

## **Modulación de la inmunidad en *Salmo salar* en centros de cultivo en mar tratados con aditivos en la dieta**

Byron Morales-Lange<sup>3</sup>, Felipe Stambuk<sup>1,2</sup>, Felipe Ramírez-Cepeda<sup>1</sup>, Cristian Valenzuela<sup>1</sup>, Jörn Bethke<sup>4</sup>, Carlos Soto<sup>5</sup> & Luis Mercado<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Marcadores Inmunológicos, Instituto de Biología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 2374631, Chile.

<sup>2</sup>Programa de Doctorado en Biotecnología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso and Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

<sup>3</sup>Department of Animal and Aquaculture Sciences, Faculty of Biosciences, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway.

<sup>4</sup>AQUIT SpA, Viña del Mar, Chile.

<sup>5</sup>Salmones Camanchaca, Puerto Montt, Chile.

\*: Corresponding author: luis.mercado@pucv.cl (LM)

### **Resumen**

La industria salmonera chilena se ve constantemente afectada por brotes infecciosos de bacterias y virus, así como por condiciones ambientales adversas como la baja disponibilidad de oxígeno en el agua o la proliferación de algas. Estas amenazas generan grandes pérdidas económicas asociadas a la mortalidad en la fase de agua de mar. Es por ello que resulta fundamental generar nuevas estrategias para reducir la mortalidad de peces, donde el uso de alimentos suplementados con componentes funcionales aparece como una de las alternativas con mayor potencial debido a la gran cantidad de inmunoestimulantes disponibles en la actualidad. A pesar de esto, se desconoce la modulación del estado inmunológico en condiciones de campo.

### **Introducción**

El salmón del Atlántico (*Salmo salar*) es el salmónido más cultivado en el mundo y Chile es su segundo productor con exportaciones valoradas en USD 3.831 millones durante 2022. Sin embargo, se producen importantes pérdidas económicas en la salmonicultura chilena debido a condiciones estresantes como enfermedades infecciosas y problemas ambientales. Para controlar los brotes infecciosos, particularmente el de la bacteria intracelular *Piscirickettsia salmonis*, el uso de antibióticos como el florfenicol se ha transformado en la estrategia más utilizada por la industria. En los últimos años, el uso de antibióticos ha generado preocupaciones relacionadas con la resistencia a los antimicrobianos en las bacterias del agua de mar. Es por esta razón que se han desarrollado nuevas estrategias que combinan aspectos nutricionales con la modulación del sistema inmunológico de los peces para mejorar la salud y el bienestar general, reduciendo así el uso de compuestos antimicrobianos sintéticos. En este contexto, se ha propuesto el uso de aditivos alimenticios en dietas funcionales como una alternativa interesante para reforzar el sistema inmunológico de los peces, sin embargo, se desconoce cómo el sistema inmune es modulado en condiciones de cultivo por estas dietas.

### **Materiales y métodos**

El objetivo de nuestro estudio fue analizar la expresión génica de marcadores moleculares relacionados con la inmunidad innata (citoquinas y péptidos antimicrobianos) e inmunidad adaptativa (inmunoglobulinas, complejo mayor de histocompatibilidad y marcadores de superficie celular) en el riñón cefálico, branquias y bazo de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) alimentados durante 90 días con una dieta comercial (dieta control, CD) o con dietas experimentales que contienen aditivos desarrollados por compañías de alimentos (PS: Pack salud o FT: Futerpenol®) en fase de agua de mar. Las muestras se recolectaron después de 34 (S1: muestreo 1) y 90 (S2: muestreo 2) días de tratamiento con dietas funcionales, y después de 42 (S3: muestreo 3) días después de finalizar la administración de alimentos funcionales.

### **Resultados y discusiones**

Los resultados obtenidos mostraron que los niveles de ARNm de varios marcadores moleculares fueron modulados por las dietas funcionales en los tres órganos analizados. Por ejemplo, los biomarcadores innatos (p. ej., *ifn-γ*, *il-10*, *inos*, *hepcidina*) y adaptativos (p. ej., *igm*, *igt*) se vieron regulados positivamente en las branquias y el bazo de los peces alimentados con PS o FT en el muestreo 1 en comparación con el grupo control. Entre los muestreos 2 y 3, se informó una floración natural de algas en la piscifactoría. Curiosamente, el riñón cefálico

de peces alimentados con FT mostró una respuesta inmune innata aumentada (celular: *inos* y humoral: *hepcidina*, *catelicidina*), coordinada por citoquinas (*il-1 $\beta$* , *ifn- $\gamma$*  e *il-10*) y marcadores de superficie celular (*cd86*, *mhci* y *mhcii*) en S3. A pesar de ocurrir eventos naturales como la proliferación de algas, nuestro análisis ilustra cómo las moléculas asociadas con diversas etapas de la respuesta inmune se modulan positivamente en peces a los que se les administran alimentos suplementados. Esto refuerza la propuesta de que el uso de alimentos funcionales es crucial para mejorar y consolidar la producción de proteínas para el consumo humano. Además, la inclusión de aditivos como el FT durante la programación nutricional de los peces podría resultar beneficiosa para reforzar la salud y el bienestar a largo plazo del salmón del Atlántico de cultivo, lo que contribuye fuertemente con mejorar el bienestar animal durante el ciclo productivo.

**Palabras clave**

Respuesta inmune, alimentos funcionales, bienestar animal, nutrición