



siembra de vitalidad y beneficio económico • siembra de vitalidad y beneficio económico

AquaGen™

Boletín Informativo  
Nº 5 / 2005

## La selección para incrementar la resistencia a enfermedades da resultados

Aqua Gen ha implementado y desarrollado un trabajo pionero de mejoramiento de resistencia transgénica, el cual fue fundado por Trygve Gjedrem y sus asociados en AKVAFORSK a comienzos de los años 90. Alrededor de 1995 hicimos la primera selección para incrementar la resistencia a ISA y furunculosis. En 1997 iniciamos la experimentación con IPN y la primera selección fue realizada en el año 2001.

### Variación genética y correlaciones – también para “nuevas” enfermedades

Un primer requisito para la reproducción selectiva es que las características muestran variación genética. La heredabilidad es una medida de la variación la cual se debe a la genética y es denotada en una escala desde 0 a 1. Para la mayoría de las características en nuestro programa de reproducción la heredabilidad se encuentra en un rango de 0.2 a 0.3. Para cada selección nuestros genetistas estiman una correlación genética entre las diferentes características. Es importante asegurar que el progreso de una característica no implica el retroceso en otra característica. Sin embargo se pueden utilizar correlaciones favorables para obtener progreso genético para otras características además de las seleccionadas. Las correlaciones entre las características no pueden ser calculadas para otras características que no sean aquellas que se está testeando.

En sus inicios AKVAFORSK realizó experimentos de resistencia con Vibriosis de Agua Fría, Vibriosis y BKD (Gjedrem et al. 1995). Además de llevar a cabo experimentos de infección con ISA, Furunculosis e IPN, Aqua Gen realizará experimentos de infección con bac-

terias que causan Ulceras de Invierno y Piscirickettsiosis para la producción de los reproductores del plantel del 2005. Las últimas son enfermedades de importancia para Noruega y Chile y es importante saber cómo éstas se correlacionan con la furunculosis y otras enfermedades. La Enfermedad del Páncreas (Páncreas Disease=PD) ha comenzado a ser un problema importante en Noruega y Gran Bretaña / Irlanda. Sin embargo en el presente no se ha desarrollado un desafío al modelo el cual pueda ser utilizado en el trabajo de reproducción. En cooperación con Marine Harvest, Aqua Gen realizará un ensayo de campo con

la población 2005 en un área donde hay una alta incidencia de PD.

En la Tabla 1 se muestran las enfermedades que hemos testeado hasta hoy, los ensayos que han sido realizados por AKVAFORSK y aquellos que han sido dirigidos en el año 2005 por Aqua Gen. Es importante hacer notar que no han sido encontradas correlaciones desfavorables para las enfermedades testeadas (Tabla 1). Para algunas enfermedades existe una correlación positiva favorable, lo cual contribuye al progreso en otras enfermedades diferentes a aquellas que han sido testeadas.



Tabla 1. Resistencia a las tres enfermedades incluidas hoy en el programa de reproducción (verde). En los inicios AKVAFORSK dirigió experimentos genéticos con tres enfermedades bacterianas (rojo). Aqua Gen está dirigiendo experimentos con tres “nuevas” enfermedades (azul) en el 2005.

+, ++, +++: correlación positiva débil, mediana y fuerte, respectivamente. ±: sin correlación. ?: faltan datos de correlación. La heredabilidad estimada está escrita en la diagonal para las enfermedades para las cuales estamos testeando en el presente.

	Furunculosis	ISA	IPN	Vibriosis	<i>Vibrio salmonicida</i>	BKD	Enfermedad del agua fría	Piscirickettsiosis	Enfermedad del Páncreas
Furunculosis	0,3-0,4	±	±	+	+	+++	?	?	?
ISA		0,2	+	±	±	?	?	?	?
IPN			0,3-0,4	?	?	?	?	?	?
Vibriosis					+++	?	?	?	?
<i>Vibrio salmonicida</i>						+	?	?	?
BKD							?	?	?
Enfermedad del agua fría								?	?
Piscirickettsiosis									?
Enfermedad del Páncreas									

### Selección documentada en respuesta para IPN

Tenemos varios indicios de que la selección para la resistencia a IPN nos lleva cerca de la meta, lo que será favorable debido a las grandes pérdidas por IPN las cuales afectan a todos los países productores de salmón. El primer test, que se llevó a cabo en 1997 incluyó 50 familias. En 1998 hubo un brote de IPN en agua de mar desarrollado por la misma población de reproductores. Encontramos una correlación positiva

de 0,56 entre la mortandad generada en el test (realizado sobre individuos de 0,2 gramos) y la mortandad producida en el brote de campo (individuos mayores de 100 gramos), ver Figura 1. Durante el brote de IPN en la fase de agua dulce en el año 2002, la correlación genética entre la mortandad en el test y la mortandad de campo fue calculada como 0,80.

Aqua Gen tiene como propósito acumular tanta documentación como sea posible en el trabajo de selección. Esto

adquirió importancia en el año 2004 cuando VESO Vikan y el Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Research (Fiskeriforsning) en Tromsø nos contactó consultando por ovas provenientes de las familias con bajo valor de reproducción para la resistencia a IPN. En ambas estaciones de investigación tuvieron problemas para lograr mortalidades aceptables en los test de desafío con material de la cepa Aqua Gen.

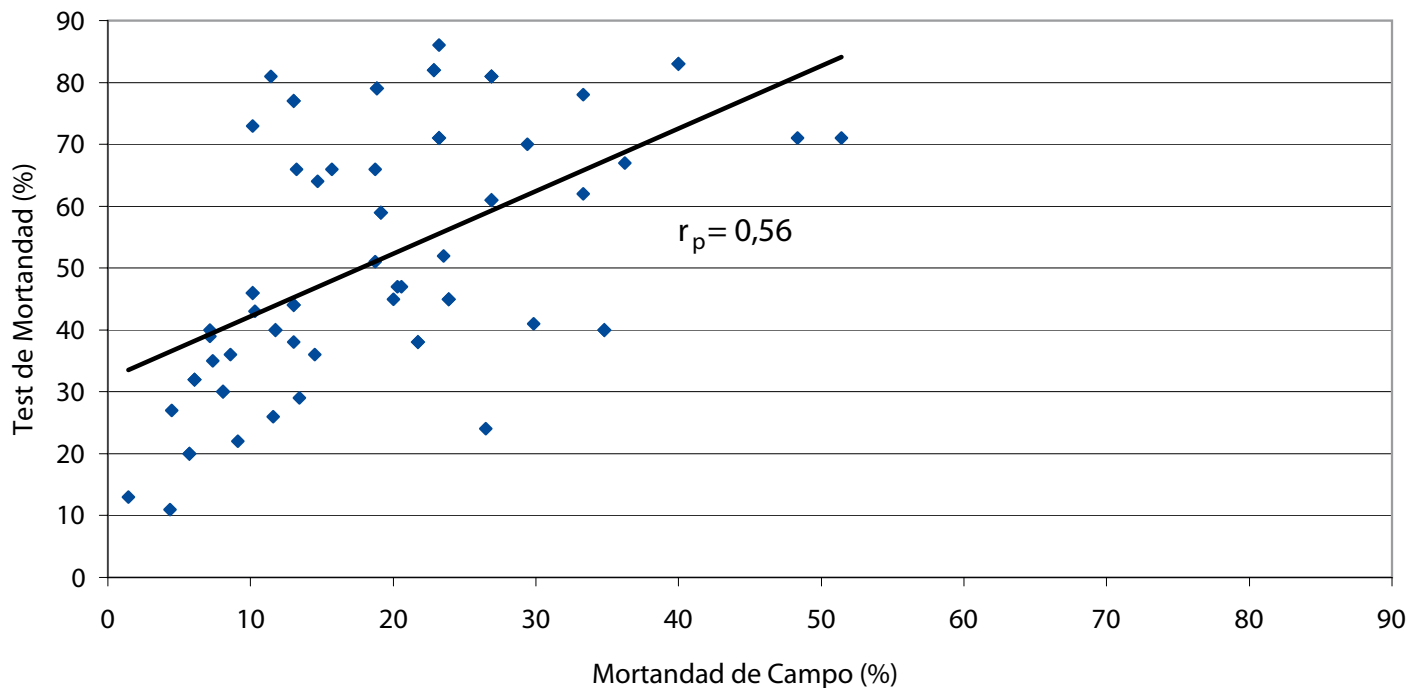


Figura 1. En 1998 hubo tres brotes de IPN en los post smolt en el mar en la misma población los cuales fueron testeados por VESO Vikan como pequeños alevines en 1997. El diagrama muestra la correlación fenotípica en la mortandad a nivel de familia entre el test y el brote de campo.

Con el fin de documentar que el trabajo de reproducción resultara en un material más resistente a IPN, se planificó un experimento con tres grupos de peces:

Grupo 1. Ovas comerciales de la cepa Aqua Gen provenientes de 28 familias fuertemente seleccionadas por su resistencia a IPN. Estas familias fueron utilizadas para producir ovas para los clientes de Aqua Gen en la temporada 2004/2005, que preguntaron por peces con una alta resistencia a IPN.

Grupo 2. Ovas provenientes de 9 familias con bajo valor de reproducción para la resistencia a IPN. Estas familias fueron utilizadas para producir ovas con una esperada baja resistencia a la enfermedad y que deberían ser utilizadas en experimentos en VESO Vikan y Fiskeriforskning en Tromsø.

Grupo 3. Ovas provenientes de 4 familias de salmón silvestre con valores de reproducción desconocido para la resistencia a IPN. Estas familias fueron incluidas con el fin de ver cuántos peces no seleccionados fueron infectados por IPN.

El experimento se llevó a cabo sobre una cohorte de peces de primera alimentación (individuos de 0,2 gramos). Estos tres grupos de peces fueron infectados cada uno en 7 réplicas, y cada grupo tuvo un control no infectado. La mortandad acumulada para los tres grupos 50 días después de la infección fue clasificada como se muestra en la Figura 2. Los peces que fueron seleccionados por alta mortandad tuvieron una mortandad dos veces más alta respecto de los peces seleccionados por baja mortandad. Esto demuestra que el método utilizado por Aqua Gen para la selección por resisten-

cia incrementada contra IPN es efectivo, y que la resistencia a IPN puede ser incrementada significativamente después de solamente una selección.

VESO Vikan dirige todos nuestros ensayos de infección para la selección de resistencia incrementada contra enfermedades infecciosas y la documentación de este experimento es el resultado de un proyecto conjunto llevado a cabo en cooperación entre Aqua Gen y VESO. Este experimento será repetido sobre el mismo material de peces durante la esmoltificación en otoño del 2005.

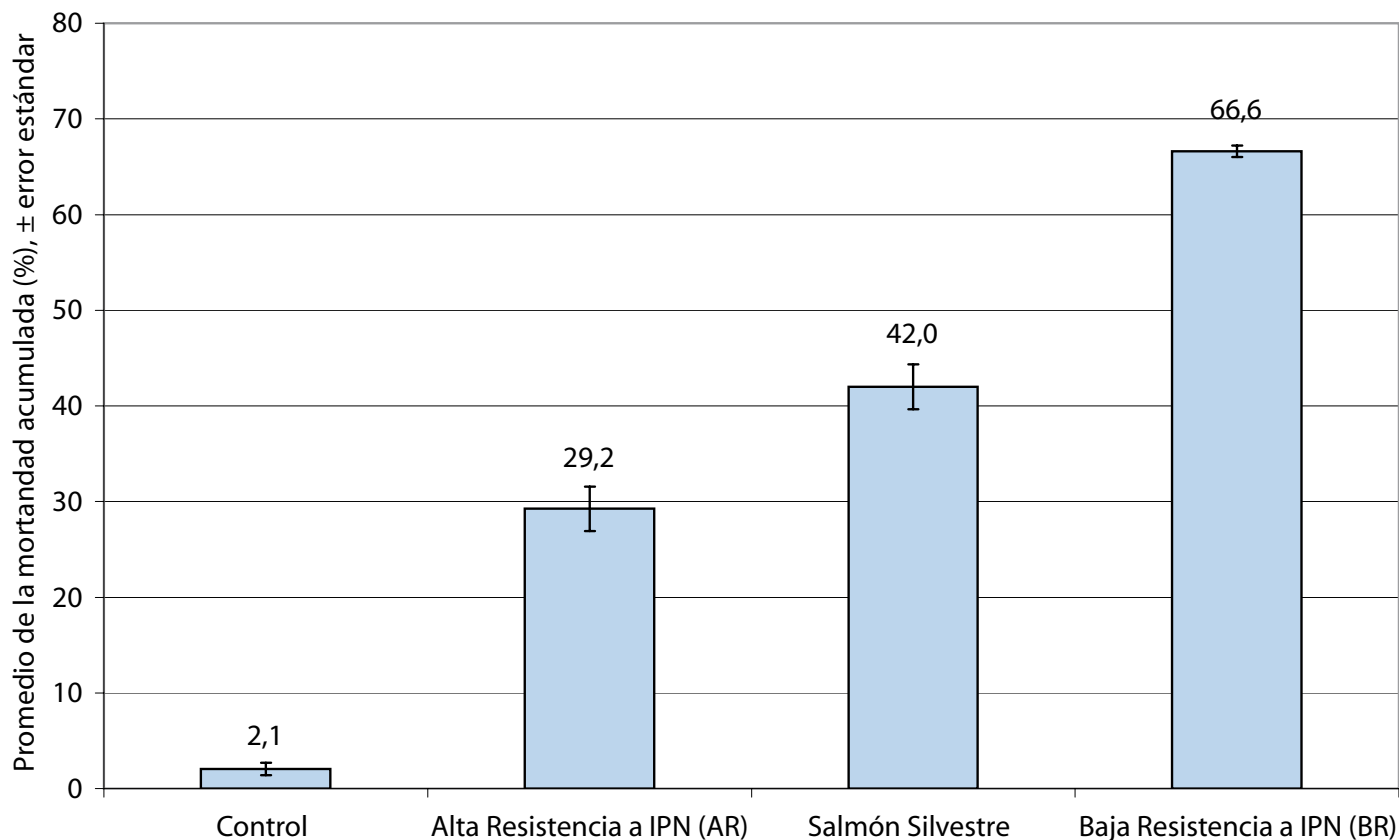


Figura 2. Promedio de la mortandad acumulada ( $\pm$  error estándar) en los ensayos de infección con tres grupos diferentes con respecto a la resistencia a IPN. Los peces que fueron seleccionados por su baja resistencia a IPN (BR) tuvieron una mortandad más de dos veces más alta comparada con los peces que habían sido seleccionados por su alta resistencia a IPN (AR). Los bajos errores estándar indican una muy pequeña variación entre las siete réplicas en cada grupo

### Marcadores Genéticos para la Resistencia a Enfermedades

La investigación moderna para la reproducción se trata en gran medida de la búsqueda de marcadores genéticos que están unidos a los genes que codifican para las diferentes características de la selección. En la selección para la resistencia incrementada a enfermedades es especialmente útil intentar la selección asistida por marcadores (MAS/GAS). Esto nos hará menos dependientes en la realización de test de infección haciendo más efectiva la selección. Hoy en día nosotros sólo empleamos la información de las familias del programa de reproducción para la resistencia incrementada a las enfermedades, pero la variación genética dentro de las familias, en las cuales se tiene la menor mortandad en los test de infección, el progreso genético se incrementará significativamente.

Aqua Gen ha participado en un proyecto de investigación financiado por la Unión Europea con el fin de encontrar

si las variantes de los genes del sistema inmune (MHC) dan diferentes niveles de protección en contra de ISA y Furunculosis. Esto se ha llevado a cabo mediante el proyecto fundado por el Norwegian Research Council (NRC) en cooperación con el Norwegian School of Veterinary Science, con uno de los empleados PhD de Aqua Gen. Este proyecto será terminado en el transcurso del 2005. Las variantes genéticas han sido identificadas y patentadas, y dan protección incrementada en contra de las enfermedades mencionadas más arriba, pero aún no han sido implementadas en el trabajo de la reproducción.

Un nuevo proyecto financiado por el NRC controlado por Aqua Gen se inició en el año 2005: "Selección asistida por marcadores para la resistencia a IPN en Salmón del Atlántico". AKVAFORSK y el Norwegian School of Veterinarian Sciences son socios investigadores en estos proyectos de investigación de tres años. El proyecto estará estrecha-

mente ligado al Centro para la Genética Integrada (CIGENE) y serán empleados los más modernos métodos de investigación de la genética molecular (Single Nucleotide polymorphisms, SNP). Un segmento de implementación ("prueba de concepto") también es parte del proyecto. El proyecto tiene una estructura de financiamiento total de 11 millones de Coronas Noruegas (NOK) y un buen diseño de investigación que significa que la implementación de la selección asistida por marcadores en el trabajo de reproducción es una meta realista como resultado directo de este proyecto. Si éste es el caso, éste será un progreso en la reproducción de peces, nacional e internacionalmente.

### Referencias

Gjedrem, T., Gjøen, H.M. (1995) Genetic variation in susceptibility of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., to furunculosis, BKD and cold water vibriosis. *Aquaculture Research*, 26, 129 – 134.