se estiman las ventas de Metal Foam como sigue:

	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Año 4</u>	<u>Año 5</u>
Porcentaje de mercado	0%	2%	4%	6%	8%
Metros cúbicos tratados	-	11.300	23.800	37.500	52.500
Cantidad de MF (mill. cms <sup>3</sup> )	-	6,8	14,3	22,5	31,5
Ingresos (US\$ millones)	-	2,0	4,3	6,8	9,5

### Supuestos Financieros

Se ha considerado el costo de importación de MF es de US\$ 0,13 el cm<sup>3</sup>. Se estima que fabricarlo en Chile, este costo será un 25% menor es decir a partir del cuarto año, el costo será de US\$ 0,10 el cm<sup>3</sup>. Los costos de comercialización, supervisión post venta y administración se encuentran detallados en planilla adjunta<sup>11</sup>.

### Estudio de flujos

El VAN (Valor Actualizado Neto) a una tasa de descuento de 18% en 10 años es de US\$ 21,8 millones con un EBITDA de US\$ 73,8 millones. En referencias, se encuentra un Cuadro de Proyecciones Económicas,<sup>12</sup> y un Análisis de Sensibilidad<sup>13</sup> de éstas.

---

<sup>11</sup> Gastos de Operación

<sup>12</sup> Cuadro de Flujos

<sup>13</sup> Análisis de Sensibilidad

## **CAPITULO XII: Sistema de Control y Operación**

Metal Foam representa una innovación que aprovecha las cualidades naturales del cobre y la plata como agente bactericida, viricida y fungicida. Si bien esta cualidad del cobre y la plata no se extingue, es posible que la superficie de los poros del MF se vaya degradando de manera que este atributo irá decreciendo en el tiempo y por consiguiente el servicio post venta llevará bitácoras con las fechas de instalación y reemplazo. Además, la estructura de esponja de Metal Foam actuará como un verdadero filtro de sedimentos en el agua. Por ello habrá que recomendar prácticas de retrolavado. En el hecho, someter la esponja a contraflujo de agua a presión debiera ser suficiente para limpiar los poros de las adherencias de sedimentos. La periodicidad de esta simple operación estará dada por la práctica en cada piscicultura. Una buena recomendación será disponer de un pack de Metal Foam listo para reemplazar a los que serán lavados. De esta manera se disminuye el tiempo de corte de flujo de agua a un mínimo. Las pisciculturas que tengan problemas de sedimentos, aunque sea estacional, se verán beneficiadas con la incorporación de filtros de retención de sólidos de manera de disminuir a un mínimo la exposición del Metal Foam a la presencia de sedimentos los cuales se van depositando sobre las paredes de los poros y en consecuencia inhiben la acción de Metal Foam.

## **CAPITULO XIII: Planes de Crecimiento**

Metal Foam tiene un potencial de crecimiento muy grande en la industria de salmones en Chile y en el extranjero. A su vez, tal como se ha mencionado, su capacidad de eliminación de patógenos, junto a la capacidad de tratar enormes volúmenes de agua – 1 pack de 8 discos de MF de 50 cms de diámetro puede tratar un tanque 100 m<sup>3</sup> con 800 peces de 15 kgs durante un año. También, en la etapa de alevinaje un pack de 6 discos de 25 cms de diámetro, pueden proveer de protección durante el crecimiento en piscicultura a 800.000 peces de 2 a 4 grs.

La industria está sufriendo severos problemas de salud en los peces tanto en agua dulce como en el mar. En la mayoría de los casos los problemas se generan en el agua y la transmisión de ellos de un centro a otro. Por ello la industria está buscando aislar sus centros de los problemas que puedan tener sus vecinos. Cabe agregar que normas ambientales ya en curso, harán además que la fase de la piscicultura radicada en lagos deba trasladarse en los próximos años (tal vez en menos de 2 años) a tierra firme. Este es un escenario muy favorable para el desarrollo de la tecnología Metal Foam pues ello conlleva la confinación de peces en estanques. Por esta razón estimamos que la tecnología verá ampliada fuertemente su ámbito de aplicación. Si bien es difícil estimar en cuanto se verá ampliado el mercado, se estima que será pronto y en varias veces. Sobre este particular recomendamos leer la referencia de la página 140 con las perspectivas para la tecnología metal foam y las oportunidades que ofrece la industria de la salmonicultura.

## **CAPITULO XIV: Planes Futuros**

La fabricación de Metal Foam fue un invento de la NASA en la década de los ochenta que tuvo por objeto reducir los costos de fabricación de intercambiadores de calor. Luego se innovó el invento original que fue con aluminio, cambiando el metal base por una aleación de cobre y plata y luego de casi 3 años de investigación está claro el beneficio que esta innovación podría significar para el tratamiento de aguas de salmoneras. Si bien se ha llegado a un acuerdo con fabricantes de Metal Foam en EE.UU. y en Corea para la distribución de Metal Foam, estimamos que dada la dependencia del proyecto de la materia prima, sería altamente conveniente considerar la inversión en una máquina para fabricar el Metal Foam localmente. Se estima que esta inversión, incluidas obras civiles y adquisición de bienes de capital, sería del orden de US\$ 300.000. También debiera ser parte de una investigación en el futuro próximo, reemplazar la aleación de Cobre/Plata por una puramente de Cobre. En este caso, el costo de la importación se reduce de US\$ 0,13 a US\$ 0,10/cm<sup>3</sup>. Según especialistas de CIMAT de la Universidad de Chile, es muy posible que el efecto purificador sea igual o muy similar.

## **CAPITULO XV: La Sociedad**

La sociedad creada para efectos de administrar el negocio es Comercial e Industrial Metal Foam Limitada, constituida en Santiago, Enero 2008, cuya propiedad será en un 99% de Inversiones Cadaqués Limitada, Rut 77.816.240-7 y un 1% de propiedad de Joaquín Ruiz Tirado, Rut 6.062.345-7. Ver referencia de la página 170 con la escritura de constitución de la sociedad.

## CAPITULO XVII: Rendición de Gastos Programa de Ensayos

Los gastos del proyecto se clasificaron en 5 categorías: Recursos Humanos, Subcontratos, Gastos de Operación, Gastos de Difusión y Misiones Tecnológicas Empresariales. A continuación se presenta estas categorías con sus respectivos presupuestos correspondientes a los aportes de INNOVA y del Proponente y el cuadro resumen (en miles de pesos):

Cada categoría se desglosa como se presenta a continuación:

RECURSOS HUMANOS	INNOVA		CADAQUES		TOTAL	
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
Directivo 1 (J. Ruiz)			\$14,400	\$14,400	\$14.400	\$14,400
Jefe de Area 1 (N.Ruiz)	\$4.800	\$4.800	\$12,000	\$13.867	\$16.800	\$18.667
Ayudante 1 (D.Ruiz)			\$4,800	\$5.333	\$4.800	\$5.333
Prof.1 (R. Mardones)			\$1.920	\$1.920	\$1.920	\$1.920
<b>TOTAL</b>	<b>\$4.800</b>	<b>\$4.800</b>	<b>\$33.120</b>	<b>\$35.520</b>	<b>\$37.920</b>	<b>\$40.320</b>

SUBCONTRATOS	INNOVA		CADAQUES		TOTAL	
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
Agente Comercial	\$2.187	\$2.187			\$2.187	\$2.187
Constitución de Sociedad	\$1.600	\$1.800			\$1.600	\$1.800
Estudio de Mercado	\$1.300	\$1.400			\$1.300	\$1.400
Instalaciones	\$750	\$750	\$3.000	\$3.043	\$3.750	\$3.793
Patentes	\$1.400	\$1.343			\$1.400	\$1.343
<b>TOTAL</b>	<b>\$7.237</b>	<b>\$7.480</b>	<b>\$3.000</b>	<b>\$3.043</b>	<b>\$10.237</b>	<b>\$10.523</b>

GASTOS OPERACION	INNOVA		CADAQUES		TOTAL	
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
Arriendo Vehículos			\$360	\$235	\$360	\$235
Arriendo Oficina			\$3.600	\$3.546	\$3.600	\$3.546
Combustible			\$500	\$496	\$500	\$496
Garantías			\$700	\$1.768	\$700	\$1.768
Hotel y Viáticos			\$3.600	\$5.125	\$3.600	\$5.125
Importac. Metal Foam	\$26.364	\$26.364	\$9.800	\$9.626	\$36.164	\$35.990
Laboratorio	\$3.300	\$3.269			\$3.300	\$3.269
Materiales de Oficina			\$2.300	\$2.574	\$2.300	\$2.574
Servicios Básicos			\$2.100	\$2.097	\$2.100	\$2.097
Viajes Admin. P.Montt			\$1.380	\$1.966	\$1.380	\$1.966
<b>TOTAL</b>	<b>\$29.664</b>	<b>\$29.633</b>	<b>\$24.340</b>	<b>\$27.433</b>	<b>\$54.004</b>	<b>\$57.066</b>

GASTOS EN DIFUSION	INNOVA		CADAQUES		TOTAL	
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
Material Promoción	\$1.300	\$1.115			\$1.300	\$1.115
Plan Comunicacional	\$1.800	\$2.000			\$1.800	\$2.000
Publicidad	\$500	\$500			\$500	\$500
<b>TOTAL</b>	<b>\$3.600</b>	<b>\$3.615</b>			<b>\$3.600</b>	<b>\$3.615</b>

MISIONES TECNICAS EMPRESARIALES	INNOVA		CADAQUES		TOTAL	
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
Giras Comerciales	\$4.000				\$4.000	
<b>TOTAL</b>	<b>\$4.000</b>				<b>\$4.000</b>	

## RESUMEN PROYECTO

	INNOVA		CADAQUES		TOTAL	
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
Total R.R.H.H.	\$4.800	\$4.800	\$33.120	\$35.520	\$37.920	\$40.320
Total Subcontratos	\$7.237	\$7.480	\$3.000	\$3.043	\$10.237	\$10.523
Total G° de Operación	\$29.664	\$29.633	\$24.340	\$27.433	\$54.004	\$57.066
Total G° de Difusión	\$3.600	\$3.615			\$3.600	\$3.615
Total Misiones Tec. Empr	\$4,000				\$4.000	
<b>TOTAL</b>	<b>\$49.301</b>	<b>\$45.528</b>	<b>\$60.460</b>	<b>\$65.996</b>	<b>\$109.761</b>	<b>\$111.524</b>

Del cuadro anterior se observa que en general el proyecto se ajustó al presupuesto y cumplió en su conjunto con el objetivo previsto. Se observa un mayor gasto en operaciones de 3 millones y mayores gastos de \$2.4 millones en recursos humanos aumentos que fueron compensados al no poder efectuar la misión técnica comercial, hecho que representó un déficit de \$4 millones

## LISTADO DE REFERENCIAS

1	Informe Aqua Gestión Noviembre 2003 .....	42
2	Carta de patrocinio de Intesal .....	50
3	Ensayos con Flavobacterium Psychrophilum y Virus IPN Aquatic Health SGS. ....	51
4	Ensayos con Saprolegnia - Aquatic Health SGS. ....	63
5	Medición trazas de cobre en peces - Aquatic Health SGS .....	85
6	Análisis Histológico.- Aqua Gestión .....	88
7	Evaluación de riesgos y efectos del cobre en peces.....	92
8	Programa Innova 06ANT-009.....	112
9	Pruebas en Sala de Ovas en Piscicultura de Multiexport en Puerto Fonck. ....	114
10	Pruebas en Tanque de 25 m3 en Piscicultura de Multiexport en Puerto Fonck. ....	121
11	Pruebas en Tanque de 16 m3 en Piscicultura de Multiexport en Molco. ....	125
12	Derechos de Aguas Industria de la Piscicultura de Salmón y Trucha. ....	129
13	Desarrollo futuro de la Industria de la Salmonicultura en Chile en una perspectiva de las oportunidades que ofrece para la tecnología Metal Foam.....	140
14	Costos Operacionales, Comercialización y Administración (Cuadro de Flujos).....	165
15	Proyecciones Económicas. ....	167
16	Análisis de Sensibilidad.....	168
17	Constitución de Sociedad.....	170
18	Detalle de Gastos Proyecto.....	175



## **Informe Final**

“Evaluación de la eficacia de un sistema de purificación de aguas frente a un aislado nacional de *Flavobacterium psychrophylum*”

**Preparado por:**

**Aquagestión-Fundación Chile**

**Para:**

**Metalfoam**

**Noviembre 2003**

## 1.- Introducción.-

El rendimiento productivo está basado - entre otras razones – en la nutrición, el manejo productivo y operativo diario, la calidad de la línea genética en uso y las condiciones de salud de los peces cultivados. Considerando este último punto, cabe mencionar que la industria ha ido otorgando cada vez más importancia a las condiciones sanitarias de los peces en cultivo como un factor de éxito en la productividad y rentabilidad del negocio.

En agua dulce una de las principales limitantes productiva es la alta prevalencia de enfermedades bacterianas como la Flavobacteriosis.

Bajo el termino de Flavobacteriosis se engloba un conjunto de enfermedades producidas por bacterias del genero *Flavobacterium*. Entre las que destacan *Flavobacterium columnare*, *Flavobacterium branquiphilum* y principalmente *Flavobacterium psychrophilum*.

*Flavobacterium psychrophylum* es el agente causal del síndrome del alevín de trucha arco iris (RTFS), que afecta a alevines de distintas tallas. La enfermedad se describe en Europa, Japón, Corea, Australia y Chile. Las mortalidades varían de un 10 a un 70 % en los peces afectados. Otro cuadro importante que se presenta en alevines corresponde a la enfermedad bacteriana del agua fría, la cual ha causado mortalidades arriba del 85 % en peces en cultivo. Se discute la transmisión vertical de la enfermedad, pero hay suficiente evidencia de la importancia del traspaso de la bacteria a través de los fluidos de los padres.

Las infecciones asociadas a Flavobacterias están relacionadas a condiciones ambientales desfavorables, tales como exceso de materia orgánica, bajo contenido de oxígeno, sobrepoblación, etc. La capacidad de estas bacterias de producir enfermedades agudas y crónicas, unido a su presencia como flora normal de agua y del pez hace que las condiciones adversas descritas favorezcan la presentación de una epizootia.

La presencia de Flavobacterias en peces pequeños, se encuentra asociada lesiones en las branquias, en la piel, así como la decoloración de aletas. La severidad de las lesiones es variable, dando lugar a erosiones de la boca, aletas y pedúnculo caudal. En el caso de cuadros septicémicos, se observa consistencia friable del bazo e inflamación renal.

Actualmente existen una variedad de alternativas para mitigar brotes de estas enfermedades, algunas de eficacia comprobada. Sin embargo el control de las patologías de agua dulce pasa por implementar programas profilácticos que eviten o disminuyan significativamente la probabilidad de aparición de los factores involucrados en la aparición de una enfermedad.

Es en este contexto donde se ha solicitado a Aquagestión - Fundación Chile la evaluación de un sistema de filtración llamado Metal Foam, como herramienta para bajar la carga microbiológica en las aguas afluentes.

## **2.-Objetivo.-**

Evaluar cuantitativamente la eficacia de un sistema de purificación de aguas basado en un filtro metálico (Metal Foam), frente a la presencia de *Flavobacterium psychrophylum* en condiciones controladas.

## **3.- Diseño experimental.**

### **3.1 Preparación del Inóculo y Estanques.**

Se preparo una suspensión de *Flavobacterium psychrophylum* aislado desde alevines con sintomatología clínica procedentes de una piscicultura en la décima región. La bacteria fue identificada mediante la batería enzimática API-ZYM. Se realizo una suspensión de bacteria 2 según la escala de Mc Farland , la que corresponde a  $1 \times 10^9$  bacterias por ml, la suspensión fue diluida en 100 ml de agua estéril.

La suspensión fue dividida en dos alícuotas de 50 ml cada una, las cuales fueron vertidas sobre el agua contenida en los acuarios.

Los acuarios fueron debidamente desinfectados, paralelamente se procedió a hervir 120 litros de agua procedente de una piscicultura de la décima región, con el fin de eliminar las bacterias psicrophyilas que estas pudieran contener. El agua fue vertida sobre los acuarios y se espero hasta que este alcanzara temperatura ambiente (15° C). El volumen de agua vertido en los acuarios fue de 50 litros. Para el ensayo se ocuparon dos acuarios el primero (A) se le considero tratamiento y al segundo (B) acuario se le considero control.

### **3.2 Preparación de los filtros.**

Se ideó un sistema de filtros que emula las condiciones de uso en la piscicultura, básicamente consiste en una serie de tuberías de PVC de diámetro adaptable al filtro ( 5mm) para la propulsión del agua se adaptó una bomba con una capacidad de 50 litros por minuto. Los filtros (2) fueron colocados en la mitad de la tubería . Un sistema similar fue considerado para el estanque control, con excepción de la inclusión de los filtros.

### **3.3 Montaje del sistema de filtros.**

Los filtros fueron montados de forma vertical sobre los acuarios, de manera tal que se produjera la elevación de la columna de agua y permitiese el paso por los filtros, el agua luego de pasar por los filtros fue devuelta al cuerpo de agua del acuario ( Recirculación). Esquema 1

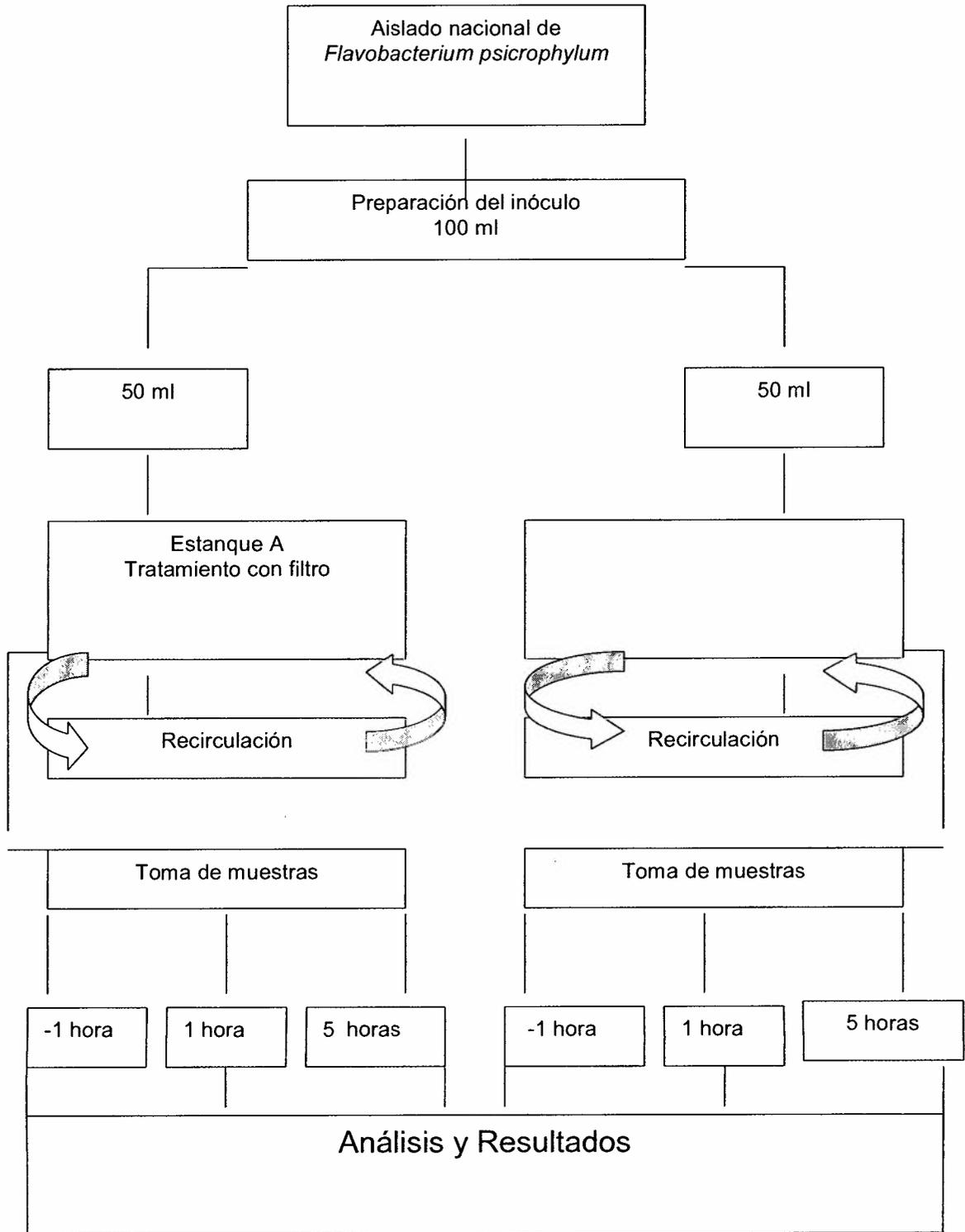
### **3.4 Diseño del ensayo.**

Se diseñaron dos sistemas de recirculación ; uno con filtro y otro sin filtro. Una vez instalados los sistemas, a los estanques se les agregó las suspensiones de bacterias ( 50 ml por estanque ) y se les dejó en reposo por 1 hora. Transcurrido el periodo de estabilización , se tomó la primera muestra con el objeto de establecer la carga bacteriana de los estanques. Luego de la primera medición se encendió el sistema de recirculación. Se tomó una segunda muestra transcurrida una hora del ensayo, y se tomó una tercera muestra transcurridos 5 horas post ensayo. Diagrama 1.

Las muestras fueron derivadas al laboratorio de agua de Aquagestión - Fundación Chile, donde fueron procesadas por el método de filtración por membrana , se realizaron 4 diluciones a fin de obtener la concentración de bacterias por 100 ml de muestra , las diluciones usadas fueron : Directa , -3, -4, -5.

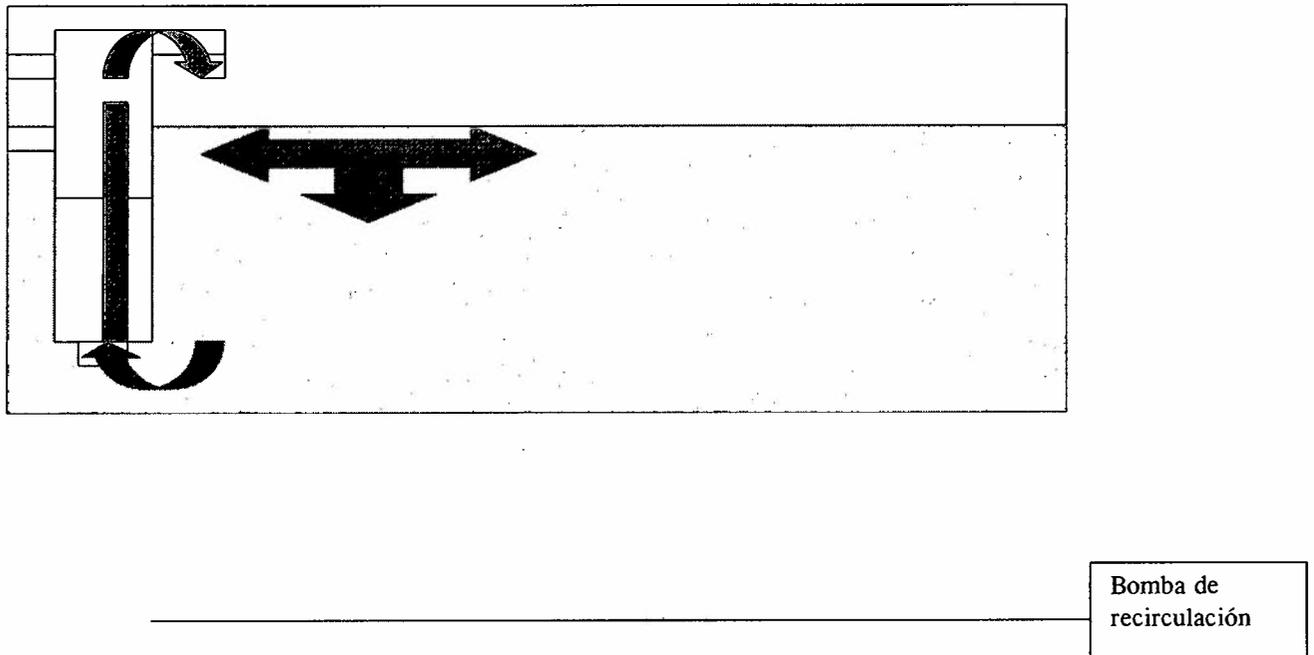
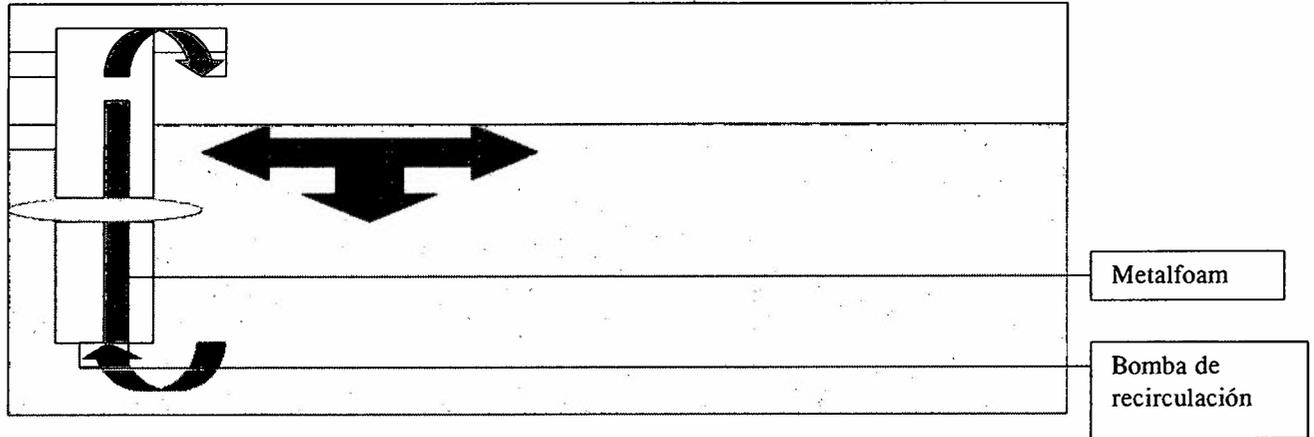
Para la interpretación de los resultados se utilizó la prueba estadística de  $X^2$  , entre los tratamientos.

El ensayo se esquematiza en el siguiente diagrama de flujo : ( Diagrama 1)



Diseño de estanques (Esquema 1)

## Estanque A Tratamiento con filtro



## 4.- Resultados

## Los resultados obtenidos se pueden resumir en las siguientes tablas

Tratamiento 1 : Estanque sometido a la acción del filtro.

<i>Dilución</i>	<i>Recuento inicial</i>	<i>Tiempo</i> <i>1 hora</i>	<i>Tiempo</i> <i>5 horas</i>
<i>Recuento total</i>	Mayor a 30.000 ufc/100 ml	110.000 ufc / 100 ml	68.000 ufc/ 100 ml

Tratamiento 2 : Estanque control ( Sin filtro )

<i>Dilución</i>		<i>Tiempo</i> <i>1 hora</i>	<i>Tiempo</i> <i>5 horas</i>
<i>Recuento total</i>	Mayor a 30.000 ufc /100 ml	1.120.000 ufc / 100 ml	840.000ufc/ 100 ml

### 4.1 Comentarios

Según los resultados obtenidos, en igual condiciones de ensayo , se aprecia que el estanque sometido al filtro posee diferencias significativas con respecto al estanque control. Preliminarmente se puede inferir que esta diferencia bordea es 10 veces menor que el estanque control.

De igual forma se aprecia que existe un efecto en la disminución de la carga bacteriana en el estanque control transcurrido 5 horas de ensayo . Este se puede atribuir al efecto mecánico de la recirculación sobre las bacterias.

Cabe señalar que el efecto en la disminución de las bacterias solo es aplicable a sistemas de recirculación y bajo las condiciones del estudio.

## **5.-Conclusiones**

Según los resultados obtenidos se puede inferir que el estanque sometido a la acción del filtro, obtuvo una disminución de la carga bacteriana, con respecto al estanque control y bajo las condiciones del estudio.

Se aprecia una disminución en la magnitud 10 veces menor que al estanque control.

Debe considerarse que el estudio fue hecho bajo sistema de recirculación, y no es aplicable a sistemas abiertos. Los resultados obtenidos se consideran preliminares y se sugiere seguir con el estudio para obtener mayores antecedentes.

Puerto Montt, 16 de Junio 2004

**Sr. Joaquín Ruiz Tirado**  
Gerente  
Inversiones Cadaqués Limitada  
Présente

**Ref.: Estudio de Sistema de Purificación de Aguas empleando Metal Foam ®**

Estimado Joaquín:

En respuesta a tu nota y a nuestra grata conversación de Santiago:

He leído el informe de Fundación Chile y me parece que los resultados del análisis de laboratorio son efectivamente bastante auspiciosos. No obstante, en nuestra opinión hay que escalearlos y probarlo en sistemas abiertos, así como para otros microorganismos y HONGOS.

Nosotros no seremos parte del proyecto, pero si quisiéramos mantener el carácter de auspiciadores y si de esto resulta un producto que contribuya a solucionar los problemas en que será aplicado el sistema, nos comprometemos a difundir sus resultados en la industria.

En ese sentido estaremos a disposición de ustedes para convocar a los talleres o reuniones técnicas que sea menester una vez finalizado el estudio.

Recibe un saludo afectuoso,



**Adolfo Alvial**  
Gerente  
Intesal

Puerto Varas, Abril del 2006.

Srs

Inversiones Cadaqués Ltda.

Presente

Atención : Joaquín Ruiz

Estimado Joaquín,

Por intermedio de la presente, te hacemos entrega de los 2 Informes que resumen los resultados y conclusiones de las experiencias ensayadas :

"Evaluación del filtro Metal Foam frente al desafío natural con saprolegnia en condiciones controladas "

" Evaluación de eficacia in vitro del filtro "Metal Foam" sobre los patógenos de peces Flavobacterium psychrophilum y Virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa IPNV."

En términos generales el propósito de éstos estudios se cumplió, demostrando concretamente que éste sistema innovador de Filtración-Desinfección fue capaz de reducir las infecciones debidas a hongos en ambientes acuáticos de agua dulce, donde normalmente se cultivan los salmónidos. Adicionalmente los filtros Metal-Foam evaluados *in Vitro* han demostrado su capacidad para reducir drásticamente y en poco tiempo las concentraciones de bacterias y virus tipo Flavobacterias e IPNV presentes en los ambientes acuáticos ensayados, demostrando su capacidad bactericida y viricida.

Además este sistema es fácil de implementar y no genera riesgo alguno para las personas, es inocuo para los peces y el ambiente acuático.

Luego de efectuados los ensayos, estimamos que la tecnología señalada representa una nueva herramienta para combatir las distintas enfermedades bacterianas y virales presentes en los ambientes acuáticos donde se cultivan las especies de salmónidos.

**SGS AQUATIC HEALTH**

**EMPRESA:** INVERSIONES CADAQUES LTDA

## **INFORME FINAL**

Evaluación de eficacia in vitro del filtro "Metal Foam" sobre los patógenos de peces Flavobacterium Psychrophilum y Virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa IPN.

### **PERSONAS RESPONSABLES**

**EMPRESA**

Inversiones Cadaqués Ltda.

Cadaqués 477 Vitacura. Santiago

TEL: 02-2426753

**LABORATORIO**

SGS Aquatic Health, diagnostic and research services

TEL.: 56 65 321 3800 Fax.: 56 65 3218 01

**MONITOR ESTUDIO**

Joaquín Ruiz

F: 02-2426753

E-mail : metalfoam@m.cl

**DIRECTOR ESTUDIO**

Eduardo De La Fuente

Gerente de Desarrollo, SGS Aquatic Health

Camino a 4to. Varas Km. 1013, Puerto Varas, Chile

F.: 56 65 321828 Fax.: 56-65 321801

E-mail: [eduardo.delafuente@sgs.com](mailto:eduardo.delafuente@sgs.com)

**PERSONAL INVESTIGADOR  
DEL ESTUDIO**

Roxana Arriagada

Jefe Laboratorio Ictiopatología SGS Aquatic Health

Camino a Pto. Varas Km 1013, Puerto Varas, Chile

Tel/fax: + 56 65 321800 / + 56 65 321801

E-mail: roxana.arriagada@sgs.com

## RESUMEN

El presente estudio tuvo por finalidad el demostrar la eficacia de los filtros Metal-Foam con porosidades de (70 y 80) luego de ser sometidos a un sistema cerrado de recirculación inoculados con los principales patógenos de peces que actualmente afectan productivamente a la industria salmonera nacional en la etapa de cultivo en agua dulce. Las suspensiones de Flavobacterias fueron equivalente a  $10^8$  ufc/ml y las suspensiones de Virus IPN fueron equivalentes a  $10^8$  TCID50/ml. Los resultados han demostrado que a las 5 horas de recirculación, el Filtro Metal-Foam con porosidad de 80 fue capaz de reducir 120.000 veces la cantidad de Flavobacterias presentes en este medio acuoso. En el caso de someter a los filtros (80, 70 y control) a un sistema cerrado de recirculación con una suspensión de IPN al cabo de 2 horas de recirculación, los Filtros Metal-Foam fueron capaces de reducir 1.000.000 veces la cantidad de Virus IPN presentes en este medio acuoso.

**1.- Título:** Evaluación de eficacia in vitro del filtro "Metal Foam" sobre los patógenos de peces Flavobacterium Psychrophilum y Virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa IPN.

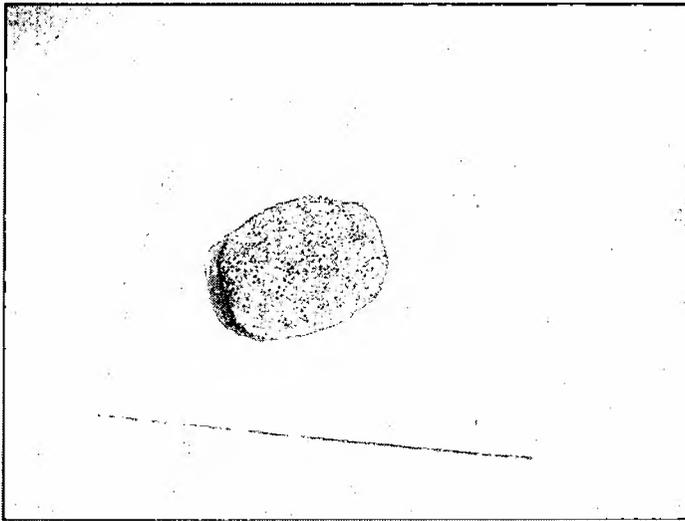
### 2. Objetivo

2.1 Evaluar la eficacia de los filtros Metal Foam frente a Flavobacterias y el virus IPN.

### 3. Materiales y Método:

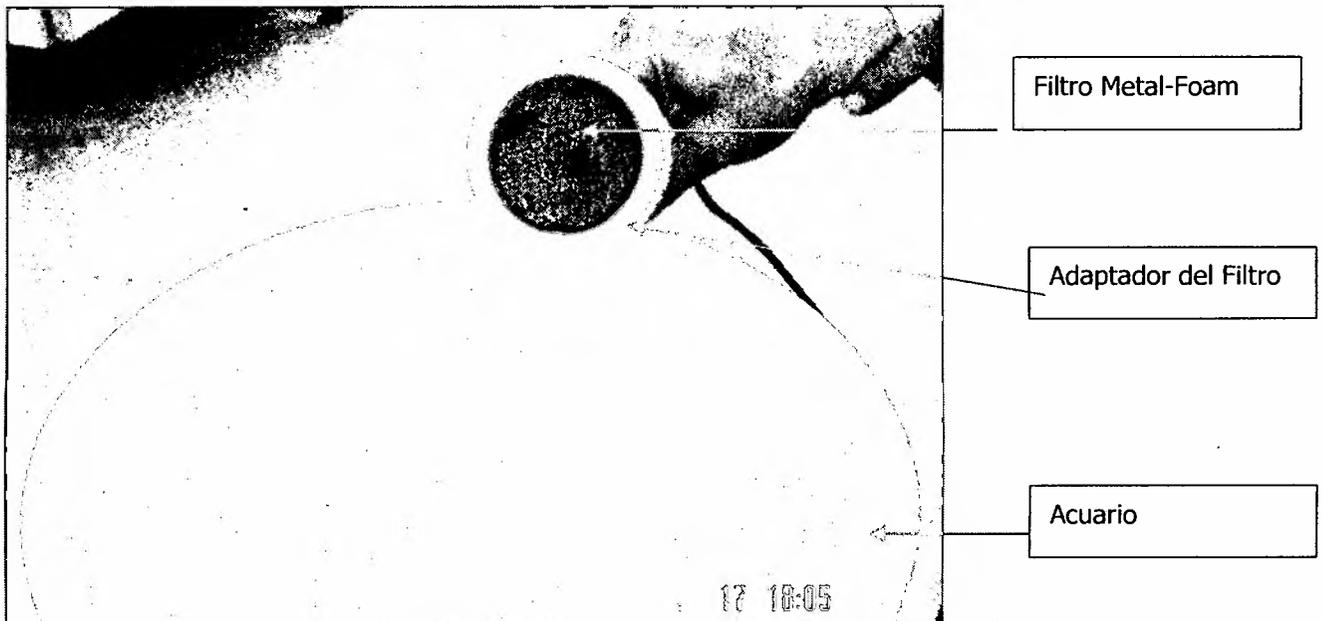
#### 3.1 Diseño del estudio

Este estudio consistió en evaluar el efecto purificador de un filtro tipo esponja metálica conocido como METAL FOAM®, (**Figura N° 1**). La acción del filtro se basa en un principio totalmente natural cual es la reacción catalítica/iónica de estos metales frente al paso de un flujo de agua, lo que permitiría la eliminación de las bacterias y virus más relevantes causantes de la mortalidad de salmónidos. La efectividad anti bacteriana de METAL FOAM®, se origina en la aleación de los distintos metales de la esponja los cuales actúan como un catalizador oxidativo sobre las enzimas que son responsables del metabolismo de los microorganismos presentes. Se probó el efecto de Metal Foam cuyo principal componente es el cobre, así como 2 porosidades diferentes de filtros (70 y 80).



**Figura N° 1: Filtro tipo Esponja Metal-Foam .**

Para llevar a cabo esta experiencia se instaló el filtro de forma cilíndrica dentro de una bomba de acuario a fin de generar una recirculación de las aguas en el acuario (**Fig N° 2 y 3**).



**Figura N° 2: Se observa el filtro esponja Metal-Foam dentro del adaptador del filtro de recirculación .**

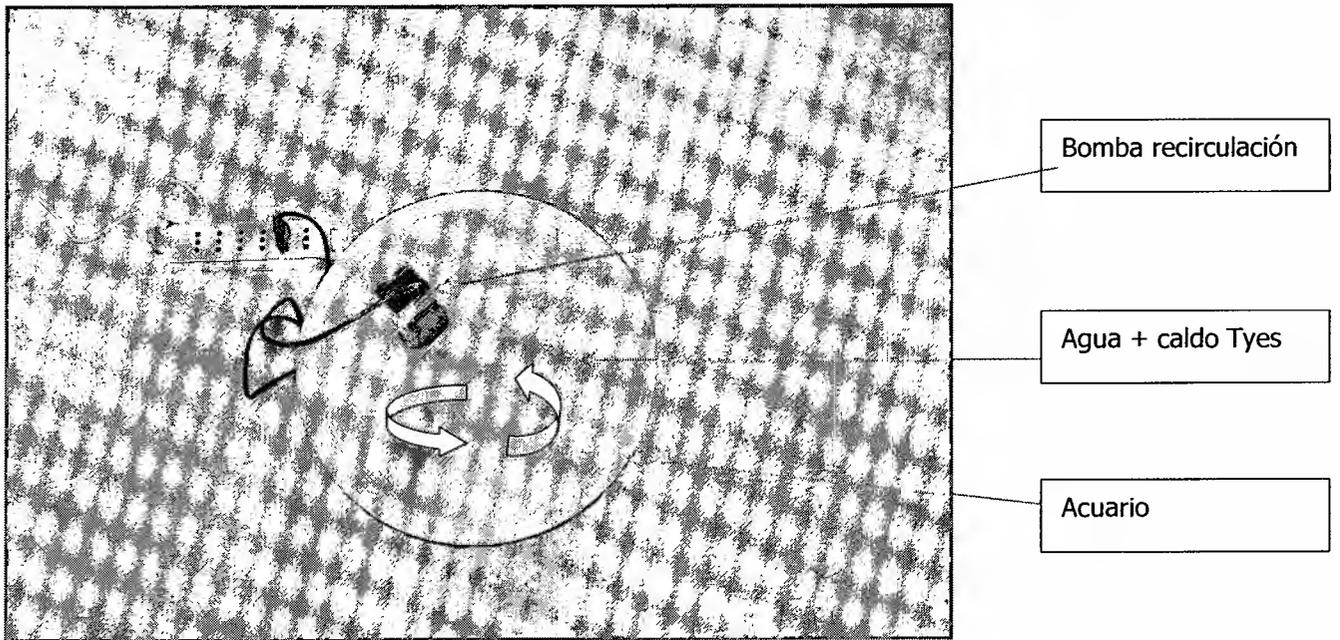
En forma paralela, se preparó una suspensión bacteriana de *Flavobacterium Psychrophilum* en una concentración de  $10^8$  ufc/ml en caldo Tyes. Esta suspensión fue subdividida en alícuotas de 10 ml cada una y resuspendida en 2 acuarios con 10 litros de agua destilada suplementada con 1% caldo Tyes (para que el agua tenga nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano) **Esquema N°1.**

Uno de los acuarios se utilizó como control del sistema y en el otro se instaló dentro una bomba de recirculación un filtro de Metal Foam 80. Luego de la adición del inóculo bacteriano y de la puesta en marcha de las bombas de recirculación (**Fig N° 3**), se hizo funcionar el sistema por un período de 5 horas durante las cuales se tomaron muestras del agua desde cada uno de los acuarios (control y filtro 80) a los tiempos 0, 1 , 2 y 5 horas de transcurrido

#### **Esquema N°1:**

Acuario N°1 : Acuario con suspensión bacteriana  $10^8$  ufc/ml en caldo Tyes **sin** Filtro Metal-Foam (control).

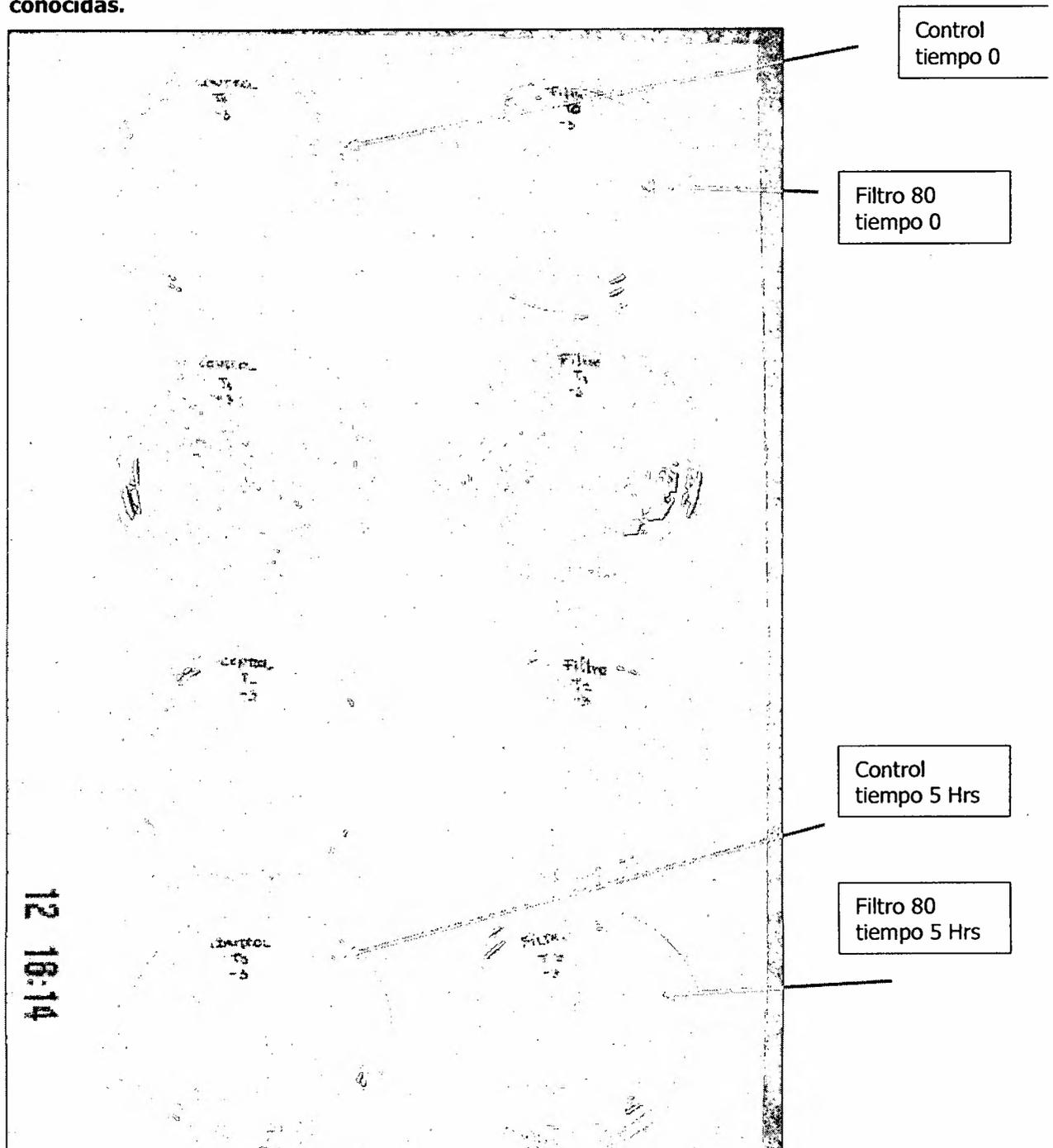
Acuario N°2 : Acuario con suspensión bacteriana  $10^8$  ufc/ml en caldo Tyes + Filtro Metal-Foam porosidad 80.



**Fig N° 3:** Se observa el sistema completo, en el cual se hace recircular la suspensión bacteriana a través de los Filtros Metal-Foam. Un esquema similar se utilizó para la prueba con virus.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1 Resultados de la evaluación de eficacia de los filtros Metal-Foam con porosidad 70 y 80 en un sistema cerrado de recirculación con una concentración de Flavobacterias conocidas.

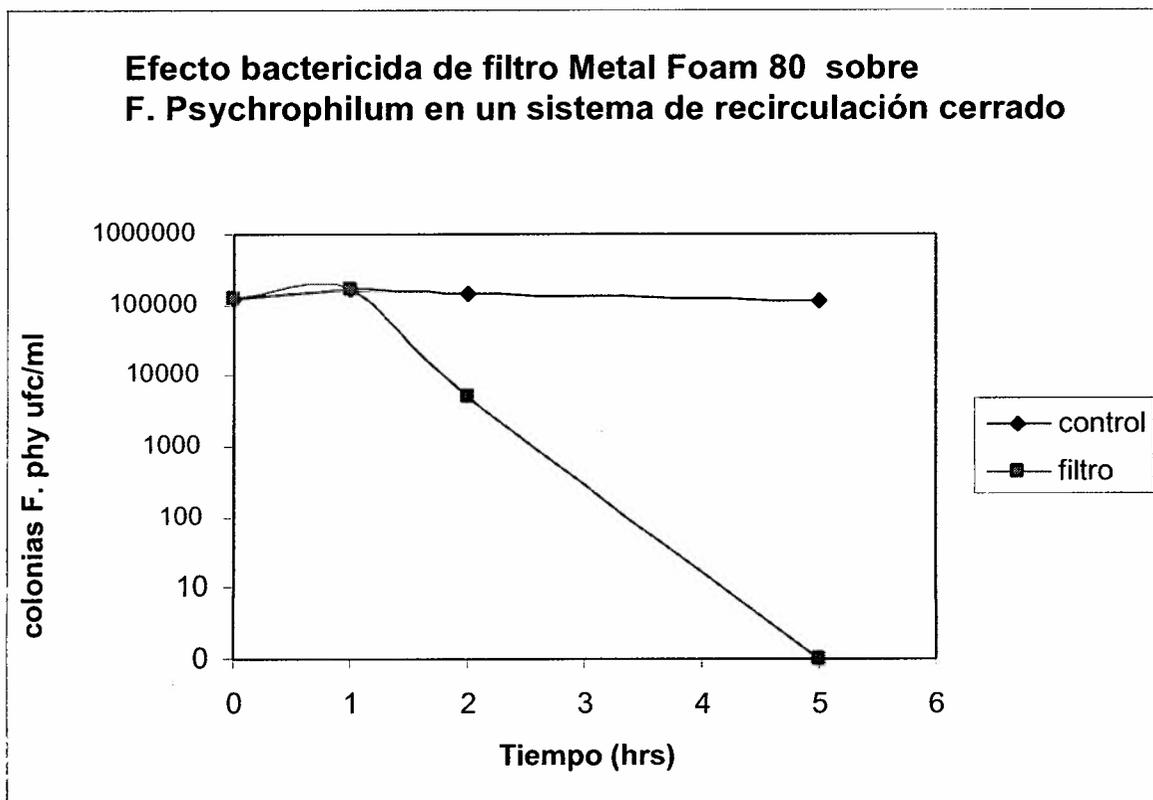


## 4.2

**Tabla N° 1:** Se observan los resultados de los recuentos bacterianos (UFC/ml) luego de una incubación de 7 días a 15°C en agar Tyes de las muestras de agua tomadas a los tiempos (0, 1, 2 y 5 hrs). resultados de la evaluación del Filtro Metal-Foam con porosidad 80.

Tiempo hrs	Control ufc/ml	Filtro 80 ufc/ml
0	125.000	120.000
1	170.000	170.000
2	140.000	5.000
5	113.000	0

**Grafico N° 1:** Se observan las tendencias de los recuentos bacterianos relacionados con los tiempos de exposición a los filtros Metal-Foam de distinta porosidad, comparados con el control sin filtro.



**4.3 Resultados de la evaluación de eficacia de los filtros Metal-Foam con porosidad 70 y 80, considerando un sistema cerrado de recirculación con una concentración de IPN conocido.**

Paralelamente al ensayo de bacterias, se preparó una suspensión del Virus IPN Cepa Sp en una concentración de  $10^8$  TCID<sub>50</sub>/ml . Esta fue subdividida en alícuotas de 10 ml cada una y resuspendida en 3 acuarios con 10 litros de agua destilada .

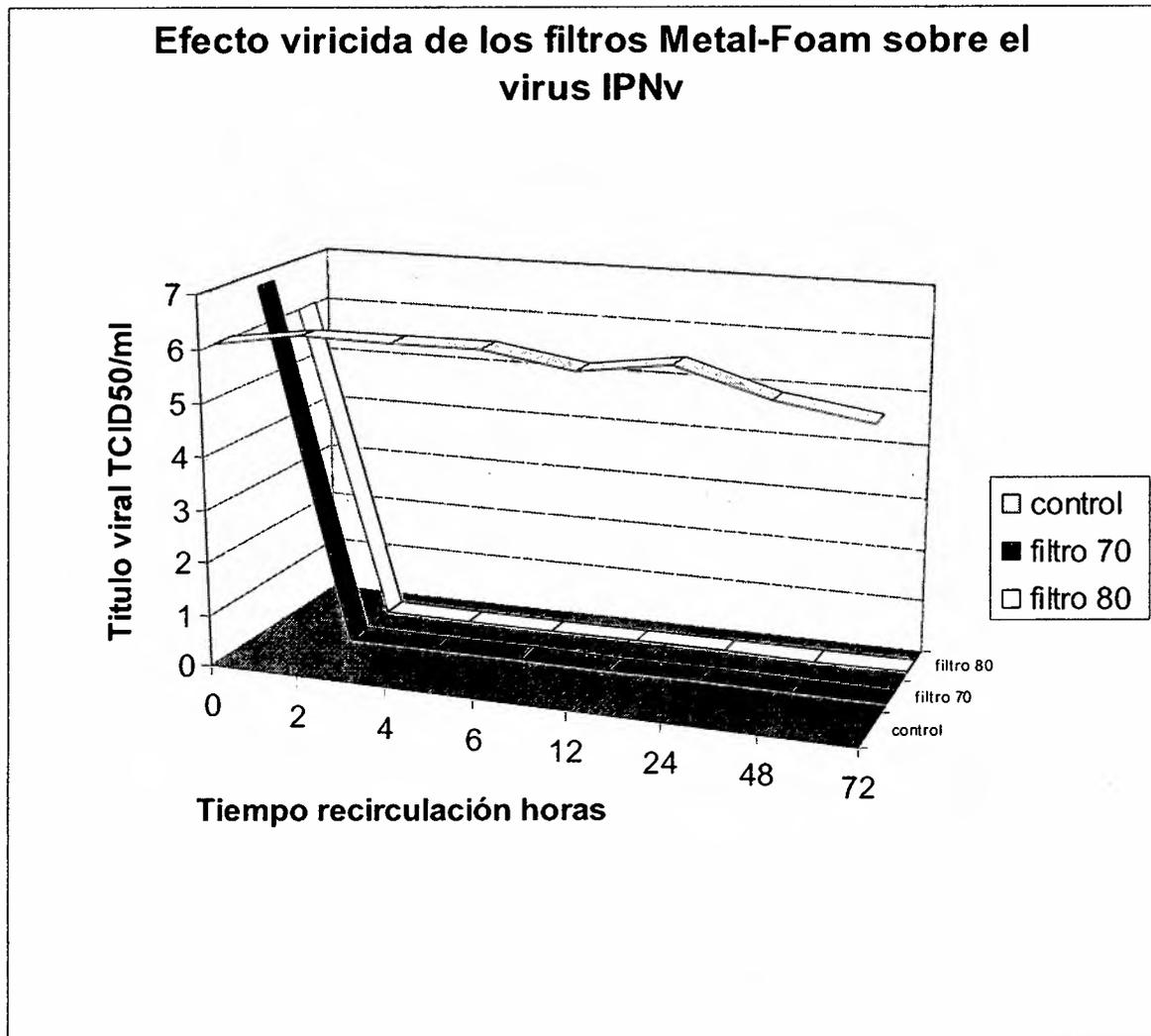
Uno de los acuarios se utilizó como control y en los otros 2 se adaptaron los filtros de Metal Foam de 70 y 80.

Se tomaron muestras de agua desde cada uno de los sistemas de recirculación (control y filtro 80) a los tiempos 0, 2, 4, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de transcurrido la adición del inóculo Viral y de puesta en marcha de las bombas de recirculación.

**Tabla N° 2:** Se observan los resultados de las concentraciones virales expresadas en (Título Viral) de las muestras de agua tomadas a los tiempos (0, 2, 4, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs). resultados de la evaluación del Filtro Metal-Foam con porosidad 70 y 80.

	<b>filtro 70</b>	<b>filtro 80</b>	<b>control</b>
<b>tiempo hrs</b>	Concentración expresada en título viral		
0	6,75	6	6
2	0	0	6.25
4	0	0	6,25
6	0	0	6,25
12	0	0	6
24	0	0	6,25
48	0	0	5,75
72	0	0	5,5

**Grafico N° 2:** Se observan las tendencias de los títulos virales relacionados con los tiempos de exposición a los filtros Metal-Foam de distinta porosidad, comparados con el control sin filtro.



## 5.- CONCLUSIONES:

Las conclusiones se basan en los resultados obtenidos en este ensayo, realizado bajo la metodología descrita en Material y Método.

1.- Luego de someter a los filtros (80 y control) a un sistema cerrado de recirculación con una suspensión de Flavobacterias equivalente a  $10^8$  ufc/ml, a las 5 horas de recirculación, el Filtro Metal-Foam con porosidad de 80, fue capaz de reducir 120.000 veces la cantidad de Flavobacterias presentes en este medio acuoso.

2.- En el caso de someter a los filtros (80, 70 y control) a un sistema cerrado de recirculación con una suspensión de IPN equivalente a  $10^8$  TCID<sub>50</sub>/ml , a las 2 horas de recirculación, los Filtros Metal-Foam con porosidad de 80 y 70 fueron capaces de reducir la capacidad de infección del Virus IPN presentes en este medio acuoso.

3.- En términos generales podemos concluir que los filtros Metal-Foam han demostrado su capacidad para reducir drásticamente y en poco tiempo las concentraciones de bacterias y virus tipo Flavobacterias e IPN presentes en los ambientes acuáticos ensayados.

4.- Esta tecnología ha sido capaz de demostrar su capacidad bactericida y viricida, colocando en manos de esta industria una nueva herramienta para combatir las distintas enfermedades bacterianas y virales presentes en los ambientes acuáticos donde se cultivan las especies de salmónidos.

-----  
Roxana Arriagada  
Jefe Laboratorio Ictiopatología  
SGS Aquatic Health Chile

-----  
Eduardo de la Fuente  
Gerente de Desarrollo  
SGS Aquatic Health Chile