

Herramientas nutricionales de origen natural para el bienestar y sustentabilidad ambiental

Javier González, MV, PhD
Nuproxa Chile



INDUSTRIA
FUTURO

15
Marzo
Hotel Enjoy
Puerto Varas



A Swiss Company 



¿Quiénes Somos?

Empresa creada en el 2023 como producto de la fusión de **Agroservice** Ltda. y Agrocomercial **Safratec**, empresas con **23 y 20** años de experiencia en nutrición y salud animal, respectivamente



Conecta soluciones nutricionales innovadoras, **naturales** y de alta calidad a la industria de la nutrición animal y la salud.



Socios estratégicos de **Nuproxa Suiza**, empresa fundada en 2007, impulsada por la ciencia, suministrando soluciones basadas en la tecnología creada por la Naturaleza.



¿Quiénes Somos?



VISIÓN

Ser **líderes** en la industria alimentaria a nivel continental, reconocidos por **soluciones innovadoras, naturales y sustentables** para la nutrición y la salud, que aseguren el **bienestar** animal y del consumidor.



MISIÓN

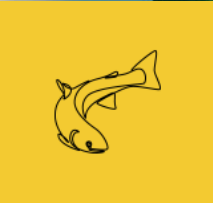
Ser un proveedor **confiable** de soluciones naturales en el ámbito de la industria alimentaria, otorgando un **servicio** innovador y de primer nivel en la comercialización de productos de origen natural para la salud y nutrición animal.



1. Harina de Insecto Hidrolizada



施璐德亚洲有限公司
CNOOD ASIA LIMITED



nuproxa
efficient solutions, naturally

Introducción

- Los **insectos** son una materia prima **sostenible** pues se alimentan de subproductos de la industria alimentaria (**economía circular**).
- Los **insectos** más utilizados para la fabricación de harina para alimentación animal a nivel mundial son:
 - El coleoptero artrópodo ***Tenebrio molitor***, también llamado gusano de la harina.
 - La **mosca soldado negro** (***Hermetia illucens***)



H. illucens



T. molitor

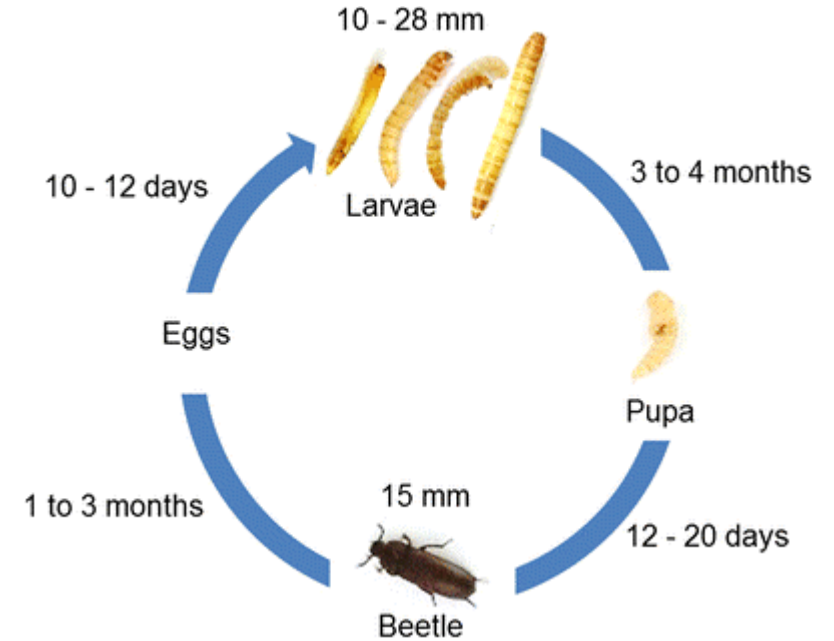


Larvas alimentadas con afrechillo de trigo

Introducción

Harina de Insecto de *Tenebrio molitor*

- El ciclo completo del coleóptero artrópodo *Tenebrio molitor* (gusano de la harina) es de **6 a 7 meses** aproximadamente.
- Se requiere de **9 kg de alimento (afrecho de trigo)** para producir **1 kg de harina de *Tenebrio molitor***.
- **Alimentación de las larvas:** afrecho de trigo + frutas y verduras de estación (repollo, zapallo, sandía, manzana, zanahoria, etc).



El ciclo de vida del escarabajo oscuro *Tenebrio molitor* L.
(Coleoptera: Tenebrionidae)

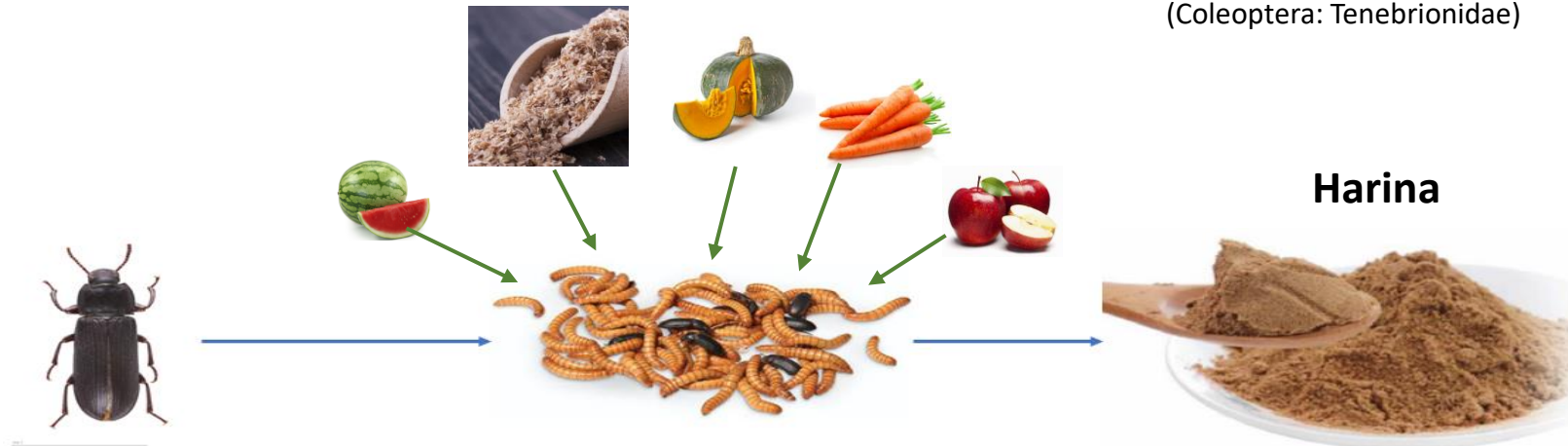
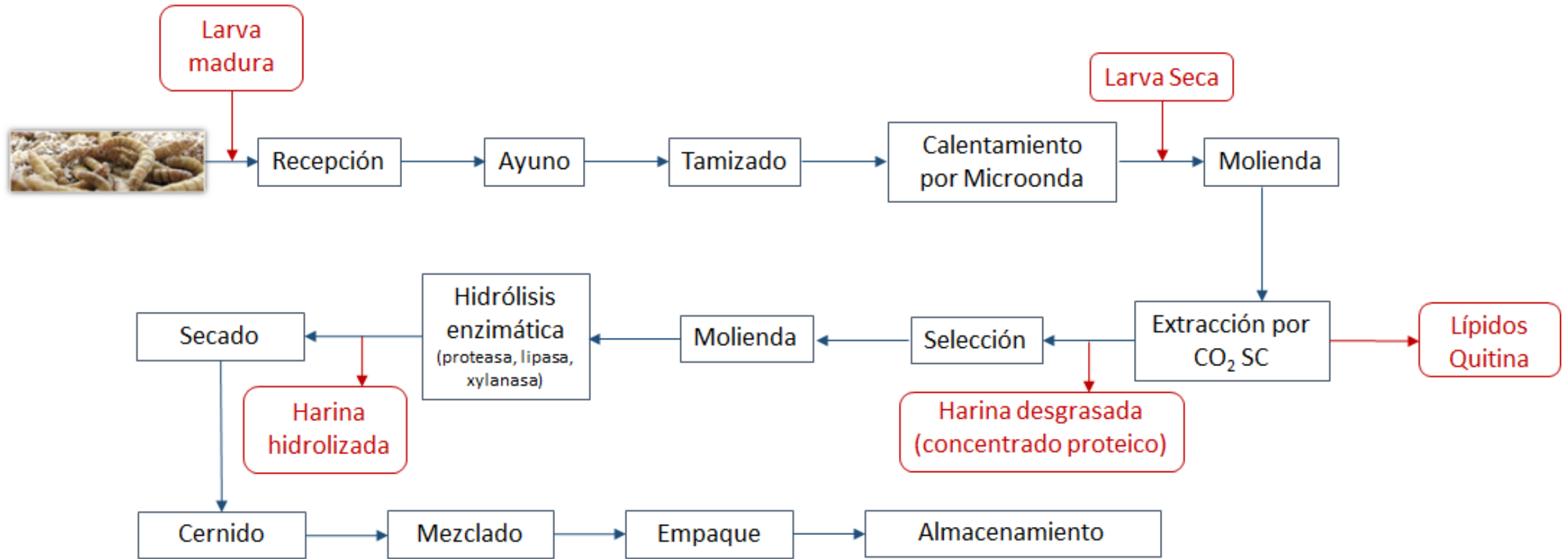


Diagrama de flujo producción de HI



Ficha técnica

Principales características:

- Proteína: 69%
- Grasa: 6%
- Alta digestibilidad de proteína: > 89%
- Alta en lisina: 5,244%
- Alta en histidina: 2,498%
- Alta en ac. Oleico: 34 g/100 g
- Aporta vitaminas y minerales
- Baja en quitina: <1%

DESCRIPTION

Defatted and hydrolyzed insect meal processed from *Tenebrio molitor* (Yellow meal worm) free of chitin.

INDICATIONS

Use in **salmon** feeds.

COMPOSITION

Nutritional matrix for salmonid species.

Nutrients	Unit	Value
Crude protein, %		69
Fat		6
Ash		6,5
Crude fiber	%	2,0
Moisture		7,3
N Free Extract		8,9
Digestible protein		61,4
Gross Energy (GE)	MJ/kg	16,68
Digestible Energy (DE)		15,04

Total amino acids (%) (as % of crude protein)

Lysine		5,244 (7,6)
Methionine		1,456 (2,11)
Methionine + Cystein		2,912 (4,22)
Histidine		2,498 (3,62)
Arginine		5,285 (7,66)
Threonine	%	3,692 (5,35)
Tryptophan		1,339 (1,94)
Valine		5,244 (7,60)
Leucine		6,817 (9,88)
Isoleucine		3,788 (5,49)
Phenylalanine		3,271 (4,74)

Digestible amino acids (%) (Digestibility Coefficients, %)		
Lysine		4,615 (88)
Methionine		1,267 (87)
Methionine + Cystein		2,504 (86)
Histidine		2,190 (88)
Arginine		4,809 (91)
Threonine	%	3,175 (86)
Tryptophan		1,138 (85)
Valine		4,562 (87)
Leucine		6,067 (89)
Isoleucine		3,333 (88)
Phenylalanine		2,977 (91)

Main Fatty Acids (g/100 g fat)		
Myristic acid (C14:0)		2,6
Palmitic acid (C16:0)		21,3
Stearic acid (C18:0)		6,3
Oleic acid (C18:1n9)		34,1
Palmitoleic acid (C16:1n7)	g	2,1
Linoleic acid (C18:2n6)		22,5
α -Linolenic acid (C18:3n3)		2,6
Arachidonic acid (C20:4n6)		3,0

Peptide Size		
≤ 10000 D		99
≤ 60000 D	%	95
≤ 1000 D		90

Others		
Chitin		<1
Taurine	%	0,09
Phospholipids		0,36
Cholesterol	mg/kg	1950
Inositol		200

Minerals		
Phosphorus (P), total		0,52
Phosphorus (Av P) available		0,52
Calcium (Ca)	%	1,20
Magnesium (Mg)		0,30
Sodium (Na)		0,32
Potassium (K)		0,89
Chloride (Cl)		0,98
Zinc (Zn)	mg/kg	110
Copper (Cu)		12
Selenium (Se)		0,12
Manganese (Mn)		150
Iron (Fe)		85
Cobalt (Co)		0,02

Vitamins		
Vitamin E		150
Vitamin K		0,25
C (Ascorbic acid)		46
B ₁ (Thiamine)	mg/kg	3,4
B ₂ (Riboflavin)		12,7
B ₃ (Niacin)		106
B ₅ (Pantothenic acid)		53
B ₇ (Biotin)		0,85
B ₉ (Folic acid)		3,6
B ₁₂ (Cyanocobalamin)		0,57

MANUFACTURED BY

CNOOD ASIA / China

Valor nutricional en salmón Atlántico

Diseño experimental (Habte-Tsion *et al.*, 2024)

- **Lugar:** Universidad de Maine, USA.
- **Peces:** salmón Atlántico de 38,5 g (inicio)
- **Tratamientos:** 4 (ver tabla 2)
- **Ingredientes evaluados:** harina de *T. molitor* (completa y desgrasada vs H. de pescado)
- **Réplicas/ trt:** 4
- **Duración:** 12 semanas
- **Sistema de cultivo:** RAS
- **Temperatura:** 12-14°C

Tabla 1: Composición nutricional de las harinas de *Tenebrio molitor* utilizadas en el estudio.

Nutriente	Harina completa (WMM)	Harina desgrasada (DMM)
Proteína, %	59,6	70,0
Grasa, %	28,7	10
Fibra, %	3,7	8,0
Cenizas, %	5,0	4,0

Tabla 2: Composición de las dietas experimentales (**tratamientos**) utilizadas en el estudio.

Ingrediente (%)	Control (100% HP)	50% (DMM)	100% (DMM)	50% (WMM)
H. Pescado (75) SeaProTM 75	20	10	0	10
DMM	0	10,7	21,5	0
WMM	0	0	0	12,6
H. vísceras de aves	15	15	15	15
H. de soja	3	3	3	3
Conc. proteico maíz (75)	8,9	8,9	8,9	8,9
Gluten de trigo	3,5	3,5	3,5	3,5
H. de trigo	18,5	18,1	17,2	18,5
Ac. de pescado	12,7	13,4	14,2	14,3
Ac. de pollo	6,0	6,0	6,0	1,8
Nutrientes (%)				
Proteína, %	43,8	43,7	43,6	43,8
Grasa, %	22,5	22,5	22,5	22,7
ED (MJ/kg)	18,07	18,01	17,88	18,14
EPA+DHA (g/100 g fat)	13,6	12,64	11,59	14,57

Resultados

- El reemplazo de la HP por HI de *Tenebrio molitor* en un 50% o 100% **no afectó** significativamente el **desempeño** productivo.
- La HI mejoró el IHS, lo cual indica una **mejor salud hepática**.
- La inclusión de HI no afectó la calidad de las heces.

Fig. Índices de **desempeño** y **hepatosomático** de salmón Atlántico alimentado con las dietas experimentales durante 12 semanas. Los valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

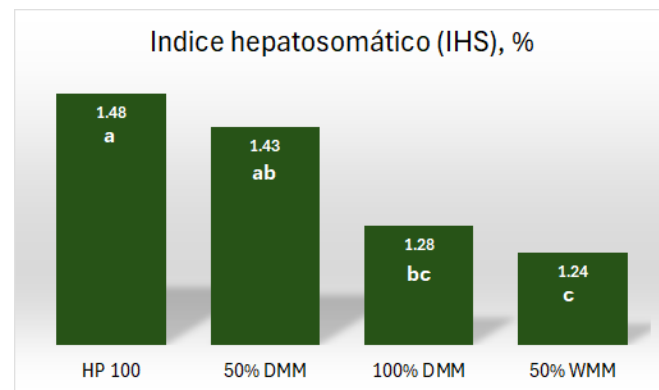
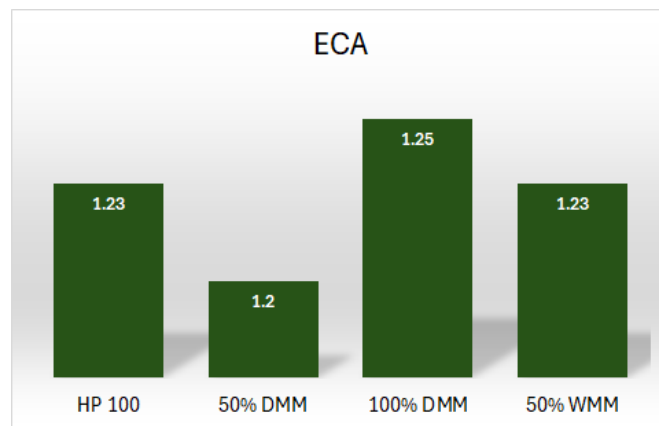
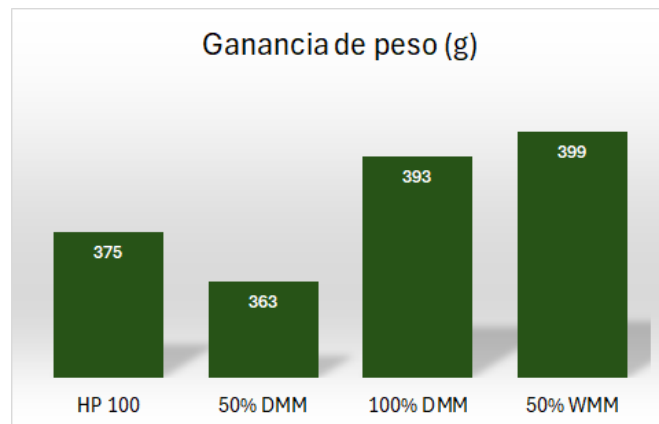
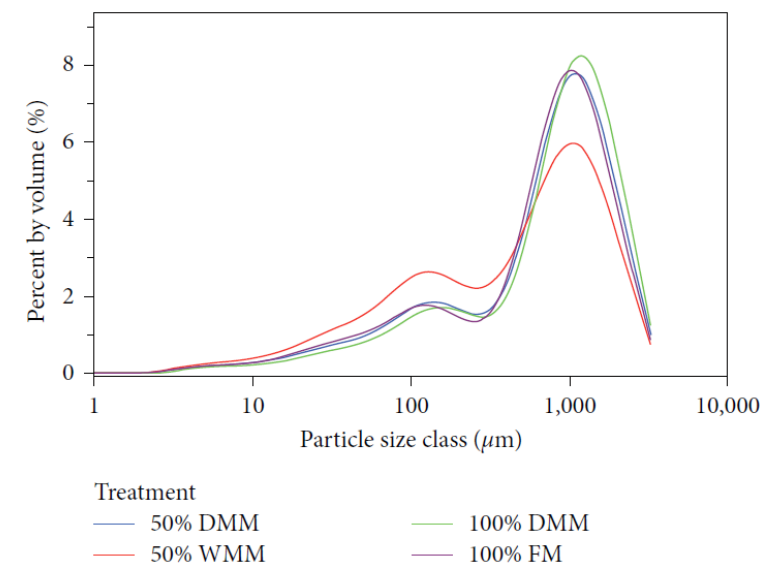


Fig. Histograma que muestra la **distribución del tamaño de partículas** (escala logarítmica; % volumen) de los productos de descomposición de las **heces** después de la agitación física durante 20s. Los tratamientos están representados por diferentes colores: azul=50% DMM, rojo = 50 % WMM, verde = 100 % DMM y morado = 100 % FM.



Resultados

- El reemplazo de la HP por HI de *Tenebrio molitor* en un 50% o 100% **no afectó** significativamente el contenido de **DHA** en el pez.

- La alimentación con **50% WMM** generó un **mayor** depósito de **EPA** al comparar con 100% DMM.

- La HI **desgrasada** (50% y 100% DMM) generó niveles más elevados de **inmunoglobulinas M, D y T** en sangre.

- Nota:** en el estudio, **no** se observaron diferencias en parámetros de **salud** en sangre, estatus **oxidativo** en hígado o cambios significativos en la **microbiota** intestinal (resultados no se muestran).

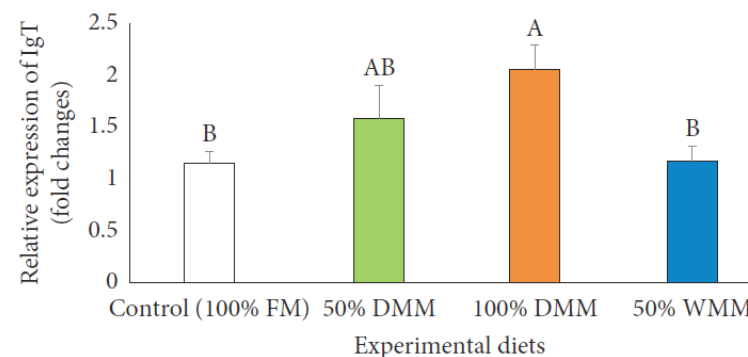
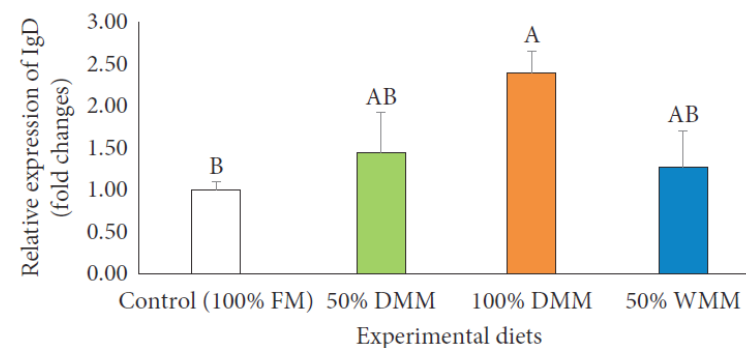
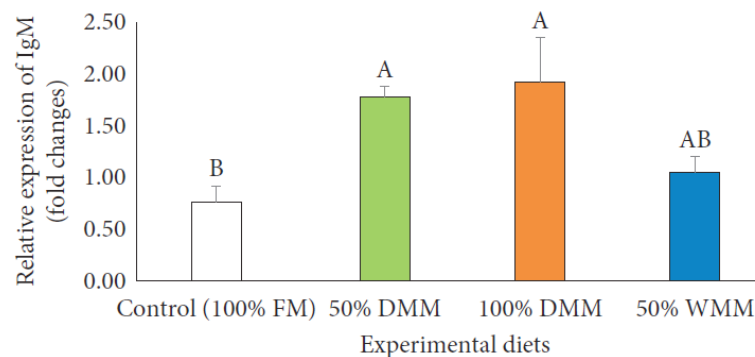
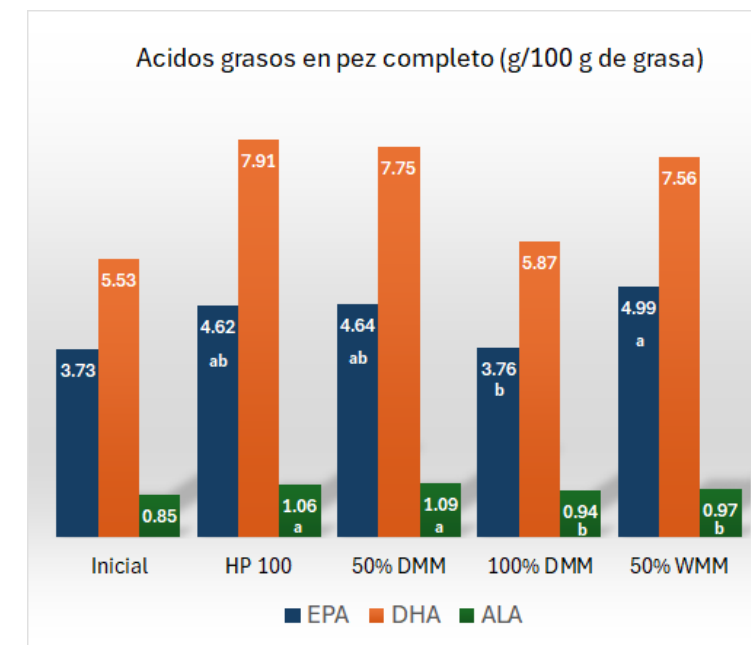


Fig. Efectos de la sustitución de HP por h. de *T. molitor* sobre la expresión genética relativa de **inmunoglobulina M (IgM)** (a), **inmunoglobulina D (IgD)** (b) e **inmunoglobulina T (IgT)** (c) en **intestino**. Los valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Fig. Composición de **ácidos grasos EPA, DHA y ALA** en pez completo al final de 12 semanas de alimentación. Los valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

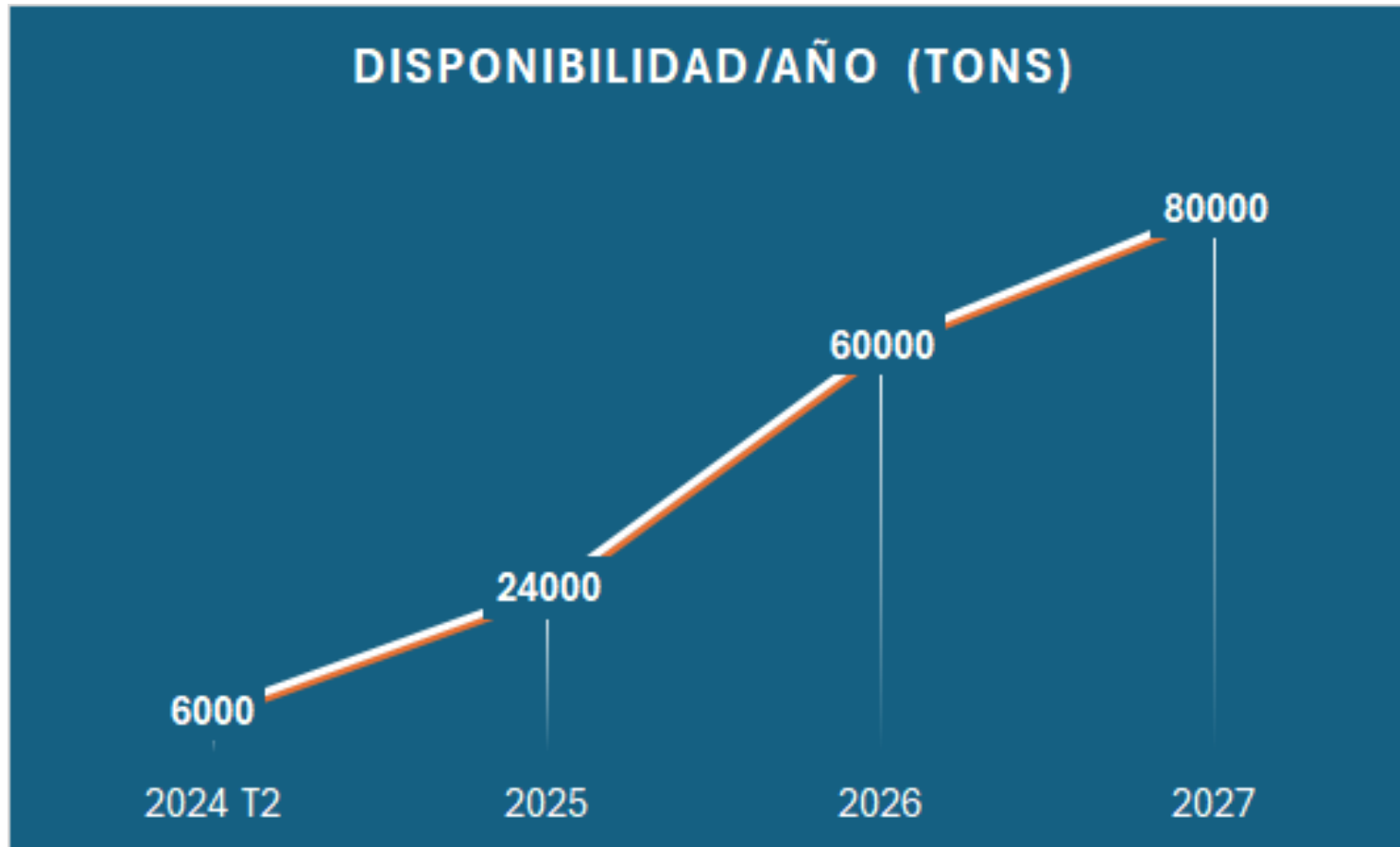


Conclusiones

- Este estudio demostró que:
 - Una harina de pescado de **muy buena calidad** puede ser sustituida en un 100% por una HI de ***Tenebrio molitor*** sin afectar el desempeño productivo, la salud o composición nutricional de los peces.
 - La HI **desgrasada** (DMM) mejora el **status inmunológico** de los peces.
- Este y otros numerosos estudios con harinas de ***T. molitor*** en diferentes especies (truchas, tilapias, lubina, dorada, pez gato, carpas, etc) han demostrado **resultados similares**.
- En resumen, la HI de ***T. molitor*** es un ingrediente **proteico** de **alto valor nutricional** que se puede utilizar en las dietas de salmones y truchas.
- El **precio** relativamente **alto** y la **disponibilidad** de las harinas de insecto son los principales **obstáculos** para su uso generalizado en la acuicultura.



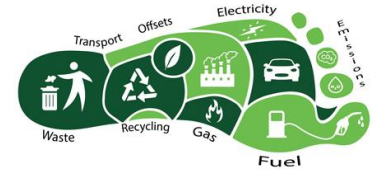
Disponibilidad de HI hidrolizada de CNOOD (*T. molitor*) para Chile



- El producto estará disponible en Chile a partir de **Junio** del 2024.
- El precio puesto en bodega de las plantas de alimento será **< USD 2000/ton.**

La huella de carbono del alimento de salmón

- Se estima que el **alimento** representa el **80%** de la huella de carbono de producir un salmón.
- Los cálculos indican que el alimento genera una huella de carbono de **1,6 a 2,4 (Chile) kg de CO₂/kg de alimento**.
- Por lo tanto, la forma **más eficiente** de disminuir el GWP (Global Warming Potential) en la producción del salmón es a través de **reducir** la huella de carbono del **alimento**.
- En las fórmulas de alimento para salmones en Chile, la HI se puede utilizar con fines de **sustentabilidad** o bien con fines **nutricionales**.
 - **Nutricionales:**
 - Normalmente compite con la HP, harinas de origen animal y con concentrados proteicos (**soya**, maíz, etc), todos insumos con niveles $\geq 60\%$ de proteína.
 - Por lo tanto, requiere ser costo efectiva – limitante.



Huella de carbono de ingredientes

Ingrediente	Huella de C (GWP) (CO ₂ /kg)	Referencia
Concentrado proteico de soya	4,63	Couture et al. (2019)
Concentrado proteico de soya	1,93 y 6,69 (promedio 4,31)	Selecta (2020)
Harina de <i>T. molitor</i>	2,63	Vauterin et al. (2021)
Harina de <i>T. molitor</i>	2,8	Dreyer et al. (2021)
Harina de <i>T. molitor</i>	2,7	Denis et al. (2012)

Impacto (GWP) en producción de CO₂ de harina de *Tenebrio molitor*

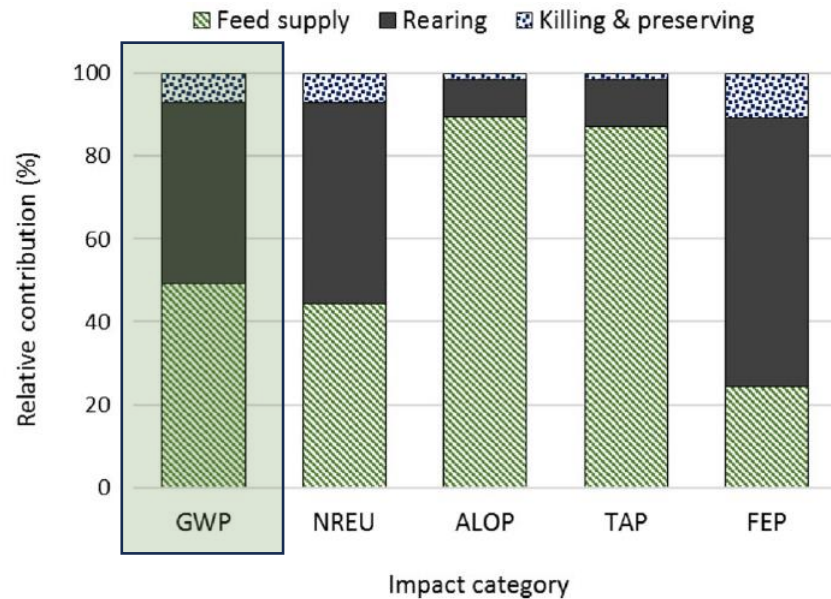


Fig. 4 Relative contributions of different sources in mealworm production to the impact categories global warming potential (GWP), non-renewable energy use (NREU), agricultural land occupation (ALOP), terrestrial acidification potential (TAP) and freshwater eutrophication potential (FEP)

- Los factores que más contribuyen a la huella de carbono (GWP) en la producción de harina de *T. molitor* orgánica son la **alimentación** y los gastos de **energía** asociados a la etapa de crecimiento (Dreyer *et al.*, 2021).

Table 4 Relative contributions of single processes to total emissions of mealworm production for the five studied impact categories

	GWP
Sources	[kg CO ₂ -eq]
Feed supply	
Wheat bran	8.48%
Maize	8.81%
Brewer's yeast	5.78%
Lucerne	19.67%
Carrots	6.39%
Feed processing (on-farm)	<1%
Rearing	
Electric heater	40.54%
Rearing boxes	2.50%
Other machinery	<1%
Rearing facility	0%
Mealworm emissions	<1%
Killing & preserving	
Freezing	<1%
Blanching	6.17%
Total	100%

Conclusiones

- La producción de 1 kg de harina de *Tenebrio molitor* en base a estudios de productos fabricados en Europa genera en promedio **2,71 kg de CO₂/kg**.
- Este valor puede variar dependiendo del tipo de **alimentación** y sistema **productivo** de las larvas.
- La producción de 1 kg de concentrado proteico de soya genera en **promedio 4,4 kg CO₂/kg**.
- La harina de *T. molitor* es un ingrediente que contribuye a disminuir la huella de carbono del salmón.

2. AuraStim[®] Inmunoestimulante

auranta



nuproxa[®]
efficient solutions, naturally

- La producción intensiva de salmones está permanentemente desafiada por **enfermedades bacterianas** al punto que en ocasiones ha puesto en jaque el **desarrollo sostenible** de la industria.
- Para su prevención se han tomado numerosas medidas, incluyendo **bioseguridad**, desarrollo de **vacunas**, prácticas de **manejo**, uso de alimentos **funcionales** y selección **genética**. Sin embargo, a pesar de estas medidas, las enfermedades se siguen presentando requiriendo del uso de **antibióticos**.
- El uso de **antimicrobianos** tiene consecuencias no deseadas tales como aparición de **resistencia** bacteriana, **contaminación** ambiental, **residuos** de antibióticos y amenazas a la salud humana.
- Se ha demostrado que el reforzamiento del **sistema inmune innato y adquirido** del pez es una herramienta eficaz para **prevenir** la aparición de enfermedades bacterianas.

Peptidoglicanos

- Los **peptidoglicanos (PG)** son un componente de la pared celular de bacterias **Gram + y Gram -**. En las **Gram +**, representan del **40 al 90%** del peso seco de la pared celular.
- Los PG son **potentes inmunoestimulantes**, favoreciendo la respuesta inmune **innata** de los peces y como consecuencia también la inmunidad **adquirida**.
- Se han utilizado en alimentos acuícolas para estimular la inmunidad de varias especies de **peces y camarones**.

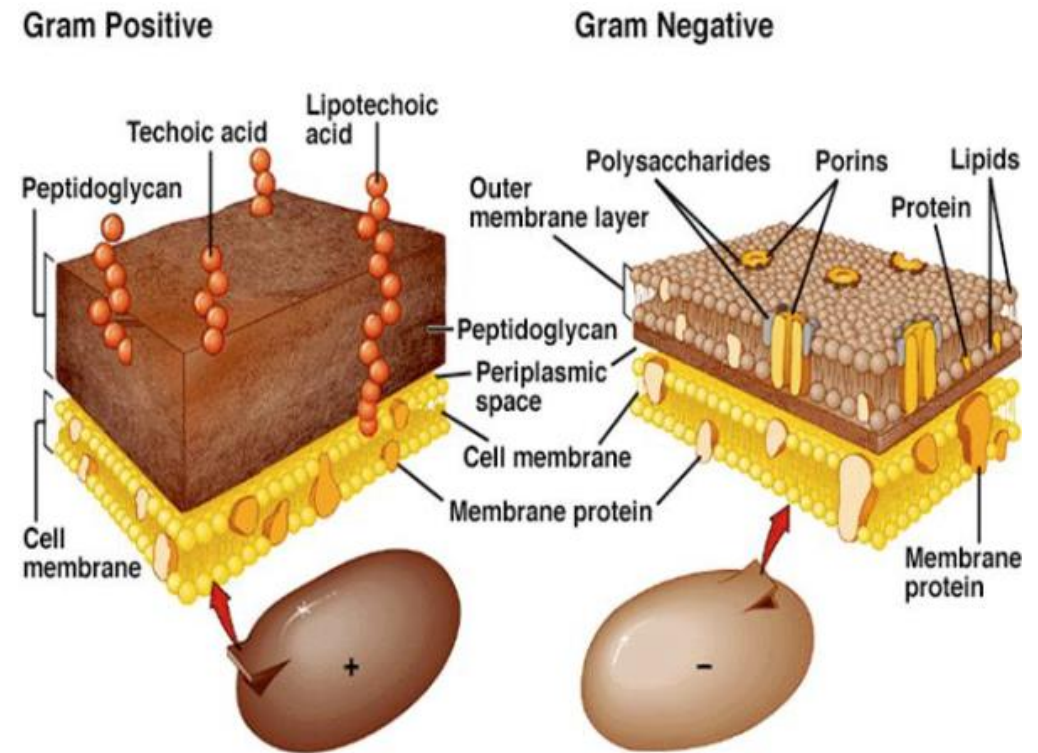


Fig. Diagrama de pared celular de bacterias Gram + y – mostrando la posición de los PG.

Evaluación de peptidoglicanos (PG) como inmunoestimulantes

- Los salmones producen **péptidos antimicrobianos (AMP)**, incluyendo β -defensinas (DB), catelicidinas (CATH) y AMP expresados en hígado (LEAP).
- La carga catiónica de los AMP les permite interactuar con la superficie microbiana cargada negativamente, causando alteración de la integridad de la membrana y **lisis del patógeno**.
- El estudio de Casadei *et al.* (2015)(Figura) demostró que la suplementación dietaria con PG aumentó significativamente la expresión génica de **6 AMP's en la piel de truchas** (Fig 1).

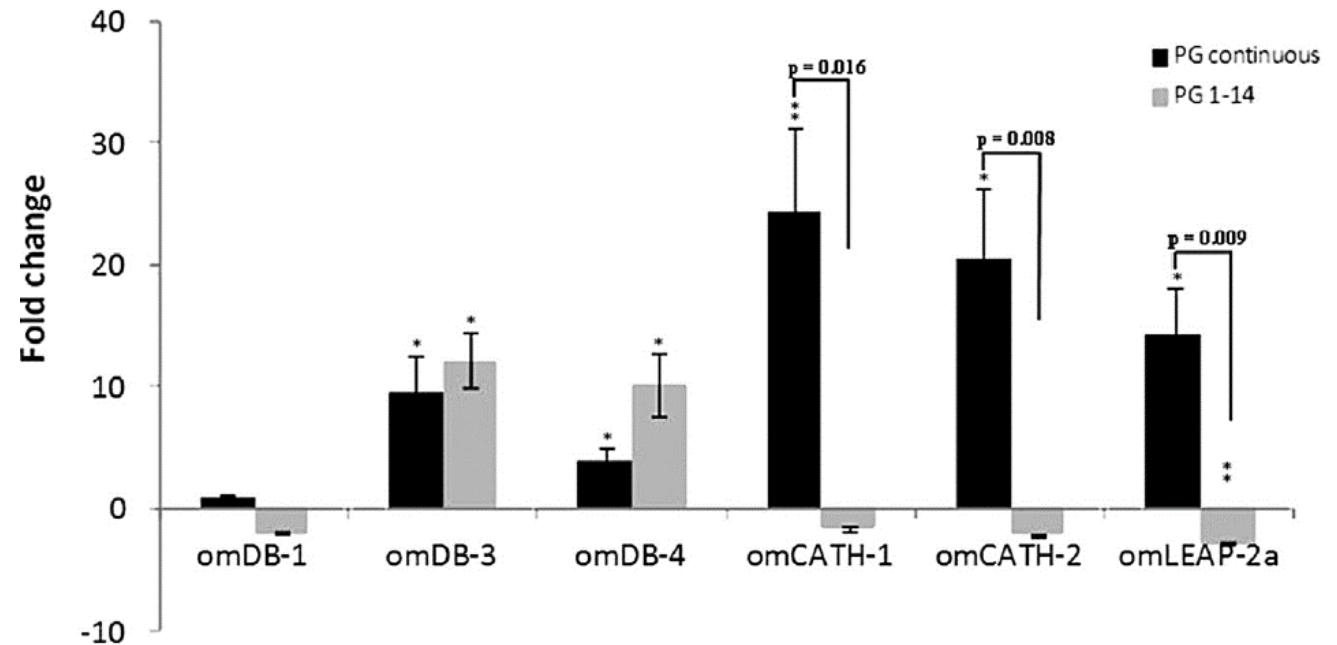


Figure 2. Expresión de seis AMP en piel de trucha arco iris después de 28 días de alimentación con una dieta control, una dieta enriquecida con peptidoglicano (PG) que contiene 10 mg PG/Kg (PG continuo) o la dieta PG durante los primeros 14 días y luego la dieta control durante 14 días (PG 1e14). Los datos se presentan como medias \pm DE y se analizaron utilizando el método de Pfaffl (es decir, los cambios en veces se calcularon utilizando la dieta de control como punto de referencia). Los asteriscos indican diferencias significativas (* $\frac{1}{4}$ $p \leq 0,05$, ** $\frac{1}{4}$ $p \leq 0,01$) entre los peces de control y los tratados. La comparación entre los peces PG continuo y PG 1e14 se muestra encima de las barras cuando es significativa (Casadei et al., 2015).

Evaluación de PG contra *A. salmonicida*

- El uso de PG en el alimento se evaluó en un estudio de desafío por baño contra *A. salmonicida* en salmones.
- Los peces fueron alimentados con PG por 2 semanas pre-desafío. La mortalidad se registró entre las 4 y 12 semanas posterior al desafío
- El uso de PG disminuyó la mortalidad de los peces en un **4,6%**.

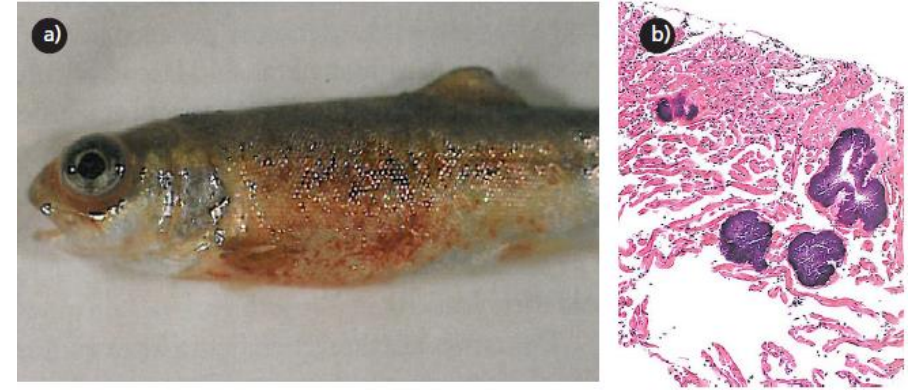


Figure 1. a). Salmon smolt with skin infection, bruises and bleedings due to **Furunculosis** (Poppe). Bacterial myocarditis caused by *Aeromonas salmonicida* in rainbow trout (Ferguson)

Evaluación de PG contra *V. anguillarum*

- Peces platija (Japanese Flounder) fueron suplementados por **40 días** con diferentes dosis de PG (0, 0.5, 1, 2, 4, 8 and 16 g/kg). Al final del período fueron desafiados con *Vibrio anguillarum* (Zhou *et al.*, 2006).
- Los PG redujeron la mortalidad de los peces, en especial a la dosis de 4 g/kg de alimento (**28 vs 65%**).

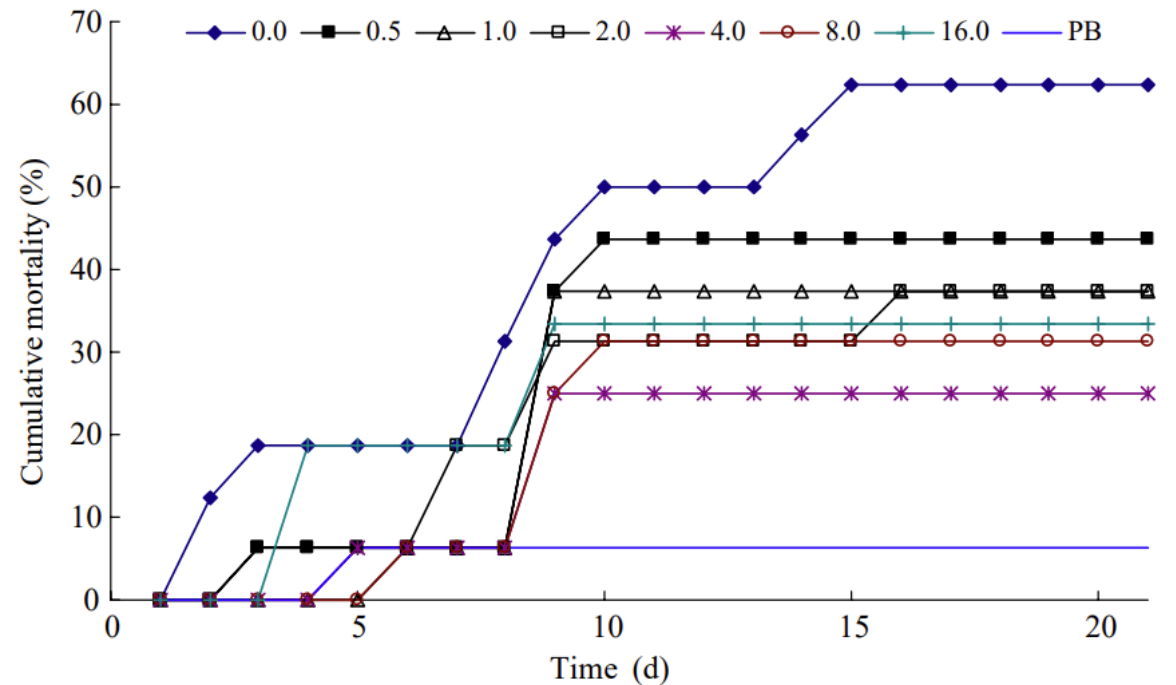


Fig. 4. Mortalidad acumulada (%) de pez platija (flounder) después de 40 días de alimentación con niveles incrementales de A3a-PG después del desafío con *V. anguillarum* (n = 16). PB: suero fisiológico, como control blanco.

Evaluación de PG contra *Piscirickettsia salmonis*

- Salmones del Atlántico fueron alimentados con dietas suplementadas con **nucléotidos y/o PG** por 4 semanas previo a un desafío con *P. salmonis* bajo condiciones controladas (Gonzales Vecino *et al.*, 2010).

Tabla: Esquema de alimentación de los salmones con las dietas experimentales.

Treatment	Pre-challenge				Post-challenge
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5 - 8
1	Control				Control
2	NT				
3	Control		BCE50		
4	NT		NT+BCE50		
5	NT		NT+BCE10		
6	NT+BCE10 ^c				

SRS i.p. challenge

NT: Nucleótidos
BCE: PG

Evaluación de PG contra *Piscirickettsia salmonis*

- Los peces **control desafiados** y **sin suplementación** de ningún tipo presentaron una mortalidad acumulada cercana al **50%**.
- La suplementación con **nucleótidos** solos disminuyó la mortalidad acumulada a un **30%**.
- El uso de **PG** solos redujo la mortalidad acumulada a un **20%**.
- La suplementación con una combinación de nucleótidos y PG por un período más prolongado generó la menor mortalidad acumulada (12%).

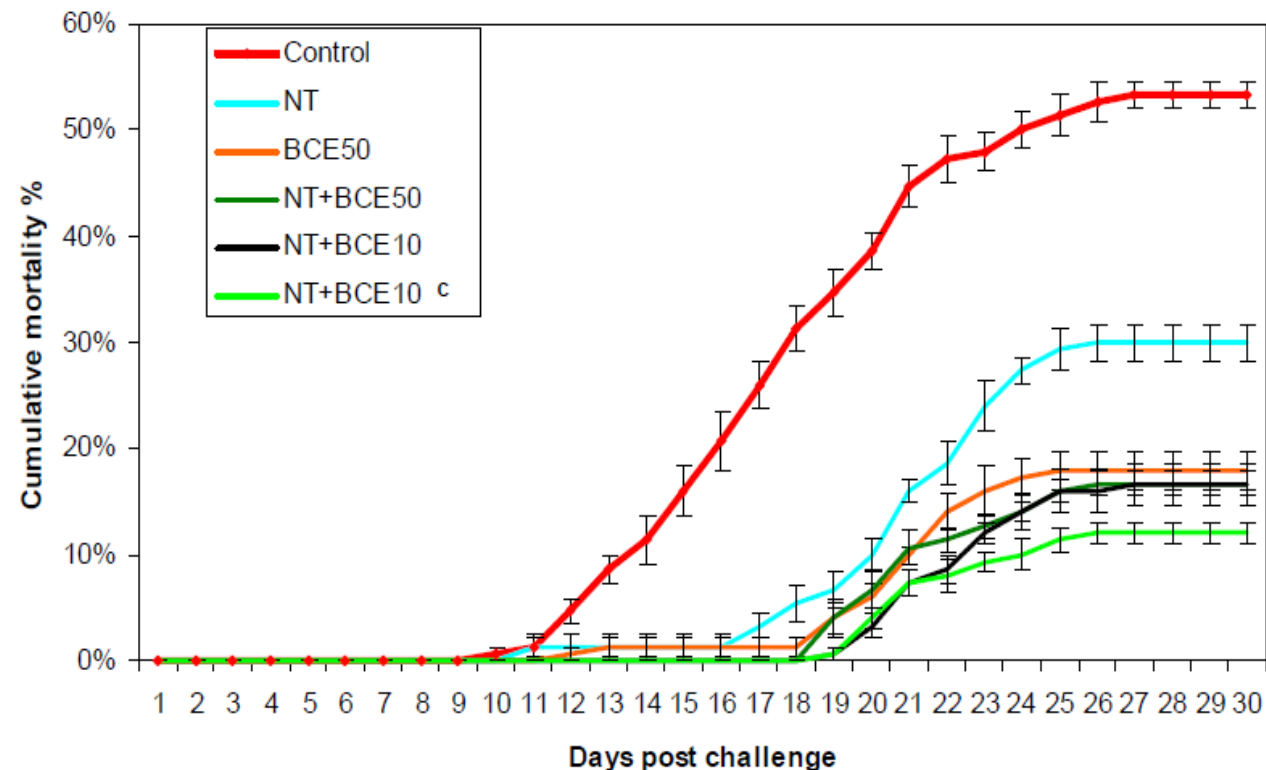
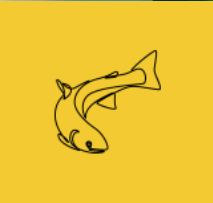


Fig. 4. Mortalidad acumulada (%) de salmones desafiados con *P. salmonis* por un período de 30 días post desafío.

Conclusiones

- Los **peptiglicanos** (PG) son una herramienta eficaz para **estimular** el sistema **inmune** innato en animales, peces y camarones.
- Como consecuencia de esta acción, los peces son **más resistentes** a un desafío bacteriano.
- Los PG permitirían **reducir** el uso de **antibióticos** en la salmonicultura junto a otras herramientas de control.

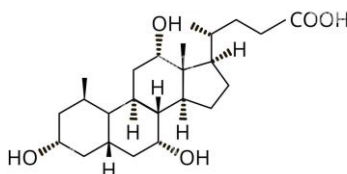
3. Runoen® Ácidos Biliares



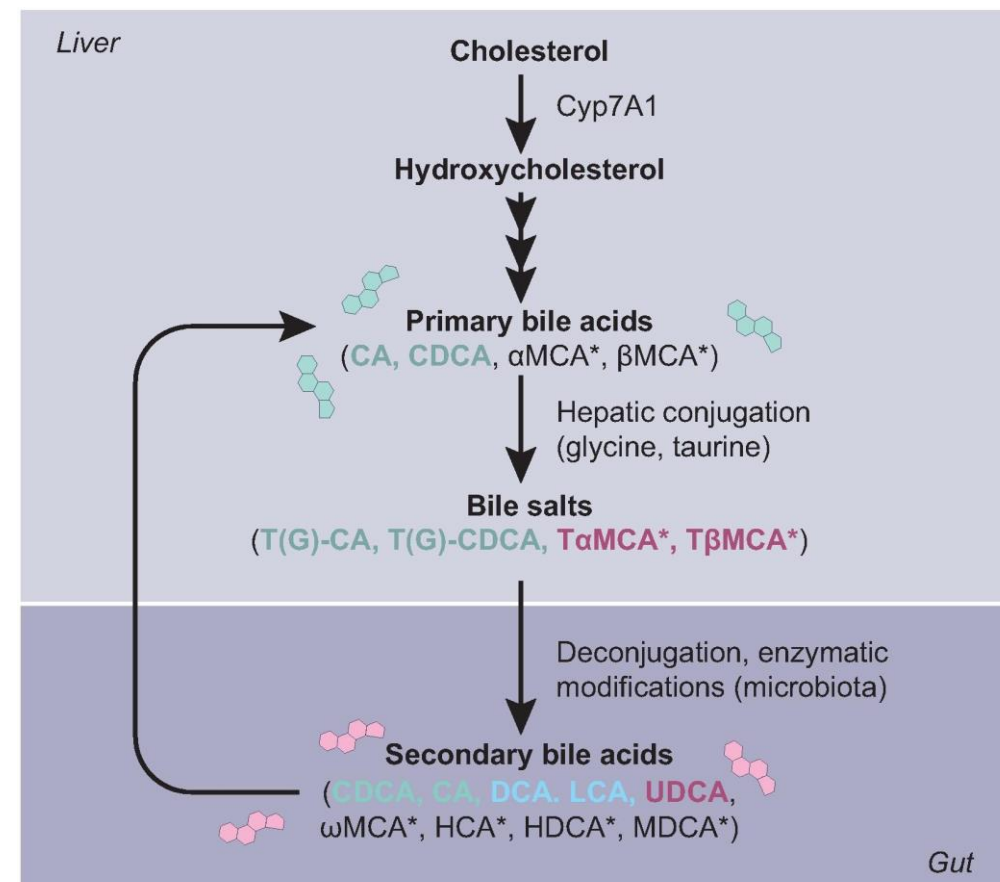
Ácidos Biliares (AB)

- Los **AB** son componentes naturales de la **bilis**, derivados del **colesterol** en el hígado y metabolizados por **bacterias** en el intestino.
- Las enzimas bacterianas convierten los AB en **secundarios** (procesos de deconjugación).
- Posteriormente, una parte importante de los AB son absorbidos y vuelven al hígado (circulación enterohepática).

Cholic Acid



C₂₄H₄₀O₅



Legend
FXR agonist
FXR antagonist
TGR5/FXR agonist
*only in mice

FXR receptor affinity:
CDCA > LCA > DCA > CA

Funciones de los AB

- Mejorar la **digestión** y **absorción** de grasas.
- **Proteger** el **hígado** y la salud intestinal
- Aumentan la **hidrólisis** de proteínas
- Modular la secreción de **mucus** y la absorción de fluidos y electrolitos
- Efectos **antiinflamatorios** en el intestino y el hígado
- **Antimicrobiana**.

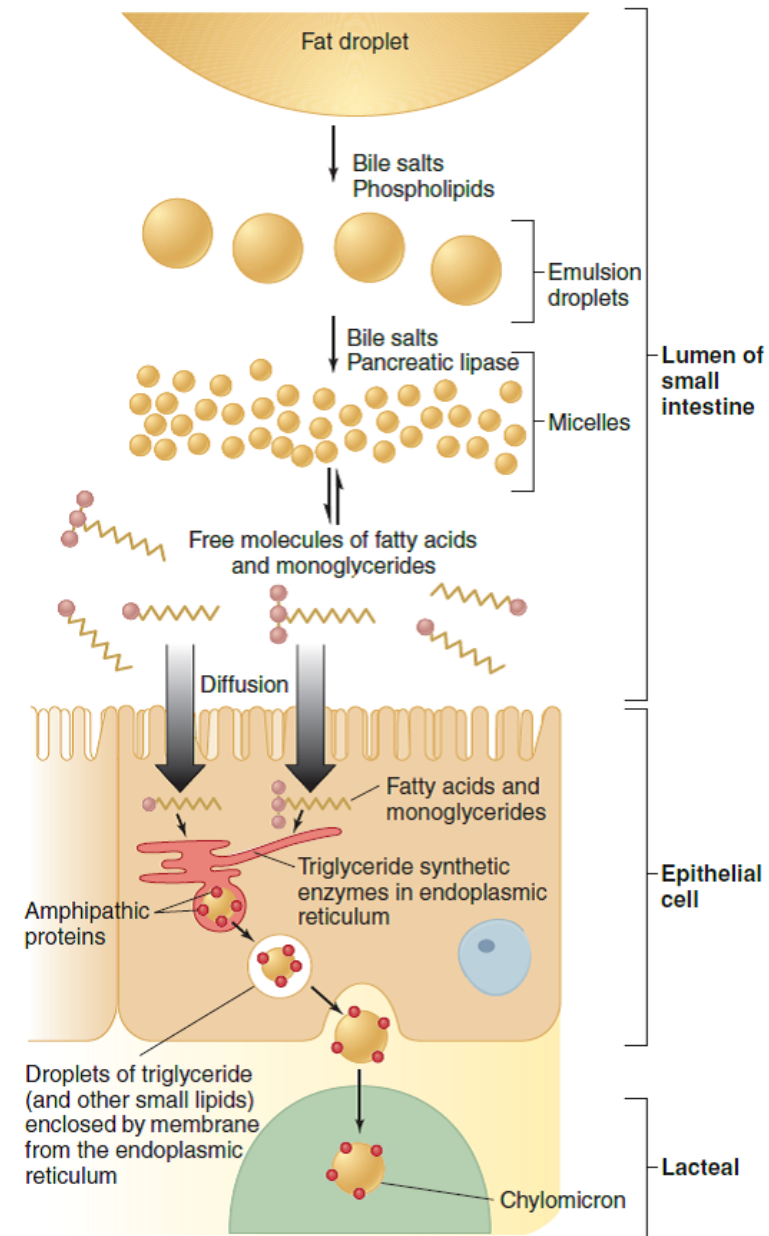


Figure 15.13 Summary of fat absorption across the epithelial cells of the small intestine.

Efecto de la composición del alimento sobre los AB

- Un aumento de los **polisacáridos no amiláceos (NSP)** incrementa las **pérdidas fecales de AB**, en especial cuando los niveles de **grasa son bajos** en la dieta.
- Low NSP: 5,7%
- High NSP: 16,3%
- Low Fat: 16,6%
- High Fat: 30%

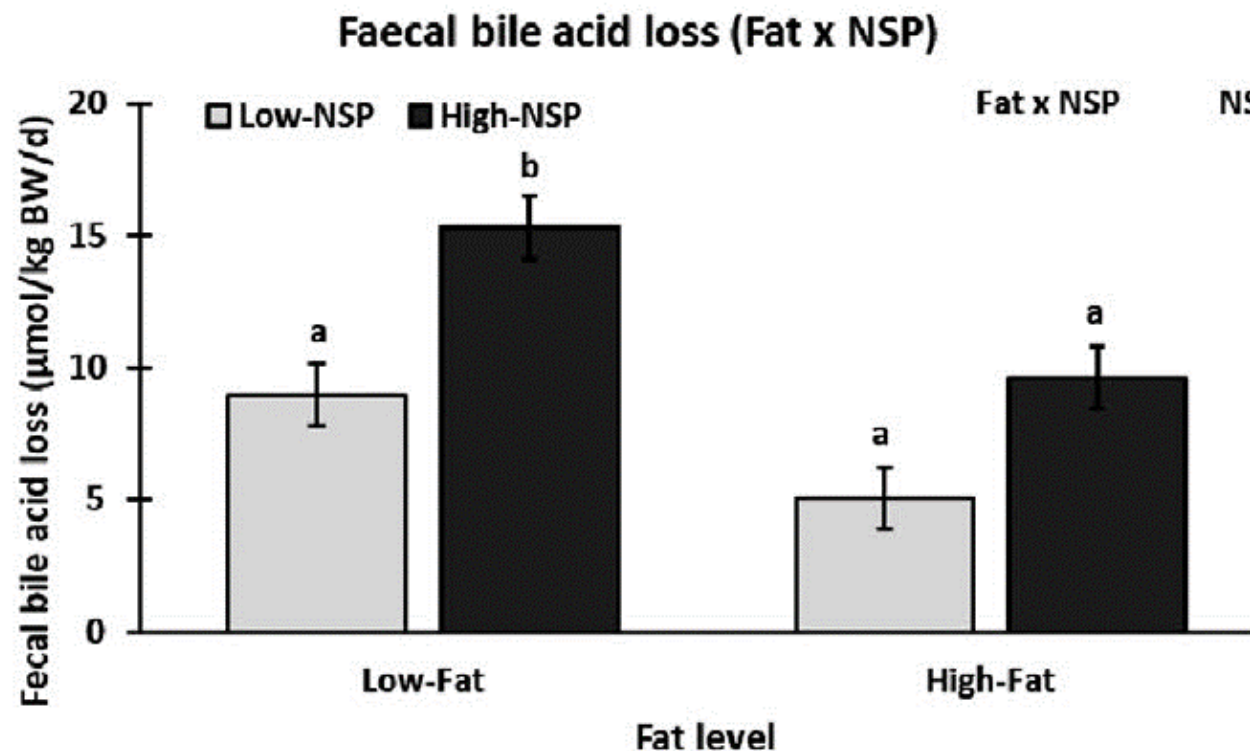


Figura: Pérdida de ácidos biliares en heces ($\mu\text{mol/kg PV/d}$) de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dietas bajas y altas en grasa y polisacáridos no amiláceos (Staessen *et al.* (2020))

Efecto de la soya sobre el metabolismo de los AB en salmón Atlántico

- El uso de 20% de harina de soya (SBM) en dietas de salmón Atlántico disminuye los niveles **sanguíneos** y **hepáticos** de AB.

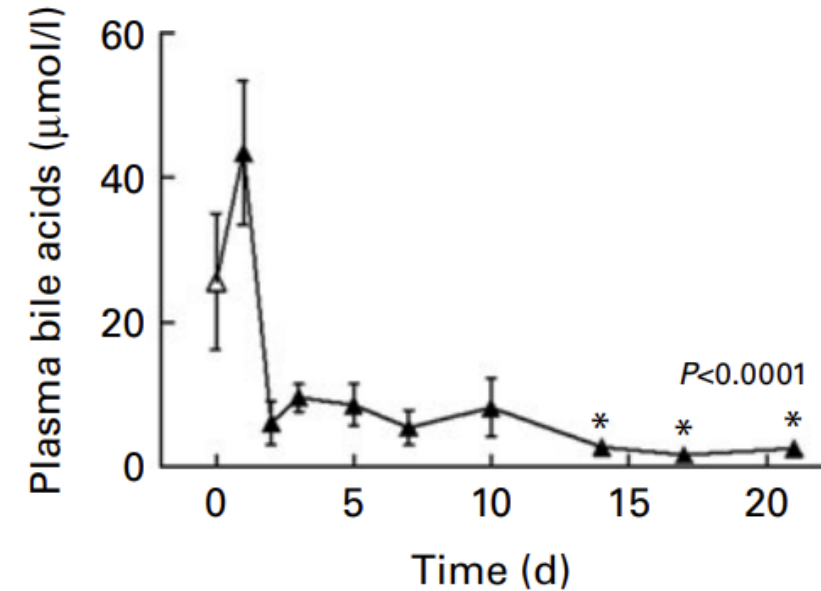
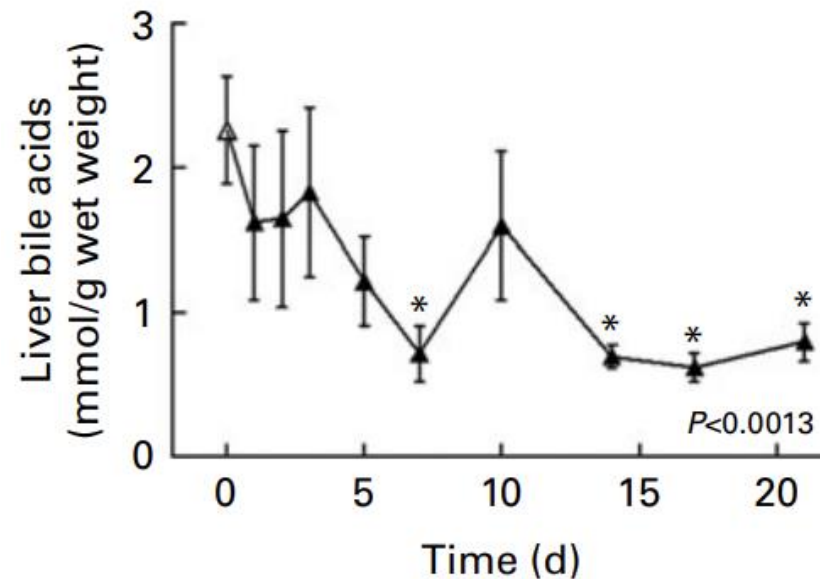
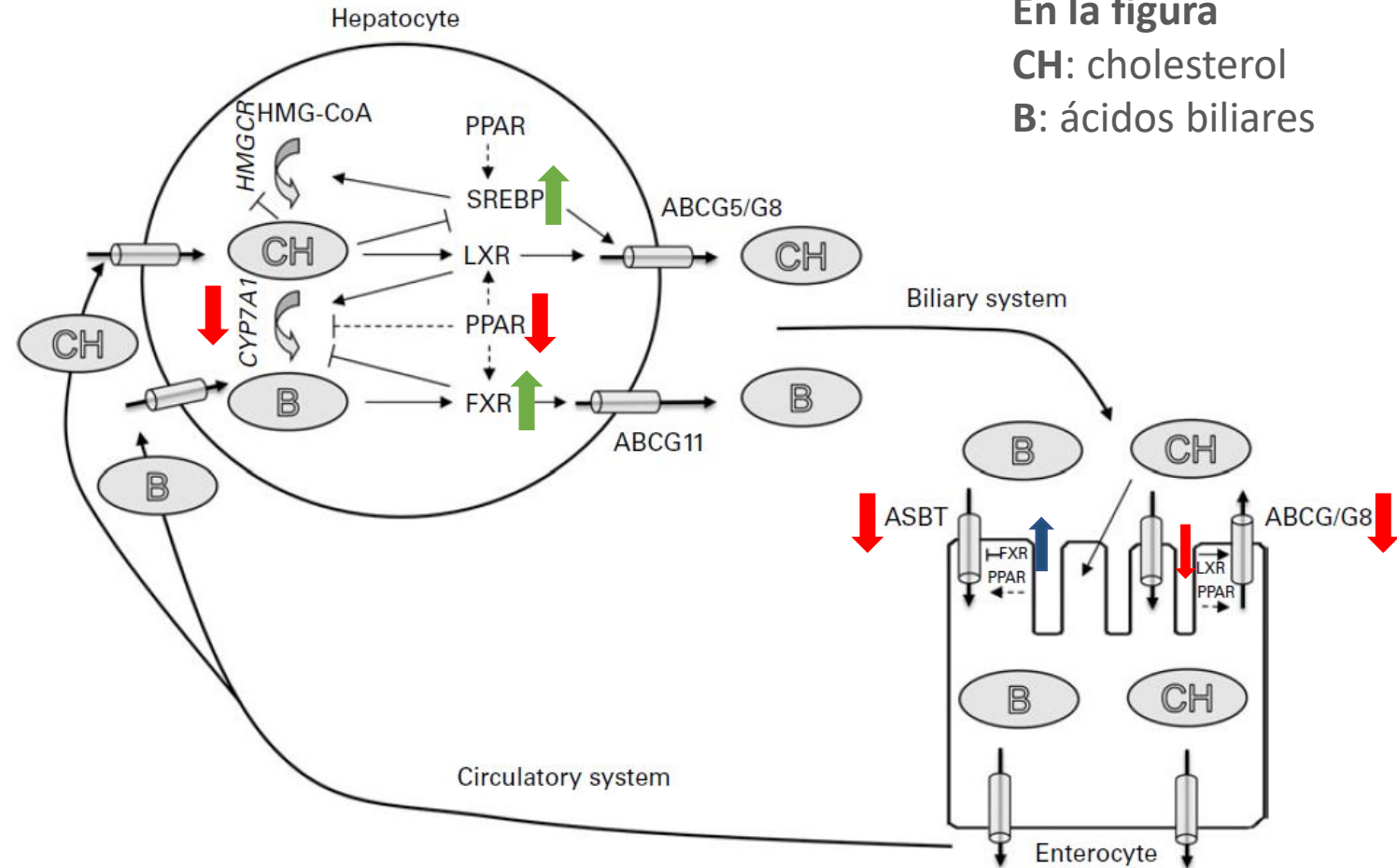
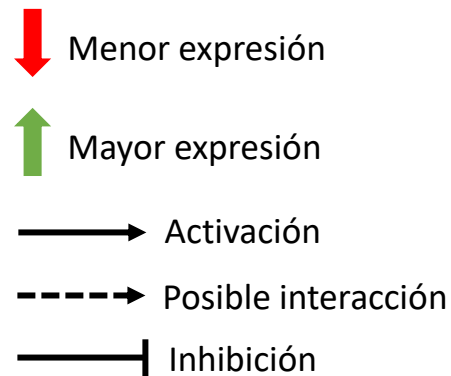


Figura: Niveles plasmáticos y hepáticos de ácidos biliares durante 21 días de exposición dietética a la harina de soya al 20% (SBM) en salmón Atlántico (Kortner *et al.*, 2013).

Altos niveles de harina de soya – metabolismo de esteroides en Salmón Atlántico

- El uso de altos niveles de **harina de soya** induce cambios en la expresión de genes asociados a la **síntesis y transporte de AB** los cuáles explican su déficit.



En la figura
CH: colesterol
B: ácidos biliares

Efecto de la suplementación con ácidos biliares en truchas

- Truchas 180 g
- Estanques de agua dulce
- Estudio 45 d
- 5 tratamientos
 1. Control
 2. AB 300 g/ton
 3. AB 600 g/ton
 4. AB 1000 g/ton
 5. AB 1200 g/ton
- **3 replicas/tratamiento**

	Ácidos biliares (g/ton de alimento)				
	Control	300	600	1000	1200
Peso Inicial (g)	178	183	179	184	183
Peso final (g)	367	396	378	402	393
SGR	4.48	5.06	4.72	5.18	4.99
Sobrevivencia (%)	87	97	91	97	94
FCR	1.31	1.11	1.11	1.12	1.07

- El mayor **SGR** se observó en los peces suplementados con **300 y 1000** g de AB/ton de alimento.
- La suplementación con **AB** mejoró la **conversión** de alimento.

Conclusiones

- El uso de **ácidos biliares** en las dietas de salmones y truchas tendría los siguientes potenciales beneficios:
 - Mejorar la **digestibilidad** de las grasas.
 - Aumentar la incorporación de **proteínas vegetales** en la dieta.
 - Mejorar la **salud intestinal**.
 - Aumentar la **absorción** de **vitaminas** liposolubles y **pigmentos**.
 - Disminuir la prevalencia de **hígado graso**.
 - Mejorar el **bienestar** de los peces.

Gracias por su atención!!

javier.gonzalez@nuproxa.ch

