

MARZO 2024

POLICY BRIEF N°14

ADITIVOS FITOGÉNICOS APLICADOS EN DIETAS FUNCIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SALUD DE SALMÓNIDOS

Natacha Santibáñez, Tatiana Pérez, Luis Vargas y Alex Romero.
Contacto: alexromero@uach.cl

I. CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA

El proyectado aumento de la población mundial está asociado a un incremento en la demanda de fuentes proteicas para el consumo humano. En este escenario, los recursos de proteínas de origen marino se presentan como una excelente alternativa frente a los animales terrestres, considerando que el 70% de la superficie del planeta corresponde a océanos. En la última década, la producción de proteínas asociado a las actividades de captura, ha ido en disminución para evitar la sobreexplotación de estos recursos, dando paso a un crecimiento acelerado de la acuicultura (FAO, 2022). Pero este crecimiento ha ocasionado un aumento de la demanda de nuevos ingredientes y materias primas destinados a la alimentación de organismos acuáticos de cultivo, en especial los peces.

La harina de pescado ha sido el ingrediente proteico predominante utilizado en las dietas acuícolas, ya que es particularmente adecuada para las especies de peces marinos piscívoros como el salmón y la trucha. Sin embargo, la producción mundial de harina de pescado ya no es sostenible, ya que depende de la disponibilidad de poblaciones de peces marinos pelágicos, los cuales están siendo sobreexplotados. Por esta razón, la industria acuícola ha ido introduciendo fuentes alternativas de proteínas y aceites en las dietas de los peces de cultivo. En el caso de Noruega, la composición del alimento para salmones ha cambiado considerablemente desde 1990, reemplazando una parte cada vez mayor de ingredientes marinos por ingredientes vegetales. Esta tendencia se ha ido replicando en todos los países productores de salmón, principalmente en Escocia, Canadá y también en Chile.

Existen fuentes proteicas de origen vegetal, como la soya, el trigo o los guisantes, los que se han utilizado ampliamente en alimentación de peces, debido a su disponibilidad en el mercado, alta palatabilidad, amplia distribución y calidad nutricional aceptable. A pesar de estas ventajas, existen varios efectos adversos potenciales de las dietas basadas en ingredientes vegetales, algas u otras fuentes alternativas para las especies de salmónidos. Una de las principales preocupaciones es que las dietas basadas en fuentes alternativas de proteínas y aceites pueden ser bajas en ciertos nutrientes claves, como los ácidos grasos omega-3, que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las especies de salmónidos. La falta de estos nutrientes en la dieta puede conducir a un crecimiento y desarrollo deficientes, así como a una mayor susceptibilidad a enfermedades bacterianas o virales. Además, algunas dietas de base vegetal pueden contener compuestos anti-nutricionales, que interfieren con la absorción de nutrientes esenciales y que adicionalmente pueden tener efectos negativos en la salud y el bienestar de los peces. En este sentido, dietas con fuentes alternativas de proteínas, potencialmente pueden

provocar problemas a nivel intestinal derivados de procesos inflamatorios, caracterizados por alteraciones en la morfología y funcionalidad intestinal, los que pueden llegar a ser perjudiciales para los peces. Adicionalmente, independiente de la causa, los procesos inflamatorios intestinales, alteran de forma significativa la salud de los peces, reduce su tasa de crecimiento y aumenta su susceptibilidad a enfermedades infecciosas. Bajo este escenario y sumado al efecto de variables medioambientales derivados del cambio climático, floraciones de algas nocivas (FAN), variaciones de la concentración de oxígeno y el aumento sostenido de la producción a nivel global, el bienestar de los peces se verá significativamente afectado. En este sentido, considerando la directa interacción con el medio acuático, la morfo-funcionalidad de las mucosas de peces como la branquial, piel y principalmente la intestinal, deberá responder de manera eficiente ante estos cambios, debiendo la industria acuícola desarrollar nuevos enfoques para incorporar el uso de aditivos que garanticen la funcionalidad de mucosas y, por ende, la salud de los peces.



II. DIETAS FUNCIONALES

Las dietas funcionales corresponden a dietas “fortificadas” con aditivos o productos seleccionados, en forma de ingredientes naturales, nutrientes esenciales o nutraceuticos (nutriente estandarizado o aditivo) que aportan beneficios para la salud. Esto implica en general, un mejor estado de salud de los peces, una reducción de la infección y de morbilidad durante los brotes de enfermedades infecciosas, junto con una mejor inmunocompetencia antes o durante los procesos de vacunación, así como contrarrestar la inmunosupresión causada por el estrés y los contaminantes. Ejemplos de aditivos funcionales incluyen bacterias probióticas, componentes prebióticos, inmunoestimulantes, enzimas, antioxidantes, vitaminas, ácidos orgánicos y extractos de plantas. Los alimentos funcionales representan formas atractivas, naturales y fáciles de aliviar el resultado de enfermedades infecciosas y el estrés indefinido antes o durante las etapas sensibles del desarrollo y las condiciones de producción. Los modos de acción de los aditivos parecen ser multidimensionales, mediante la modificación del metabolismo del huésped, una mayor absorción y rendimiento de nutrientes, estimulación inmune, exclusión e inhibición de patógenos en el tracto intestinal y un mejor manejo de diferentes tipos de factores estresantes y ambientales.

III. ADITIVOS FITOGÉNICOS

Los aditivos fitogénicos corresponden a aquellos compuestos, moléculas y metabolitos derivados de extractos vegetales que se aplican en dietas y cuyo objetivo es mejorar la salud y productividad de especies acuáticas de cultivo. Estos aditivos tienen varios efectos beneficiosos en los animales, incluida la mejora en la digestión, la absorción de nutrientes, una estimulación del sistema inmunológico y la reducción del estrés (Lieke *et al.*, 2019). Los compuestos funcionales de los aditivos fitogénicos incluyen flavonoides, fenoles, alcaloides, saponinas, esteroides, taninos y terpenoides, entre otros. Algunos ejemplos de aditivos fitogénicos utilizados en la acuicultura incluyen aceites esenciales, extractos de plantas y materiales vegetales fermentados. En este sentido, se ha descrito que los extractos de diversas plantas mejoran la capacidad antioxidante, el rendimiento del crecimiento y la salud general de algunas especies de peces. Otros beneficios sobre los peces incluyen principalmente un aumento del crecimiento y resistencia a enfermedades. Sin embargo, existe poca información de este tipo de productos en especies de salmónidos, donde se pueden encontrar algunos artículos principalmente en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y, en menor medida, en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), los que se describen en el anexo tabla I (Santibáñez *et al.*, 2023).

IV. APLICACIÓN DE ADITIVOS FITOGÉNICOS EN SALMÓNIDOS

Efectos en parámetros productivos: Se han evaluado aditivos fitogénicos tanto en forma de extracto total como de aceites de origen fitogénico sobre el crecimiento de los peces, principalmente aumentos significativos en la tasa de conversión (FCR, Feed Conversion Ratio), crecimiento específico (SGR, Specific Growth Rate), ganancia de peso (WG, Weight Gain Rate) y peso final (FW, Final Weight). En trucha, se describe que el extracto de cilantro (*Coriandrum sativum*) agregado al 2% en una dieta con fuentes de proteínas y aceites derivados de plantas, generó una disminución del FCR para esta especie. Por otra parte, la curcumina incluida en un rango de 1% a 4% mejora significativamente la WG y SGR con una concomitante disminución del FCR. El mismo efecto fue observado con extracto de ortiga (*Stachys officinalis*) al 8% en la dieta, mientras que el 5 % de extracto de malva (*Malvae sylvestris*), disminuyó el FCR, con un aumento de WG y SGR con una mejora en la tasa de supervivencia frente a la infección con *Yersinia ruckeri*. De igual forma, el extracto de orujo de uva al 0,8 %, aumentó el WG, asociado a la mejora de la capacidad antioxidante plasmática y la modulación

positiva del microbioma intestinal en trucha. De manera similar, los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) mostraron mayores valores de FW, WG y SR, mientras que disminuyeron el FCR para esta especie. En cuanto a *S. salar*, se ha observado que el extracto de una mezcla de salvia (*Salvia officinalis*) y hierbaluisa (*Aloysia citrodora*) adicionado al 0,1% en la dieta, mejoraron de forma significativa la WG y redujo la FCR en esta especie.

Efectos en el sistema inmune y resistencia a enfermedades: El control de enfermedades infecciosas posee una significativa relevancia en sistemas de producción intensiva de peces, por lo que la mayoría de los estudios realizados hasta el momento, describen propiedades de los aditivos fitogénicos sobre la respuesta inmune y/o resistencia a enfermedades infecciosas. Como principal indicador de acción sobre la respuesta inmune del hospedero se reporta el aumento significativo de la actividad de la lisozima y de los niveles de inmunoglobulinas, principalmente IgM. Esto se ha descrito para *O. mykiss* en respuesta a



tratamientos con aceite de tomillo 1 %, extracto de ortiga 8 % y extracto de galanga (*Alpinia officinarum*) 1,5 %. Por otra parte, para *S. salar*, se ha determinado que el extracto de Aloe vera 0,04 % disminuye la enteritis causada por la harina de soya, concomitante con la disminución de la expresión de genes pro-inflamatorios a nivel intestinal (Fehrmann-Cartes *et al.*, 2022). Por otro lado, existen reportes de la inclusión de frutos cítricos y aceite esencial de orégano en *O. mykiss*, mejorando la resistencia a *Lactococcus garvieae*, con una disminución sustancial de la mortalidad causada por la infección con esta bacteria. Adicionalmente, una mezcla comercial de aceites esenciales generó el aumento de la resistencia a la infección con *Aeromonas salmonicida* en *O. mykiss* y para *S. salar*, el extracto de *Andrographis paniculata* disminuyó la mortalidad causada por *Piscirickettsia salmonis*, asociado a la

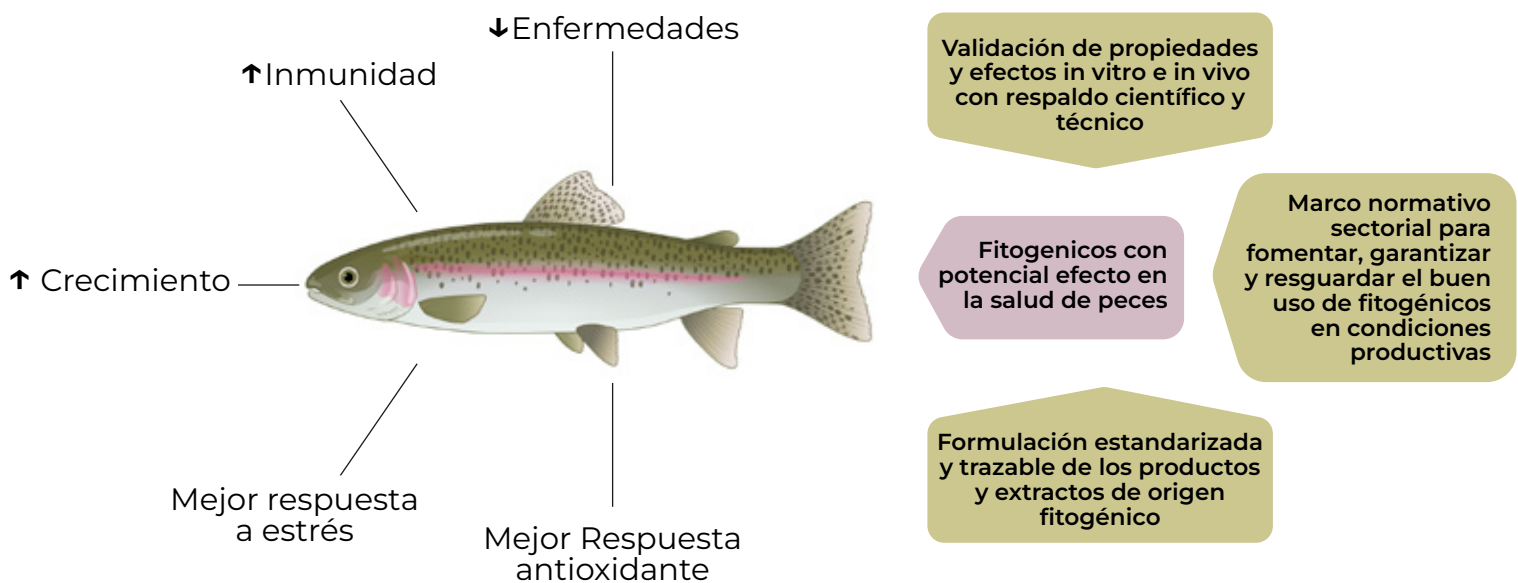
modulación positiva de la inmunidad innata y específica en peces alimentados con este aditivo (Romero *et al.*, 2021). Del mismo modo, el uso de *Quillaja saponaria* reduce la mortalidad de salmón del Atlántico infectado con *P. salmonis*. Por otra parte, se ha descrito que de extracto de cilantro al 2%, malva al 5% y de hala (*Pandanus tectorius*) al 2%, aumentan la resistencia a *Yersinia ruckeri*, mientras que en el rango de 1% a 4 % de curcumina, induce el mismo efecto contra *A. salmonicida*. Por otro lado, para *S. salar*, investigadores describen la modulación positiva de la respuesta inmune a nivel transcriptómico en riñón anterior, junto con el aumento de la resistencia a la infección con *A. salmonicida*, en peces alimentados con una dieta conteniendo un extracto de olivo al 0.15% y una mezcla de salvia y hierbaluisa, adicionados ambos al 0.1 % en la dieta.



Crédito fotografía: Archivo INCAR

Efectos sobre la capacidad antioxidante:

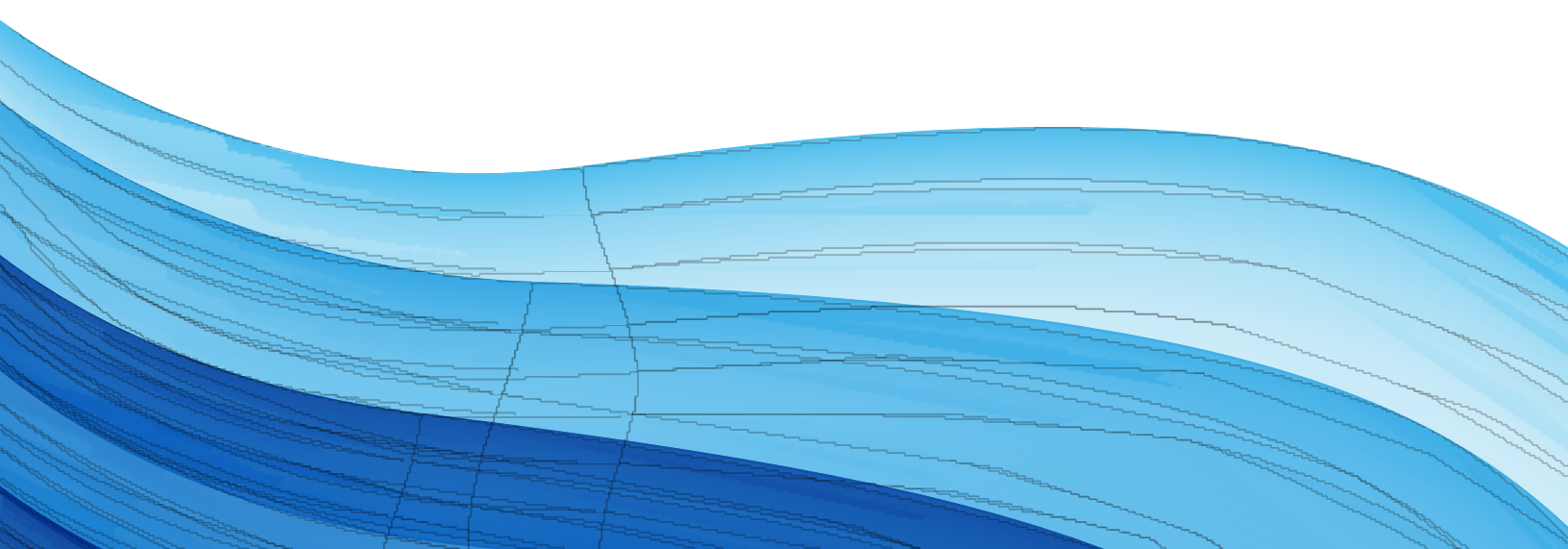
En cuanto a la evaluación de la capacidad antioxidante, fue el parámetro menos estudiado dentro de los ya pocos trabajos realizados con estas especies. Sin embargo, para *O. mykiss* se observó que la inclusión en la dieta de 4 % de curcumina (con una fuente vegetal de proteína y aceite), disminuyó significativamente los niveles de malondialdehído (MDA, producto final de la peroxidación lipídica) y generó un aumento de la actividad enzimática de superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GSH-Px). Por otro lado, para *S. salar* la mezcla de extractos de hierba de San Juan, melisa y romero al 0.6 %, mejoró el estado antioxidante de los peces sometidos a estrés de densidad, disminuyendo la peroxidación lipídica y la carbonilación proteica, aumentando además la respuesta inmune de tipo Th2.





Recomendaciones para Políticas Públicas

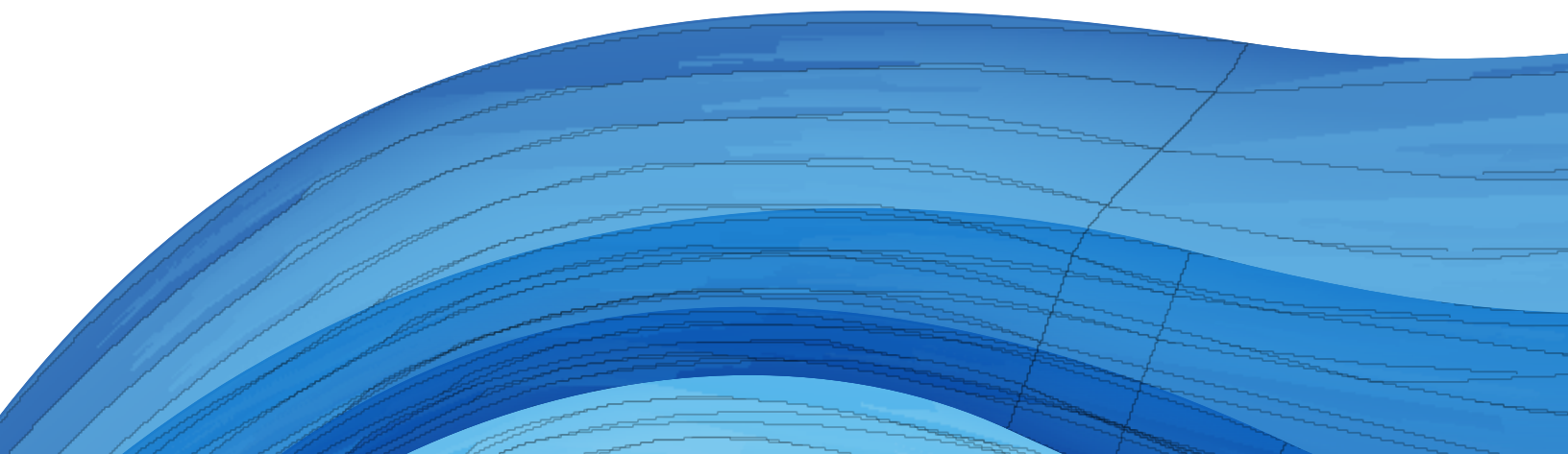
- ▶ Promover el uso de aditivos fitogénicos alimentarios como una alternativa para reducir el uso de antibióticos.
- ▶ Se requiere de una urgente investigación y validación de los mecanismos de acción de los aditivos fitogénicos sobre el sistema inmunológico y respuestas celulares que se desencadenan por las interacciones entre estos componentes multiactivos, el hospedero y estímulos tanto ambientales como patogénicos.
- ▶ Caracterizar y validar las propiedades y mecanismos de acción de estos productos para su aplicación inocua y segura en especies de salmónidos de cultivo.
- ▶ Crear un marco normativo donde la autoridad sectorial pueda fomentar, garantizar y resguardar los ensayos de su uso en condiciones productivas.





Recomendaciones para Políticas Públicas

- ▶ Avalar el uso de extractos fitogénicos altamente estandarizados y trazables, con una validación de concepto funcional científicamente comprobada.
- ▶ Promover instancias sectoriales de discusión que permitan a los distintos actores productivos consensuar estándares de análisis con desarrolladores de productos, centros de investigación y la industria.
- ▶ Promover a nivel gubernamental y sectorial, recursos concursables temáticos para el desarrollo y validación científica-productiva de aditivos funcionales, asociados al desarrollo de proyectos y capital humano avanzado en Universidades y centros de investigación con una fuerte vinculación sectorial.



AGRADECIMIENTOS

Centro INCAR, Fondap ANID.15110027 y 1522A0004; Paula Miranda, ACUANATIVA SpA.

REFERENCIAS

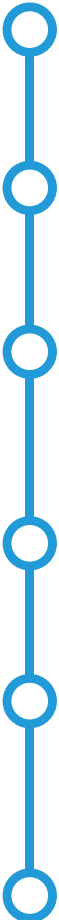
- 
- FAO. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Fehrmann-Cartes K, Vega M, Vera F, Enríquez R, Feijóo CG, Allende ML, Hernández AJ and Romero A. 2022. Aloe vera reduces gut inflammation induced by soybean meal in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Front. Anim. Sci.* 3:1028318.
- Lieke T, Meinelt T, Hoseinifar SH, Pan B, Straus DL, & Steinberg CE. 2020. Sustainable aquaculture requires environmental-friendly treatment strategies for fish diseases. *Reviews in Aquaculture*, 12: 943-965.
- Romero A, Pérez T, Santibáñez N, Vega M, Miranda P. 2021. Phytogenic feed additive (PFA) standardized in labdane diterpens have a protective effect in *Salmo salar* against *Piscirickettsia salmonis*. *Aquaculture*, 533: 736170.
- Santibáñez N, Pérez T, Vargas L, Romero A. 2023. Phytogenic additives in fish diets and their application to improve the salmonids health. En preparación.

TABLA I. Principales plantas utilizadas como aditivos fitogénicos en dietas para salmónidos.

Planta	Inclusión en la dieta	parámetro productivo	Respuesta inmune/ Resistencia a enfermedades	Capacidad antioxidante
Oncorhynchus mykiss				
Cilantro	2%	↑SGR; ↑CF; ↑SR; ↑FW	↑Lisozima y actividades complementarias; ↑Supervivencia a <i>Y. ruckeri</i>	
Tomillo	1%	↑SGR; ↑FW; ↑WG; ↓FCR	↑Lisozima; ↑IL-1β mRNA	
Extracto multicítrico	0,08%	-	↑Supervivencia a <i>L. garvieae</i>	
Orégano, Anís y Cítricos	0,02	-	↑Supervivencia a <i>A. salmonicida</i>	
Orégano	3%	↑SGR; ↑FW; ↑WG; ↓FCR	↑Actividad de lisozima; ↑Supervivencia a <i>L. garvieae</i>	
Cúrcuma	1-4%	↑SGR; ↑WG; ↓FCR	↑Actividades de lisozima y mieloperoxidasa; ↑IgM; ↑Supervivencia a <i>A. salmonicida</i>	↑Actividad de Catalasa, Superoxido dismutasa y Glutación peroxidasa; ↓Niveles de Malondialdehído
Ortiga	8%	↑SGR; ↑FW; ↓FCR	↑Lisozima; ↑IgM; ↑Complemento	
Malva	5%	↑SGR; ↑FW; ↑WG; ↓FCR	↑Lisozima y actividades complementarias; ↑Niveles de Ig; ↑Supervivencia a <i>Y. ruckeri</i>	
Orujo de uva	0,8%		-	
Hala	2%	↑WG -	↑Actividades de Lisozima y Mieloperoxidasa; ↑Supervivencia a <i>Y. ruckeri</i>	
Galanga	1,5	-	↑Actividades antiproteasa de Lisozima y Mieloperoxidasa; ↑IL-1, CD4 y Lyz2 mRNA	
Salmo salar				
Aceituna	0,15%	-	↑Supervivencia a <i>A. salmonicida</i> ; ↑Expresión de genes relacionados a la inmunidad	
Salvia y Cedrón	0,1%	↑WG; ↓FCR	↑Supervivencia a <i>A. salmonicida</i> ; ↑Expresión de genes relacionados a la inmunidad	
<i>Andrographis sp</i>	0,05%	-	↑Supervivencia a <i>P. salmonis</i> ; ↑IL-10, TNF-α, CD8, MHC-II mRNA	
Yerba de San Juan, Toronjil y Romero	0,6%	-	↑Expresión génica Th-2	↓Peroxidación de lípidos; ↓Carbonilación de proteínas;
<i>Quillaja saponaria</i>	12mg/kg pez	-	↑Supervivencia a <i>P. salmonis</i> ; ↑Expresión de genes relacionados a la inmunidad	
Aloe Vera	0,04%	-	↑Actividad de Lisozima; ↓ genes proinflamatorios	



Universidad
de Concepción



Universidad
Andrés Bello®



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

www.centroincarc.cl