

## Efecto de dietas con diferentes proporciones de proteínas y lípidos sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmón del Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*)\*

The effect of diets with different protein/lipid ratios on productive performance and carcass characteristics of the Pacific salmon (*Oncorhynchus kisutch*)

J. POKNIAK, M.V., M.S.<sup>1</sup>; S. MUÑOZ, I.A.M.Sc.<sup>2</sup>; N. DIAZ, Dr. Cs.<sup>2</sup>; C. GONZALEZ, M.V.<sup>1</sup>; I. DÍAZ, M.V.<sup>a</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fomento de la Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Casilla 2, Correo 15, Santiago, Chile.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Chile.

### SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the productive performance, carcass characteristics and the food cost of each kg body weight gained per salmon fed with different proportions of protein/lipid in their diet during their final fattening period (P/L). Three thousand and three hundred coho salmon were randomly assigned to three diets with two repetitions each. The fishes of the first group were fed a diet with 45% of protein and 22% of lipids (P/L 2.04) (control). The second group received a diet with 43% protein 26% lipids diet (P/L 1.65), and the third group a diet with 40% protein 30% lipids diet (P/L 1.33). The productive performance was evaluated taking into account the feed consumption, weight gain, feed conversion efficiency, specific growth rate and average final weight. The characteristics quality were evaluated considering body length, condition factor, eviscerated weight, carcass yield, viscera weight, liver weight, gonad weights, perivisceral fat and belly thickness.

The productive performance results were similar between all treatments except the average weight. This value was higher in the treatments with lower P/L ratios ( $p < 0.05$ ); diet 1: 3911g; diet 2: 4179g and diet 3: 4078g and males (4237g) were heavier ( $p < 0.05$ ) than females (3840g). In general, the better carcass characteristics in fish were obtained by fishes fed diet 2 compared with those fed diet 1 but with fishes fed diet 3, and males had a better performance than females. Diets with more fat produced greater perivisceral fat content however the carcass yield was not affected. The diet 2 (\$675) turned out to be of a greater cost for each kg gained than the diet 1 (\$ 627) and diet 3 (\$ 625). The final decision of feeding a diet with a higher lipid content has to be based on a better feed conversion efficiency and that the substitution of an ingredient, such as fish meal, should be a diet of a lower price, that was not observed in this assay.

*Palabras clave:* salmón, proteína / lípidos, características de canal.

*Key words:* salmon, protein/lipids ratios, carcass characteristics.

### INTRODUCCION

El cultivo de salmónidos ha experimentado un gran desarrollo durante los últimos años y se espera que durante la próxima década crezca cer-

ca de un 90% respecto de los actuales niveles. Esto significa una elaboración de 2,2 millones de toneladas de dietas, que implica una necesidad de 860 y 750 mil toneladas de harina y aceite de pescado, respectivamente (ANON, 2000), que conlleva necesariamente a buscar nuevas estrategias de alimentación que permitan optimizar las dietas y el uso de las materias pri-

Aceptado: 26.08.2004.

\* Trabajo financiado por el Proyecto Fondef D 98 I 1069.

mas. El crecimiento de los peces está asociado al consumo de alimento, condiciones de temperatura y concentración de oxígeno disuelto en el agua (Metailler y col., 1980). Por otro lado, los aminoácidos y ácidos grasos constituyen las fuentes energéticas más importantes de los salmones (Cho y Kaushik, 1990), siendo los carbohidratos de uso limitado (Gillaume, 1991). Por su parte, la síntesis de proteínas y la mantención implican un gasto energético inevitable; por lo que el destino gluconeogénico de los aminoácidos debería ser disminuido (De la Higuera, 1987), destinando, preferentemente, la energía contenida en los aminoácidos a procesos de biosíntesis corporales que potencien la ganancia de peso (Steffens, 1987), y que las necesidades energéticas sean cubiertas significativamente por ácidos grasos y, en alguna medida, por carbohidratos.

El balance de los aminoácidos dietéticamente esenciales, la cantidad de energía ingerida por sobre los requerimientos de mantención, junto a la proporción proteína/lípidos (P/L) en la dieta, son los factores más importantes para la retención de energía (Cho y Kaushik, 1990). Una apropiada proporción de proteína/energía digestible influencia de manera relevante la eficiencia de utilización de la proteína y energía de las dietas (Cho, 1992). Así, al aumentar los niveles de energía de las dietas y disminuir apropiadamente el contenido de proteína, se logra una mayor retención de nitrógeno y energía, lo que favorece el crecimiento (Hillestad y Johnsen, 1994; Morais y col., 2001), disminuyendo, por otra parte, la descarga nitrogenada al medio (Kaushik y Medale, 1994; Arzel y col., 1994). Una elevada ingesta de energía y un inapropiado balance proteína/energía darían como resultado que una gran proporción de la energía sea retenida como lípidos (Cho y Kaushik, 1990, NRC (1993). La entrega de dietas hiperenergéticas implicaría un menor consumo de alimentos, puesto que los peces, al igual que otros animales, regulan su ingesta por el contenido energético de la dieta (Cho y Kaushik, 1990, Silverstein y col., 1999).

Eficiencias de conversión alimenticia (ECA) y ganancias de pesos significativamente mejores, con mayores retenciones energéticas y de nitrógeno, se han obtenido en salmones con die-

tas que aportaban 37% de proteínas y 22% de lípidos (Hillestad y Johnsen, 1994); lo mismo para dietas con 36% de proteínas y 25% de lípidos (Cho, 1992). Hernández y col. (2001), trabajando con sargo picudo (*Diplodus puntazzo*), observaron que dietas cuyas proporciones de P/L eran más estrechas lograron mejores valores de crecimiento, menor consumo de alimento, mayores valores en el factor de condición, índice gonadosomático e índice hepatosomático. Por su parte, Einen y Roem (1997) informan un menor rendimiento de la canal en salmón Atlántico, al disminuir las proporciones de P/L de las dietas. Sin embargo, Lee y Putnam (1973) y Alvarez (1994) en truchas arco iris, no encontraron variación en este parámetro al utilizar dietas con distinto contenido energético, manteniendo la proteína constante.

Weatherup y col. (1997) concluyeron que en truchas arco iris alimentadas con dietas de mayor contenido lipídico, la proporción de grasa, tanto en los filetes como en las vísceras, aumentó significativamente. En concordancia con lo anterior, Hillestad y Johnsen (1994) informaron mayor engrasamiento de los filetes y aumento del depósito de grasa perivisceral en salmones del Atlántico, alimentados con dietas que contenían desde 21 a 32% de grasa y 42 a 35% de proteína; sin embargo, los peces alimentados con la dieta de menor concentración de proteína (35%) crecieron un 27% más que aquéllos con 42% de proteína en su dieta.

El advenimiento de la tecnología del extruido ha permitido elevar la incorporación de grasas a las dietas desde 300 g/kg a 400 g/kg, lo que ha llevado a la realización de nuevos estudios en la alimentación de salmones, con dietas de mayor contenido energético (Einen y Roem, 1997). Además, estas dietas fueron aceptadas por la industria salmoneera en Europa por razones técnicas, como menor desintegración y pérdida de pellets al momento de alimentar los peces (Hardy y Castro, 1994).

Este trabajo se realizó para evaluar la respuesta productiva, características de la canal y el costo alimentario por kilo de aumento de peso de salmones coho alimentados con tres dietas de diferentes proporciones de P/L durante el período de engorda.

## MATERIAL Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en instalaciones del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), ubicadas en la XI Región, Chiloé, Chile. Se utilizaron 3.300 salmones coho distribuidos al azar en seis jaulas de 5 x 10 x 10 m con 550 peces cada una, correspondientes a tres tratamientos con dos repeticiones cada uno.

La evaluación del efecto de las distintas proporciones de P/L en las dietas se efectuó según el diseño presentado en el cuadro 1. La entrega de las dietas fue por un período de 115 días, la frecuencia de alimentación fue igual para todos los grupos y se ajustó y registró la ración diaria de acuerdo al crecimiento de los peces y al cambio de la temperatura del agua. Las dietas se presentan en el cuadro 2 y fueron elaboradas por la empresa Salmofood S.A.<sup>®2</sup>, acorde al diseño experimental propuesto.

### CUADRO 1. Diseño experimental utilizado en el ensayo.

Experimental design used.

Dietas	Proteína (P)	Lípido (L)	Proporción P/L
1	45	22	2,04
2	43	26	1,65
3	40	30	1,33

### CUADRO 2. Composición química de las dietas (%) usadas durante el ensayo.\*

Chemical composition of the diets (%) as fed.

%	Dietas		
	1	2	3
Proteína	45	43	40
Lípido	22	26	30
Carbohidratos (máx.)	13	10	12
Fibra (máx.)	1	1	1
Cenizas (máx.)	10	11	9
Humedad (máx.)	9	9	8

\* Análisis de garantía base fresca de la empresa Salmofood S.A.<sup>®</sup>

Para evaluar las variables productivas se pesaron mensualmente 20 peces por jaula, previo ayuno de 48 horas. La biomasa fue calculada sobre la base del peso promedio de la muestra mensual multiplicado por el número de peces de la jaula. Con los cambios de la biomasa se determinaron: tasa de crecimiento específico (TCE =  $(\ln P_{\text{final}} - \ln P_{\text{inicial}}) / N^{\circ} \text{días}$ ) y ganancia de peso (GP =  $P_{\text{final}} - P_{\text{inicial}}$ ), donde  $P_{\text{final}}$  = peso final y  $P_{\text{inicial}}$  = peso inicial. También se registró el consumo de alimento (CA) que junto al cambio de la biomasa permitió calcular la eficiencia de conversión alimenticia (ECA = cambio de la biomasa / CA).

La evaluación de las variables asociadas a la canal se realizaron al inicio del ensayo, a los 60 días y a la cosecha (115 días) seleccionando 20, 30 y 40 peces por jaula, respectivamente. Las variables registradas en cada control fueron: peso sacrificio (PS), peso de la canal (PC: pez eviscerado con cabeza), ambos registrados con una balanza electrónica, con una sensibilidad de 5 g. Además, se registró la longitud (L) medida desde el extremo nasal hasta el borde interno de la horquilla de la aleta caudal; el peso de las vísceras (Pvis. incluye: hígado, gónadas, grasa perivisceral y tubo digestivo); peso del hígado (PH), peso de las gónadas (PG) y peso de la grasa perivisceral (GPV: correspondiente a la grasa que rodea el estómago y los intestinos, que se desprende fácilmente a la tracción, excluyendo la adherida a los ciegos pilóricos). Estos pesos fueron registrados con una balanza electrónica, con una sensibilidad de 1 g. Además, se determinó el sexo a través de la observación visual de gónadas, el factor de condición (FC =  $(PS/L^3) \times 100$ ); rendimiento de la canal (RC =  $(PC/PS) \times 100$ ), índice hepatosomático (IHS =  $(PH/PS) \times 100$ ), índice gonadosomático (IGS =  $(PG/PS) \times 100$ ), y el espesor de la pared abdominal (EpA), que fue medido sólo al término del ensayo, utilizando una regla métrica.

Para el análisis estadístico de los resultados de peso final, como variable de respuesta productiva, y las correspondientes a las características de la canal, se empleó el análisis de varianza (con un arreglo factorial 3 (tratamientos) x 2 (sexos) e interacción tratamiento/sexo), emplean-

do el paquete estadístico S.A.S. (1993). Los valores porcentuales fueron previamente transformados a la raíz cuadrada del arco seno.

Los valores de ECA, CA, GP, y TCE de los distintos tratamientos se evaluaron por medio de análisis de regresión, donde el mejor ajuste fue dado por  $r^2$ , y las diferencias entre sus pendientes se determinaron por análisis de varianza.

La determinación del costo de la ganancia de peso de cada tratamiento, por concepto del gasto en alimento, se realizó sobre la base de la ECA y el precio de las dietas, al momento de la realización del ensayo (CAK = ECA x \$ kg de alimento).

## RESULTADOS

Las respuestas en CA, GP, ECA y TCE al término del experimento no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre las dietas evaluadas (cuadro 3).

De los indicadores de la canal (cuadro 4), el peso al sacrificio y la longitud de los salmones alimentados con la dieta 1 fueron menores ( $p < 0.05$ ), respecto de aquellos peces que recibieron las dietas 2 y 3. El factor de condición y el rendimiento de la canal fueron semejantes entre las dietas. En el peso de canal, la dieta 2 registró

**CUADRO 3. Promedios ( $\pm$  DE) de indicadores productivos de los salmones al término del experimento.**

Mean ( $\pm$  SD) of productive performance index of salmon at the end of the experiment.

	Dietas		
	1	2	3
Consumo Alimento (kg)	2,74 $\pm$ 2,01	2,94 $\pm$ 0,04	2,70 $\pm$ 0,01
Ganancia Peso (kg)	2,58 $\pm$ 0,02	2,59 $\pm$ 0,06	2,53 $\pm$ 0,02
Eficiencia Conversión Alimenticia	1,08 $\pm$ 0,08	1,14 $\pm$ 0,08	1,07 $\pm$ 0,04
Tasa Crecimiento Específico (%)	1,12 $\pm$ 0,4	1,11 $\pm$ 0,6	1,12 $\pm$ 0,4

**CUADRO 4. Promedios ( $\pm$  DE) de indicadores de la canal al final del período experimental.**

Mean ( $\pm$  SD) of different characteristics of carcass at the end of the experiment.

	Dietas		
	1	2	3
Peso sacrificio (g) <sup>1</sup>	3911 $\pm$ 603 <sup>b2</sup>	4179 $\pm$ 740 <sup>a</sup>	4078 $\pm$ 675 <sup>a</sup>
Longitud (cm)	59,6 $\pm$ 2,9 <sup>b</sup>	60,8 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	60,6 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>
Factor Condición	1,84 $\pm$ 0,18	1,84 $\pm$ 0,22	1,81 $\pm$ 0,13
Rendimiento Canal (%)	84,8 $\pm$ 4,2	84,1 $\pm$ 5,8	84,4 $\pm$ 4,4
Peso Canal (g)	3309 $\pm$ 479 <sup>b</sup>	3507 $\pm$ 634 <sup>a</sup>	3435 $\pm$ 571 <sup>ab</sup>
Peso Vísceras (g)	538 $\pm$ 103 <sup>b</sup>	598 $\pm$ 140 <sup>a</sup>	587 $\pm$ 132 <sup>a</sup>
Peso Hígado (g)	66,4 $\pm$ 18,6	70,1 $\pm$ 21,3	70,2 $\pm$ 23,4
Índice Hepatosomático (%)	1,73 $\pm$ 0,54	1,70 $\pm$ 0,51	1,72 $\pm$ 0,53
Grasa Perivisceral (g)	58,6 $\pm$ 24,5 <sup>b</sup>	74,6 $\pm$ 27,6 <sup>a</sup>	74,4 $\pm$ 26,0 <sup>a</sup>
Espesor Pared Abdominal (cm)	1,43 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>	1,49 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	1,46 $\pm$ 0,21 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup> después de 115 días de ensayo y corresponde también al peso final (Tabla 3).

<sup>a-b</sup> distintas en la misma fila indican diferencias ( $p < 0,05$ ).

un valor superior ( $p < 0.05$ ) respecto de la dieta 1 y equivalente con aquel de la dieta 3; sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las dietas 1 y 3. El peso de las vísceras de los salmones de la dieta 1 fue inferior ( $p < 0.05$ ) al de las otras dietas. Tanto en el peso del hígado como en el índice hepatosomático no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las dietas. Respecto de la grasa perivisceral, la dieta 1 alcanzó un peso inferior ( $p < 0.05$ ) al de las restantes dietas. El espesor de la pared abdominal de los salmones de la dieta 2 fue superior ( $p < 0.05$ ) al correspondiente a los peces de la dieta 1 y semejante al presentado por aquellos que recibieron la dieta 3.

Los machos lograron mejores resultados ( $p < 0.05$ ) que las hembras en PS, PC, Pvis y FC; y las hembras en PH e IHS. Las características no modificadas por efecto del sexo fueron RC, GPV, EpA y L (cuadro 5).

Con relación al peso de las gónadas, los machos que recibieron la dieta 2 presentaron un mayor peso ( $p < 0.05$ ) que los alimentados con la dieta 1 y semejante a los de la dieta 3. Por otra parte, el peso de los ovarios no fue modificado por las dietas que recibieron las hembras, mientras que para el índice gonadosomático las hembras que consumieron la dieta 1 obtuvieron un valor mayor ( $p < 0.05$ ) que las que consumieron las dietas 2 y 3. Los machos no presentaron diferencias significativas en esta variable (cuadro 6).

En ninguno de los resultados expuestos se observó un efecto significativo ( $p > 0.05$ ) de la interacción tratamiento x sexo.

El costo de alimento por kilo ganado de salmón (CAK) para las tres dietas empleadas en el ensayo fue 8.8 y 7.1% más caro en la dieta 2 respecto de las 1 y 3, respectivamente; y para esta última fue 1.6% más caro que la dieta 1 (cuadro 7).

## DISCUSION

Aunque el consumo de alimento fue equivalente ( $p > 0.05$ ) entre los peces de los tratamientos evaluados, la dieta 2 fue la más consumida (cuadro 3), coincidiendo con su mayor peso (cuadro 4) y ganancia de peso observado (cuadro 3).

**CUADRO 5. Efecto del sexo intra dieta y total sobre las características de la canal al término del ensayo. Promedios  $\pm$  desviación estándar.**

**Effect of sex on carcass characteristics at the end of the experiment. Average  $\pm$  standard deviation.**

	Dieta 1			Dieta 2			Dieta 3			Sexo	
	Machos	Hembras	n	Machos	Hembras	n	Machos	Hembras	n	Machos	Hembras
	n = 35	n = 45	n = 42	n = 42	n = 38	n = 43	n = 37	n = 119	n = 121		
Peso sacrificio (g)	4047 $\pm$ 719 <sup>a</sup>	3740 $\pm$ 355 <sup>b</sup>	4419 $\pm$ 727 <sup>a</sup>	3899 $\pm$ 659 <sup>b</sup>	4248 $\pm$ 690 <sup>a</sup>	3874 $\pm$ 732 <sup>b</sup>	4237 $\pm$ 690 <sup>a</sup>	3840 $\pm$ 605 <sup>b</sup>			
Peso Canal (g)	3403 $\pm$ 566 <sup>a</sup>	3191 $\pm$ 309 <sup>b</sup>	3712 $\pm$ 619 <sup>a</sup>	3268 $\pm$ 573 <sup>b</sup>	3556 $\pm$ 574 <sup>a</sup>	3290 $\pm$ 623 <sup>b</sup>	3556 $\pm$ 574 <sup>a</sup>	3250 $\pm$ 519 <sup>b</sup>			
Peso vísceras (g)	562 $\pm$ 102 <sup>a</sup>	508 $\pm$ 98 <sup>b</sup>	654 $\pm$ 122 <sup>a</sup>	532 $\pm$ 133 <sup>b</sup>	635 $\pm$ 104 <sup>a</sup>	530 $\pm$ 140 <sup>b</sup>	616 $\pm$ 116 <sup>a</sup>	524 $\pm$ 125 <sup>b</sup>			
Factor de Condición	1,88 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	1,79 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup>	1,87 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	1,81 $\pm$ 0,25 <sup>b</sup>	1,86 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	1,75 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>	1,87 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	1,78 $\pm$ 0,17 <sup>b</sup>			
Peso Hígado (g)	52,7 $\pm$ 9,0 <sup>b</sup>	83,6 $\pm$ 11,9 <sup>a</sup>	57,3 $\pm$ 11,0 <sup>b</sup>	85,0 $\pm$ 20,7 <sup>a</sup>	56,5 $\pm$ 12,3 <sup>b</sup>	86,4 $\pm$ 23,1 <sup>a</sup>	55,4 $\pm$ 10,9 <sup>a</sup>	85,0 $\pm$ 19,1 <sup>b</sup>			
Índice Hepatosomático (%)	1,33 $\pm$ 0,30 <sup>b</sup>	2,23 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	1,30 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>	2,17 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	1,32 $\pm$ 0,22 <sup>b</sup>	2,20 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	1,32 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	2,20 $\pm$ 0,34 <sup>b</sup>			
Rendimiento Canal (%)	84,3 $\pm$ 3,8	85,4 $\pm$ 4,6	84,0 $\pm$ 3,7	84,1 $\pm$ 7,6	83,7 $\pm$ 4,1	85,0 $\pm$ 4,7	84,0 $\pm$ 3,9	84,8 $\pm$ 5,8			
Grasa Perivisceral (g)	56,6 $\pm$ 23,4	61,2 $\pm$ 26,0	75,3 $\pm$ 30,3	73,7 $\pm$ 24,6	75,7 $\pm$ 27,7	72,9 $\pm$ 24,2	69,1 $\pm$ 28,5	69,4 $\pm$ 25,3			
Espesor Pared Abdominal (cm)	1,42 $\pm$ 0,16	1,43 $\pm$ 0,21	1,50 $\pm$ 0,19	1,48 $\pm$ 0,17	1,48 $\pm$ 0,19	1,45 $\pm$ 0,24	1,47 $\pm$ 0,18	1,45 $\pm$ 0,21			
Longitud (cm)	59,8 $\pm$ 3,6	59,2 $\pm$ 1,8	61,6 $\pm$ 2,6	59,9 $\pm$ 3,5	61,0 $\pm$ 3,0	60,2 $\pm$ 3,6	60,8 $\pm$ 3,0	59,8 $\pm$ 3,1			

<sup>a,b</sup> distintas en igual fila, dentro de cada dieta y sexo indican diferencias ( $p < 0.05$ ).

**CUADRO 6. Promedios ( $\pm$ DE) de peso de gónadas e índice gonadosomático de los salmones.**

Mean ( $\pm$ SD) of gonad weights and gonadosomatic index.

Dietas	Peso Gónadas		Índice Gonadosomático	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
1	309 $\pm$ 66 <sup>b</sup>	220 $\pm$ 64	7,7 $\pm$ 1,6	5,8 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>
2	340 $\pm$ 68 <sup>a</sup>	207 $\pm$ 87	7,8 $\pm$ 1,4	5,2 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>
3	327 $\pm$ 56 <sup>ab</sup>	209 $\pm$ 92	7,7 $\pm$ 1,1	5,2 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>

<sup>a-b</sup> distintas en igual columna indican diferencias ( $p < 0,05$ ).

**TABLA 7. Costo de alimentación por kilo de salmón producido durante el ensayo.**

Feed cost of the salmon kilogram gained during the experiment.

Dietas	ECA	\$ Dieta <sup>1</sup>	\$ C.A.K.
1	1,08	580,5	627,00
2	1,14	587,5	675,00
3	1,07	584,5	625,00

<sup>1</sup> Precio del kg de dieta sin incluir IVA, expresado en pesos chilenos, al momento del ensayo.

Sin embargo, los resultados de consumo no concuerdan con lo que se esperaba, en el sentido de que a un mayor contenido energético de la dieta debería haber un menor consumo como lo sugieren Cho y Kaushik (1990) y Silverstein y col., (1999). Es posible que esto se ponga en evidencia cuando las diferencias en los aportes lipídicos de las dietas sean más amplios que los empleados en este ensayo (cuadro 2). Hillestad y Johnsen (1994), Einen y Roem (1997), Hillestad y col. (1998), en salmón del Atlántico, y Weatherup y col. (1997) con truchas arco iris, informaron una mejor eficiencia de conversión alimenticia con dietas de mayor contenido energético, lo que es discrepante con lo observado en este trabajo donde no se registraron diferencias para esta característica, como tampoco para la tasa de crecimiento específico ( $p > 0,05$ ) (cuadro 3).

El peso alcanzado por los salmones al momento del sacrificio (cuadro 4) fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) al ser alimentados con

las dietas que contenían proporciones de P/L más estrechas, es decir, con una mayor proporción de lípidos en relación a su aporte proteico (cuadro 2). Esto concuerda con los resultados informados para catfish (Hillestad y Johnsen, 1994), salmón Atlántico (Einen y Roem, 1997; Hillestad y col., 1998), trucha arco iris (Lee y Putnam, 1973; Cho y Kaushik, 1990) en que, aumentando los contenidos de energía de las dietas y disminuyendo los niveles de proteína, se logra una mayor retención de nitrógeno y energía, lo que favorece el crecimiento. Aunque no existieron diferencias significativas entre las dietas 2 y 3, que contenían las proporciones más estrechas de P/L, se observó un mejor peso usando la dieta 2 (26% de lípidos) que la dieta 3 (30% de lípidos), lo que se acerca a lo encontrado por Cho y Kaushik (1990), quienes, trabajando con truchas arco iris, obtuvieron la mejor respuesta en crecimiento y eficiencia de conversión, al utilizar una dieta que contenía 25% de lípidos y 36% de proteínas. En relación con los sexos (cuadro 5), los machos siempre obtuvieron un mayor peso que las hembras ( $p < 0,05$ ), dando cuenta de una mejor retención y utilización de energía.

Acorde con lo observado en el peso, la longitud corporal fue mayor ( $p < 0,05$ ) en los peces que consumieron las dietas 2 y 3 respecto de la dieta 1 (cuadro 4). Esto demuestra que el aumento de peso de los salmones no sólo se debió a un aumento de volumen de los mismos, sino que hubo también una mayor longitud, dando cuenta de un apropiado crecimiento en los peces. En el factor de condición de los salmones (cuadro 4),

no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), al igual que Regost y col. (2001), con trucha café (*Salmo trutta*), lo cual, aunque es acorde al peso y longitud registrados en el presente trabajo, no concuerda con lo informado por Lee y Putnam (1973) y Hernández y col. (2001), que trabajando con truchas arco iris y sargo picudo, respectivamente, observaron que el factor de condición aumentaba a medida que disminuía la proporción P/L de las dietas. En relación a los sexos, los machos presentaron un FC mayor ( $p < 0.05$ ) que las hembras en las tres dietas estudiadas, lo que está asociado más bien al mayor peso de los salmones machos que a su longitud, puesto que esta variable fue semejante entre los peces de los diferentes tratamientos (cuadro 5).

En relación al peso de la canal (cuadro 4), éste tendió a ser mejor en las dietas con más proporción de lípidos, aunque sólo se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las dietas 1 y 2. Respecto a las diferencias entre machos y hembras para la misma variable (cuadro 5), los resultados fueron concordantes a lo encontrado con el peso, mostrando los machos valores mayores que las hembras ( $p < 0.05$ ).

En el presente trabajo, contrario a lo que informan Einen y Roem (1997) para salmón del Atlántico, pero coincidiendo con Lee y Putnam (1973) y Alvarez (1994), en truchas arco iris, no se observaron diferencias ( $p > 0.05$ ) en el rendimiento de la canal (cuadro 4), a pesar de los mayores pesos mostrados por los peces que consumieron dietas con más contenido lipídico. En relación con los sexos (cuadro 5), tampoco se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

El mismo patrón de comportamiento mostrado por las dietas en el peso de los salmones fue observado en el peso de las vísceras (cuadro 4), siendo mayor este peso ( $p < 0.05$ ) en las dietas 2 y 3 respecto de la dieta 1. Algo similar fue informado por Lee y Putnam (1973) trabajando con trucha arco iris, y Regost y col. (2001), en trucha café, que registraron un marcado y significativo aumento de peso del tracto gastrointestinal cuando se elevó el contenido de lípidos de las dietas. Los machos lograron un peso de vísceras superior ( $p < 0.05$ ) a las hembras. El mayor peso de las vísceras de los tratamientos 2 y 3 (cuadro 4) es-

taría dando cuenta de la ausencia de diferencias en el rendimiento de las canales comentado previamente.

El peso del hígado de los salmones que consumieron dietas con mayor contenido de lípidos (2 y 3) fue similar al de la dieta 1 (cuadro 4). Por su parte, Arzel y col. (1994) y Regost y col. (2001) informan un aumento considerable del contenido de proteínas y grasa en hígados de truchas café que recibían dietas hiperlipídicas versus dietas de menor contenido lipídico. Las hembras mostraron en todas las dietas un mayor peso de hígado ( $p < 0.05$ ) que los machos (cuadro 5), lo que sería esperable en momentos cercanos a la madurez sexual por una mayor actividad metabólica de los hígados de las hembras (Mommsen y Walsh, 1988); sin embargo, no se realizaron análisis adicionales que expliquen a qué se puede asociar este aumento de peso, con los que se hubiesen podido diferenciar los hígados de machos y hembras en su contenido proteínico y graso, de manera de atribuirlo a las dietas y/o al estado fisiológico. El IHS de los salmones fue semejante entre las dietas (cuadro 4). Esto no concuerda con lo encontrado por Hernández y col. (2001) que informan un aumento del IHS en sargo picudo juvenil a medida que disminuía la proporción de P/L de las dietas; sin embargo, encontraron resultados similares al presente trabajo con las mismas dietas en peces adultos. Estos resultados indican que no hubo una real influencia al disminuir las proteínas de las dietas y aumentar el contenido lipídico de las mismas, sobre un incremento del volumen hepático respecto del peso de los salmones. Mientras lo observado en machos y hembras (cuadro 5) se correlaciona con lo encontrado en el peso de los hígados, dando un mayor IHS ( $p < 0.05$ ) en hembras que en machos.

Varios autores informan de un aumento en el depósito de grasa peritoneal (Gaylord y Gatlin, 2001) y perivisceral (Hillestad y col., 1998; Regost y col., 2001; Weatherup y col., 1997) al elevar los niveles de lípidos en las dietas entregadas a diferentes peces, lo que fue ratificado al observar un mayor engrasamiento perivisceral ( $p < 0.05$ ) de los salmones que recibieron las dietas 2 y 3 con proporciones de P/L más estrechas respecto de la dieta 1 (cuadro 4). El sexo no afectó

el depósito de GPV en ninguna de las dietas ensayadas, aunque los machos mostraron valores más altos en las dietas de mayor contenido lipídico (cuadro 5).

El espesor de la pared abdominal fue superior ( $p < 0.05$ ) en los salmones alimentados con la dieta 2 respecto de aquéllos que recibieron la dieta 1 (cuadro 4); sin embargo, los peces alimentados con las dietas 1 y 3, de menor y mayor contenido de lípidos, respectivamente, alcanzaron espesores equivalentes. El sexo no afectó significativamente esta variable (cuadro 5).

El peso de las gónadas de los machos de la dieta 2 fue mayor ( $p < 0.05$ ) al de los salmones de la dieta 1 (cuadro 6) y equivalente a los alimentados con la dieta 3, esto también fue observado entre las gónadas de los peces de las dietas 1 y 3. En las hembras, las gónadas con más peso lo presentó la dieta 1, aunque sin diferencias significativas respecto de las dietas 2 y 3 (cuadro 6). Kaushik y Médale (1994) informan que en truchas arco iris, bajo condiciones de cultivo, la maduración gonadal involucra gran movilización de reservas de grasa corporal, y que representa entre el 15-18% de la energía bruta almacenada, estando muy correlacionada con el índice gonadosomático. Sin embargo, ni en machos ni en hembras es posible asegurar si la diferencia de peso se debe a un cambio en la proporción de P/L, ya que, al igual que en los hígados, no se hizo ningún análisis adicional a las gónadas en que se pudiera determinar su contenido en proteína y/o lípidos.

El IGS de los machos fue semejante en todas las dietas (cuadro 6). En las hembras, la dieta 1, de mayor contenido de proteína, mostró un índice más elevado ( $p < 0.05$ ) que las dietas 2 y 3, las cuales no mostraron diferencias entre sí. Contrario a esto, Hernández y col., (2001), trabajando con sargo picudo señalan, sin especificar el sexo y con peces de menor peso que los de este ensayo, que los valores del IGS fueron mayores al entregar dietas con mayor contenido lipídico.

El desarrollo de una óptima estrategia de alimentación pasa por lograr la más eficiente utilización de los nutrientes contenidos en las dietas junto a una respuesta productiva que permita aumentar el retorno económico a la empresa y que,

necesariamente, implica satisfacer las exigencias comerciales de los mercados compradores de sus productos. El empleo de mayores niveles de lípidos en las dietas, en reemplazo de proteína como fuente energética, permitió un significativo aumento en el peso final de los salmones, que no fue acompañado con una ECA más eficiente, lo que dio lugar a un mayor costo para ganar un kilo de salmón en la dieta 2 (cuadro 7).

La decisión del empleo de dietas con mayores contenidos de lípidos apunta a varios aspectos, que desde un punto de vista productivo-nutricional son relevantes: que el reemplazo mejore la eficiencia de conversión de la dieta, puesto que este indicador pondrá de manifiesto cuánto es el costo de ganar un kilo de salmón asociado a su alimentación; que no se vea afectado el rendimiento de la canal, especialmente por el mayor depósito de grasa perivisceral, como lo observado en este ensayo, sin haber incluido aquella adherida a los ciegos pilóricos, y que el costo del reemplazo de un insumo, como la harina de pescado, por otro que provea esencialmente grasa, como puede ser aceite de pescado o mezclas de éste con aceites de origen vegetal, de tal modo de rebajar el contenido de proteína de la dieta y aumentar su aporte energético, origine dietas de un precio menor, que no fue el caso del presente trabajo.

## RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la respuesta productiva, las características de la canal y costo alimentario de cada kilo de peso ganado por salmones coho alimentados con diferentes proporciones de proteína/lípidos en sus dietas durante su etapa de engorda final. Se emplearon 3.300 salmones coho asignados al azar a tres tratamientos con dos repeticiones cada uno. Los peces del tratamiento 1 (control) recibieron una dieta con 45% de proteína y 22% de lípidos (P/L 2.04); los del tratamiento 2, una dieta que contenía 43% de proteína y 26% de lípidos (P/L 1.65), y los del tratamiento 3, una dieta con 40% proteína y 30% lípidos (P/L 1.33). La respuesta productiva fue evaluada considerando peso promedio, consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia de conversión alimenticia y tasa de crecimiento específico. Las características de la canal fueron evaluadas por el peso al sacrificio, longitud de

cuerpo, rendimiento, peso de vísceras, peso de hígado, peso de gónadas, grasa perivisceral y espesor de pared ventral. Los resultados de la respuesta productiva de los peces fueron similares entre los tratamientos excepto el peso final: dieta 1: 3911g; dieta 2: 4179g, y dieta 3: 4078g, que fue superior ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 2 y 3, con las proporciones de P/L más estrechas, como también los machos (4237g) fueron más pesados ( $p < 0.05$ ) que las hembras (3840g). En general, en los peces alimentados con la dieta 2 los machos tuvieron mejores resultados que las hembras. Las dietas con mayor contenido graso originaron un mayor depósito de grasa perivisceral, sin embargo, el rendimiento de la canal no fue afectado. El tratamiento 2 resultó ser el más caro (\$ 675), por concepto del gasto en alimento por kilo ganado de salmón, que el tratamiento 1 (\$ 627) y 3 (\$ 625), respectivamente. La decisión final del empleo de dietas con mayores contenidos de lípidos debe basarse en mejorar la eficiencia de conversión de la dieta y que el costo del reemplazo de un insumo como la harina de pescado por otro origine dietas de un precio menor, que no fue el caso del presente trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo prestado por todo el personal del complejo piscícola Coyhaique, y a los operadores de las balsas jaulas de Ensenada Baja, Puerto de Chacabuco, XI Región, Chile.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, C. 1994. Respuesta productiva de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) a dietas con distintos niveles de energía y lípidos en la fase de engorda. Memoria Título M. V. Universidad de Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias.
- ANON. 2000. Desafíos de la industria: estrategias para el desarrollo. *Aquanoticias* 56: 39-45.
- ARZEL, J., F. MARTINEZ, R. METAILLER, G. STEPHAN, M. VIAU, G. GANDEMER, J. GUILLAUME. 1994. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in seawater. *Aquaculture* 123: 361-375.
- AURSAND, M., B. BLEIVIK, J. RAINUZZO, L. JORGENSEN, V. MOHR. 1993. Lipid distribution and composition of commercially farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Sc. Food Agric.* 22: 239-248.
- CHO, C.Y., S.J. KAUSHIK. 1990. Nutritional Energetics in Fish: Energy and Protein Utilization in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *World Review of Nutrition and Dietetics* 61: 132-172.
- CHO, C.Y. 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* 100: 107-123.
- DE LA HIGUERA, M. 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. En: Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). Nutrición en acuicultura II. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 2, c. 8, pp. 53-86.
- EINEN, O., A.J. ROEM. 1997. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. *Aquaculture Nutrition* 3: 115-126.
- GAYLORD, T.G., D.M. GATLIN. 2001. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 194: 337-348.
- GILLAUME, J. 1991. Primera jornada sobre nutrición y alimentación de peces. Las bases de la nutrición en los salmónidos, generalidades, requerimientos nutritivos. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. C. 1, pp. 5-22.
- HARDY, R., E. CASTRO. 1994. Characteristics of the Chilean salmonid feed industry. *Aquaculture* 124: 307-320.
- HERNANDEZ, M.D., M.A. EGEE, F.M. RUEDA, F. AGUADO, F.J. MARTINEZ, B. GARCIA. 2001. Effects of comercial diets with different P/E ratios on sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) growth and nutrient utilization. *Aquaculture* 195: 321-329.
- HILLESTAD, M., F. JOHNSEN. 1994. High-energy/low protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture* 124: 109-116.
- HILLESTAD, M., F. JOHNSEN, E. AUSTRENG, T. ASGARD. 1998. Long-term effects of dietary fat level and feeding rate on growth, feed utilization and carcass quality of Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition* 4: 89-97.
- KAUSHIK, S.J., F. MEDALE. 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture* 124: 81-97.
- LEE, D.J., G.B. PUTNAM. 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.* 103: 916-922.
- METAILLER, R., T. DEHAPIOT, C. HUELVAN, E. VENDEVILLE. 1980. Influence of the feeding level on growth, feed conversion, protein

- efficiency and chemical composition of juvenile European seabass. *Proc. World Maricul. Soc.* 11: 436-444.
- MOMMSEN, T. P., P. J. WALSH. 1988. Chapter 5. Vitellogenesis and oocyte assembly. In: *Fish Physiology*. Edited by W.S. Hoar and D.J. Randall Vol. XI. The Physiology of developing fish. Part A Academic Press, INC., pp. 348-395.
- MORAIS, S., J. GORDON BELL, D.A. ROBERTSON, W.J. ROY, P.C. MORRIS. 2001. Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilization, muscle composition and liver histology. *Aquaculture* 203: 101-119.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press. Washington DC, USA. 144 p.
- REGOST, C., J. ARZEL, M. CARDINAL, M. LAROCHE, S.J. KAUSHIK. 2001. Fat deposition and flesh quality in seawater reared, triploid brown trout (*Salmo trutta*) as affected by dietary fat levels and starvation. *Aquaculture* 193: 325-345.
- S.A.S. INSTITUTE INC. 1993. S.A.S. user's guide, version 6.03 Edition. S.A.S. Institute Inc., Cary, NC. 956 p.
- SILVERSTEIN, J., K. SHEARER, W. DICKHOFF, E. PLISETSKAYA. 1999. Regulation of nutrient intake and energy balance in salmon. *Aquaculture* 177: 161-169.
- STEFFENS, W. 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 275 p.
- WEATHERUP, R., K. McCRACKEN, R. FOY, D. RICE, J. McKENDRY, R. MAIRS, R. HOEY. 1997. The effects of dietary fat content on performance and body composition of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 151: 173-184.