

# Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de lupino en dietas para salmón del atlántico.

Aliro Bórquez Ramírez y Paulo Alarcón Bruce,  
Escuela de Acuicultura, Universidad Católica de Temuco

## Introducción

Los ensayos realizados en el presente estudio se enmarcan en la búsqueda de fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado (ver infografía) posibles de ser incluidas en alimentos para peces, para ello se evaluó al lupino blanco (ver infografía) oleaginosa de elevada concentración proteica y con inmejorables posibilidades de expansión de su producción a nivel nacional a través de su uso en dietas para salmónidos, especialmente en salmón del atlántico, especie de alta producción en Chile y en la cual existen escasas investigaciones con sustitución de proteínas vegetales en dietas. Este trabajo evalúa los efectos sobre el crecimiento, la utilización digestiva y nutritiva, y la excreción de amonio en pre-smolt de *Salmo salar* alimentados con dietas donde se incorpora harina de lupino proveniente de granos sometidos a distintos tratamientos, crudo y cocidos con y sin cáscara.

## Metodología

Se evaluaron 4 dietas, una comercial y tres dietas experimentales, las que fueron formuladas para alcanzar una composición proximal y niveles de energía bruta similares a la dieta control. La formulación y composición de las dietas experimentales se muestra en la Tabla 1. La fuente de variación en cada dieta experimental está dada por el tratamiento a que fueron sometidos los granos de lupino, manteniéndose fija su inclusión en un 30% en cada dieta. En la dieta Lcr-c/c se utilizó lupino crudo con cáscara, en la dieta Lco-c/c se utilizó lupino cocido con cáscara y en la dieta Lco-s/c se utilizó lupino cocido sin cáscara.

El ensayo se realizó en los laboratorios de la Escuela de Ciencias de la Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco (ver infografía). Se trabajó con pre-smolt de salmón del atlántico

(*Salmo salar*), con peso promedio inicial de  $33.6 \pm 1.56$  g y de  $13.3 \pm 0.21$  cm de longitud estándar. Se ocuparon 12 estanques de fibra de vidrio circulares de 0,1 m<sup>3</sup> (Fig. 1) Se utilizó agua de pozo con temperatura promedio de  $15 \pm 1.6^\circ\text{C}$ , con tasa de cambio de 1,5/hora por gravedad. La densidad promedio inicial por estanque fue  $4.4 \pm 0.22$  kg/m<sup>3</sup>. Los tratamientos fueron por triplicado, la alimentación fue manual "ad libitum" dos veces por día (9 a 1030 h y 18 a 1930 h). El ensayo se prolongó por 12 semanas.

Para evitar situaciones de estrés, se realizó un sólo muestreo al finalizar el período de experimentación, donde se registro el peso total y la longitud estándar. Para el muestreo se utilizó una balanza marca Sartorius (modelo PT 120) de 0.01 g de precisión y un ictímetro de 0.1 cm de precisión. Los peces fueron sedados aplicando a cada estanque 1 ml de anestésico BZ-20 de Veterquímica, para la recuperación se aumentó el flujo de agua y la aireación.

Se evaluó la digestibilidad aparente (CDA) de las cuatro dietas (método del óxido de cromo) y el crecimiento en peso y longitud. Para calcular el porcentaje de crecimiento diario se utilizó la ecuación de Ricker (1975). El Factor de Conversión (FC) y la Razón de Eficiencia Proteica (PER) se calculó según las ecuaciones de Parker (1987). El valor productivo de la proteína (PPV) y el % de retención energética (RE) se calculó de acuerdo a las ecuaciones descritas por Robaina (1998). Para el cálculo del contenido energético corporal se utilizó el método indirecto basado en el análisis proximal del mismo. Los valores utilizados para proteínas, lípidos y carbohidratos fueron 23.6, 36.2 y 17.2 kJ/g respectivamente.

Para el cálculo de la energía digestible (ED) se utilizaron los valores de digestibilidad aparente, la composición proximal del alimento y los valores calóricos estándar de cada macronutriente.

Para este cálculo de la relación PD/ED (g proteína digestible/ Mj Energía digestible), se utilizaron los valores de digestibilidad de las proteínas y la energía digestible de cada dieta.

Los datos obtenidos de la experimentación con las dietas se sometieron a análisis de varianza de una vía (ANOVA) y las diferencias entre medias se compararon por el test de Tukey con un intervalo de confianza del 95% (PE0,05).

## Resultados

### Crecimiento y Utilización Nutritiva de las Dietas

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los cuatro tratamientos cuando se compararon los pesos medios finales, los incrementos en biomasa y en peso, encontrándose en los cuatro tratamientos incrementos en peso para las 12 semanas de experimentación superiores al 123% (Tabla 2). A su vez, el % Crecimiento Diario no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los

Tabla 1. Formulación y composición de las dietas experimentales

Ingredientes (% en el alimento)	Comercial(a)	Lcr-c/c	Lco-c/c	Lco-s/c
Harina de pescado		50	50	47,8
Harina de lupino		30	30	30
Harina de trigo		9.0	9.0	9.9
Aceite de pescado		9.0	9.0	9.9
Premix mineral		1.0	1.0	1.2
Premix vitamínico		1.0	1.0	1.2
Composición proximal (% en base seca)				
Proteína	53.24	49.94	50.65	51.8
Extracto etéreo	16.27	15.42	17.66	18.3
Extracto no nitrogenado (b)	16.82	21.57	16.31	18.54
Fibra	2.61	2.33	4.17	0.73
Humedad	7.27	2.83	3.81	4.85
Cenizas	11.05	10.73	11.21	10.63
Energía bruta (kJ/g)	21.35	21.08	21,15	22.04

(a) Formulación no entregada por fabricante

(b) Calculados por diferencia (100-resto ingredientes)

tratamientos. La cuantificación de la efectividad de las dietas a través del Factor de Conversión (FC) del alimento (Tabla 2), mostró que los valores medios fueron estadísticamente iguales ( $p>0.05$ ) entre todos los tratamientos, obteniéndose valores de FC entre 0.9 (dieta comercial y dieta Lco-s/c) y de 0.95 (dieta Lco-c/c). La Eficiencia del Factor de Conversión (EFC), no evidenció diferencias significativas ( $p>0.05$ ), y dados los altos valores del FC la eficiencia de conversión alcanzó valores superiores al 105% en todos los tratamientos. El consumo de alimento no presentó diferencias significativas entre las dietas ( $p>0.05$ ), aunque es posible apreciar un mayor consumo en las dietas comercial y Lcr-c/c. La Razón de Eficiencia Proteica (PER), no mostró diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos, ni tampoco se evidenciaron diferencias entre las dietas en función del tratamiento a que fueron sometidos los granos de lupino. Por otra parte, las mediciones de retención de nitrógeno en el cuerpo de los peces, medida por el PPV, no arrojaron diferencias significativas entre las dietas testadas, siendo menores los valores obtenidos para los peces alimentados con la dieta Lcr-c/c que los alimentados con la dieta comercial, los cuales mostraron una leve mejor retención proteica (Tabla 2).

Los valores promedio de CDA fueron especialmente elevados para los lípidos, sobre el 95.0%, mientras que para la proteína oscilaron entre 88.0% y 90.5%.

Al comparar mediante ANOVA los CDAs de los carbohidratos se encontraron diferencias significativas entre las dietas ( $p<0.05$ ), las dietas que incluían harina de lupino presentaron CDAs más altos que en la dieta comercial; la comparación de medias reveló que la digestibilidad más baja se encontró en la dieta comercial (23.7%), seguida de la dieta Lcr-c/c (55.3%), mientras que las digestibilidades más altas se obtuvieron con las dietas Lco-c/c y Lco-s/c, las que no presentaron diferencias significativas entre sí. La energía digestible fue significativamente ( $p<0.05$ ) más alta en las dietas con lupino cocido. La relación PD/ED presentó significativas diferencias entre todos los tratamientos, obteniéndose la relación más alta en la dieta comercial con 26.3 kg/Mj, mientras que la relación más baja se logra en la dieta Lco-s/c con 23.1 kg/Mj.

### Conclusiones

1. La inclusión de un 30% de harina de lupino (*Lupinus albus*) aportó en promedio un 12% de la proteína total de la dieta y sustituyó un 23% de la proteína aportada por la harina de pescado en dietas para juveniles de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) no afectando los rendimientos productivos y fisiológicos de los peces, por lo que tiene un buen potencial como fuente proteica para esta especie.

2. Los tratamientos a que se sometieron los granos de lupino incluidos en dietas para salmón del Atlántico, no efectuaron en

forma significativa los rendimientos productivos tales como Factor de Conversión (FC), Incremento en Peso y % Crecimiento Diario. Ni los índices fisiológicos: Razón de Eficiencia Proteica (PER), Valor Productivo de la Proteína (PPV) y Retención Energética (RE). Lo cual no justificaría, descascarar el grano de lupino, proceso que encarece la fabricación de la harina.

3. Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDAs) totales, así como los CDAs de proteínas y lípidos, no fueron afectados significativamente por el tratamiento a que fueron sometidos los granos de lupino incluidos en las dietas.

4. Las dietas que incluyen lupino cocido a presión, tuvieron una mejor digestibilidad de los carbohidratos, lo que produjo una mayor energía digestible y una menor relación PD/ED en estas dietas.

**Tabla 2. Crecimiento y Eficiencia en la utilización nutritiva de las dietas.**

	Comercial	Lcr-c/c	Lco-c/c	Lco-s/c
Peso inicial (g)	33.4 ± 0.7	33.4 ± 2.6	33.5 ± 2.1	34.0 ± 1.2 /ns
Peso final (g)	85.7 ± 9.11	82.1 ± 3.42	78.7 ± 4.03	79.5 ± 1.61 /ns
Incremento peso (g)	52.2 ± 9.80	48.4 ± 5.12	45.2 ± 4.72	45.6 ± 0.70 /ns
Incremento biomasa (g)	782.4 ± 146.8	724.1 ± 79.4	667.2 ± 72.1	683.2 ± 10.8 /ns
% Crecimiento Día	1.04 ± 0.2	1.0 ± 0.1	0.92 ± 0.1	0.95 ± 0.02 /ns
FC	0.91 ± 0.1	0.94 ± 0.01	0.95 ± 0.03	0.91 ± 0.12 /ns
EFC (%)	111 ± 15.7	106.9 ± 9.2	105.7 ± 3.1	110.9 ± 15 /ns
Ingesta total (g)	683.3 ± 66.9	681.5 ± 30.5	609.2 ± 68.4	623.5 ± 85.4 /ns
PER	2.1 ± 0.3	2.1 ± 0.2	2.1 ± 0.1	2.1 ± 0.3 /ns
PPV (%)	55.4 ± 18.9	47.1 ± 11.8	52.7 ± 9.2	51.2 ± 9.7 /ns

Los valores son el promedio con una desviación estándar (n = 3 réplicas).  
Los valores en una línea con distinto superíndice son significativamente diferentes ( $p<0.05$ ); ns: no significativo.

### Digestibilidad Aparente

En la Tabla 3 se muestra los CDA obtenidos en el ensayo. Al comparar, mediante ANOVA las digestibilidades totales para las cuatro dietas, se encontraron diferencias significativas ( $p<0.05$ ). Sin embargo, el test de comparación de medias arrojó que las diferencias estaban entre la dieta comercial (72.2%) y la dieta Lco-s/c (76.7%). Los coeficientes de digestibilidad aparente, calculados para las proteínas y lípidos no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre las dietas.

**Tabla 3. Coeficientes de digestibilidad aparente, energía digestible y relación proteína digestible v/s energía digestible.**

	Comercial	Lcr-c/c	Lco-c/c	Lco-s/c
CDA Total	72.2a ± 0.8	73.8a,b ± 2.3	75.4a,b ± 0.9	76.7b ± 0.9
CDA Proteínas	89.7 ± 0.6	88 ± 2.3	90.5 ± 0.6	88.1 ± 0.3 /ns
CDA Lípidos	96 ± 2.3	95.6 ± 2.3	97.3 ± 0.3	95 ± 0.2 /ns
CDA Carbohidratos	23.7a ± 0.7	55.3b ± 2.6	62.3c ± 1.0	67.4c ± 2.9
ED (Mj/kg)	18.1a ± 0.3	18.3a ± 0.6	19.4b ± 0.06	19.8b ± 0.1
PD/ED (g/Mj)	26.3a ± 0.2	24.1b ± 0.01	23.7c ± 0.1	23.1d ± 0.1

a,b,c,d Valores en una misma fila con distinto superíndice son significativamente diferentes ( $p<0.05$ ).  
ns: no significativas. Los valores son el promedio con una desviación estándar (n = 2 réplicas).

## Escuela de Acuicultura

La Escuela de Acuicultura, es una unidad académica de la Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias de la Universidad Católica de Temuco, fue creada en 1988 para impartir la carrera de Técnico Universitario en Acuicultura, habiendo titulado hasta el presente más de 200 profesionales que se desempeñan exitosamente en distintas empresas acuícolas a lo largo del país.

Desde 1994, la escuela no sólo forma técnicos universitarios sino que también Ingenieros en Acuicultura, cuenta con una planta académica de 10 profesores jornada completa, todos con postgrados en diferentes especialidades en el área de acuicultura, además de una planta técnica de 5 profesionales.



Producto de la adjudicación de un proyecto MECESUP en 1999, actualmente cuenta con modernos laboratorios especializados en reproducción, nutrición, calidad de agua, alimentos vivos, entre otros, los que confluyen en una unidad de cultivo para especies acuáticas con circuito de aire, de agua dulce y de agua salada.

La Escuela de Acuicultura desarrolla proyectos de investigación con especies nativas (Proyecto Puye, financiado por Fondef) y realiza investigaciones en salmónidos en temas de reproducción, nutrición y economía.

Cuenta con convenios con Universidades de España, Holanda, Brasil y China; producto de esto, estudiantes, profesores y técnicos anualmente realizan pasantías de especialización en acuicultura fuera del país.

## El lupino

El lupino, conocido también como altramuza, tremoco o termis, es una leguminosa que ha constituido la base proteica principal en la alimentación de la población sudamericana desde tiempo antiguos, alcanzando importancia desde la época incaica. El cultivo de este grano ofrece una ventaja adicional por su condición de mejorador de suelos (liberando fósforo y fijando el nitrógeno atmosférico) lo que lo ha convertido en una importante alternativa en la rotación de cultivos.

Esta leguminosa es un prototo parecido a la soya que tiene cualidades nutricionales muy buenas, pero que por el momento no se produce a nivel industrial, pues su precio al utilizarse mayoritariamente en la producción de aceites y forraje no es competitivo con el de la soya, producto que en los mercados actualmente se encuentra sobre ofertado.

Existen distintas variedades de lupino con niveles de proteína cruda variable, Lupino albus, 33 a 38%; el Lupino angustifolius, 27 a 34%; Lupino luteus 39 a 41% y Lupinus mutabilis, 40 a 46%. El grano de lupino blanco no exhibe una gran variación proteica, manteniéndose en un 37% de proteína cruda y 3,3 Mcal/kg de energía metabolizable. Este grano presenta como principales complicaciones en alimentación el nivel de alcaloides, deficiencia de algunos aminoácidos esenciales y digestibilidades en torno al 85 por ciento para truchas.

Para el caso de los alcaloides, han podido reducirse genéticamente mediante la obtención de variedades "dulces", es decir, libres de alcaloides con valores del 0,00 a 0,05% del grano. Una alternativa para enfrentar los desbalances de aminoácidos en las proteínas vegetales, es la combinación de los ingredientes. Es así como en el caso de las proteínas de lupino, el cual es pobre en aminoácidos azufrados como metionina y cistina, pero es relativamente rico en lisina, se ha combinado con la quínoa, que a diferencia de la mayoría de las proteínas de origen vegetal, en especial cereales, es rica en metionina, cistina y lisina.

Dentro de las oleaginosas producidas en Chile se puede clasificar también al lupino, debido al alto nivel de aceite que posee, su superficie sembrada alcanzó alrededor de 11.426 Ha en el período 1996-1997 (INE, 1998), luego se encuentran la maravilla y el raps, con un área total de cultivo de 13.688 Ha y con una producción de 106.636 toneladas al año, destinados principalmente a la manufactura de aceites vegetales para consumo humano (INE, 1998). Según el censo agropecuario de 1997, la mayor producción de lupino a nivel nacional se concentra en la IX región, donde la superficie total sembrada es de 11.178 Ha con una producción de 24.840 toneladas y con un rendimiento de 2.220 kg/Ha.