



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y**  
**PECUARIAS**

**EFFECTO DE DIFERENTES RAZONES DE PROTEÍNAS Y  
LÍPIDOS EN LAS DIETAS SOBRE LA RESPUESTA  
PRODUCTIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DEL  
SALMÓN DEL PACÍFICO (*Oncorhynchus kisutch*).**

**CARLOS EDUARDO GONZÁLEZ BETANCOURT**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento Fomento de la  
Producción Animal.

**Profesor Patrocinante: Dr. José Pokniak R.**

**SANTIAGO – CHILE**  
**2002**

***LA PRESENTE MEMORIA DE TÍTULO FORMA PARTE DEL PROYECTO  
FONDEF N° D 98-1-1069.***

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Revisión Bibliográfica</b>	<b>4</b>
2.1. Taxonomía	<b>4</b>
2.2. Tracto Digestivo del Salmón	<b>4</b>
2.2.1. Aspectos Anatómicos	<b>4</b>
2.2.2. Enzimas Digestivas	<b>6</b>
2.3. Requerimientos Nutritivos y Energéticos	<b>9</b>
2.4. Utilización de Nutrientes	<b>15</b>
2.5. Consumo de Alimento	<b>18</b>
2.6. Respuesta Productiva y Características de la Canal	<b>20</b>
2.7. Dietas	<b>25</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>30</b>
3.1. Objetivo General	<b>30</b>
3.2. Objetivos Específicos	<b>30</b>
<b>4. Hipótesis</b>	<b>31</b>
<b>5. Materiales y Métodos</b>	<b>32</b>
5.1. Realización del Ensayo	<b>32</b>
5.2. Controles	<b>34</b>
5.3. Respuesta Productiva de los Peces	<b>35</b>
5.4. Características de la Canal	<b>36</b>
5.5. Análisis Estadístico	<b>36</b>
5.6. Análisis de Costo Alimenticio	<b>38</b>
<b>6. Resultados</b>	<b>39</b>
6.1. Respuesta Productiva	<b>39</b>
6.1.1. Peso Final de los Salmones	<b>39</b>

6.1.2.	Consumo de Alimento	40
6.1.3.	Ganancia de Peso	41
6.1.4.	Eficiencia de Conversión Alimenticia	43
6.1.5.	Tasa de Crecimiento Específico	44
6.2.	Características de la Canal	46
6.2.1.	Longitud de los Salmones	46
6.2.2.	Factor de Condición	47
6.2.3.	Rendimiento de Canal	48
6.2.4.	Peso Eviscerado de los Salmones	49
6.2.5.	Peso de las Vísceras	50
6.2.6.	Peso de Hígado	52
6.2.7.	Índice Hepatosomático	53
6.2.8.	Peso Gonadal	54
6.2.9.	Índice Gonadosomático	54
6.2.10.	Peso de la Grasa Perivisceral	55
6.2.11.	Espesor de la Pared Abdominal	56
6.2.12.	Análisis del Costo Económico	57
6.3.	Interacción entre Tratamientos y Sexo	58
7.	<b>Discusión</b>	59
8.	<b>Conclusiones</b>	68
9.	<b>Bibliografía</b>	69

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta productiva, indicadores de calidad de canal y el costo de alimentación de salmones Coho, al emplear dietas con distintas razones de proteínas/lípidos (P/L). Para ello se utilizaron 3300 salmones Coho nacionales, con un peso promedio inicial de 1121 g. Los peces fueron asignados al azar a tres tratamientos con dos repeticiones, de 550 peces cada una. Los peces del primer tratamiento (control) se alimentaron con una dieta que contenía 45% de proteínas y 22% de lípidos (2,04 P/L), los del segundo tratamiento con 43% de proteína y 26% de lípidos (1,65 P/L), y los del tercer tratamiento, 40% de proteína y 30% de lípidos (1,33 P/L). La respuesta productiva se evaluó por medio del consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia de conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico y peso final. La calidad de canal se evaluó por medio de la longitud corporal, factor de condición, peso eviscerado, rendimiento de la canal, peso de las vísceras, peso del hígado, peso gonadal, contenido de grasa perivisceral y espesor de la pared abdominal. Las respuestas productivas fueron similares en los tres tratamientos, salvo en el peso final de los salmones, que fue mayor en los tratamientos con razones P/L más estrechas ( $p \leq 0,05$ ), al igual que los machos respecto de las hembras ( $p \leq 0,02$ ). Con relación a las características de calidad de canal, la dieta del segundo tratamiento tuvo en general un mejor comportamiento en la mayoría de las variables registradas, al igual que los machos respecto de las hembras, sin embargo, las respuestas fueron diversas. El factor de condición y el rendimiento de la canal no fueron modificados por los distintos tratamientos y el depósito de grasa perivisceral fue mayor en dietas con razones de P/L más estrechas. El empleo de dietas con razones de P/L más estrechas, tuvo como consecuencia un aumento en el costo de alimento por kilo de salmón ganado de un 8,77% para la dieta 2 y de un 1,59% para la dieta 3, tomando como base la eficiencia de conversión alimenticia alcanzada en cada tratamiento.

**Palabras claves:** salmón coho, razón proteína/lípidos, respuesta productiva, características de canal.

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria salmonera ha experimentado un gran crecimiento en los últimos 20 años, respecto a otros sectores relacionados con la producción animal, lo que ha llevado a Chile a posicionarse como el primer país productor de truchas y el segundo productor de salmones de cultivo a nivel mundial, exportando cerca de US\$ 974 millones con más de 200 mil toneladas el año 2000, lo que representó el 5,1% del total de las exportaciones chilenas (ANÓN, 2001). Sin embargo, a medida que la industria crece para satisfacer la demanda, la competencia también aumenta y los márgenes de ganancia tienden a ser más estrechos. Lo anterior se puede confirmar con las ventas alcanzadas durante el año 2001, donde exportando 300.304 toneladas, se percibieron solo US\$ 964 millones, dando indicios de una sobre oferta de productos (ANÓN, 2002).

Dentro de la producción de salmones y truchas, el ítem alimentación representa cerca del 70% de los costos totales de producción, pudiendo influir fuertemente en la rentabilidad final de las empresas, razón por la cual merece tanta atención a la hora de buscar una mayor eficiencia productiva, manteniendo un producto de excelencia a nivel internacional.

Por otro lado, de acuerdo con lo proyectado por los especialistas, la salmonicultura debiera crecer en casi un 90% durante la próxima década. Esto significa que la industria elaboradora de alimento para peces, deberá ser capaz de producir 2,2 millones de toneladas de alimento, lo cual se traduce en 860 mil toneladas de harina de pescado y 750 mil de aceite de pescado (ANÓN, 2000).

Este panorama obliga a buscar nuevas estrategias para optimizar las dietas y el uso de las materias primas, junto con otros insumos que puedan sustituirlas.

En esta búsqueda surge la interrogante de cómo acelerar el crecimiento y obtener una mejor respuesta productiva de los peces, a través de la alimentación que reciben, sin encarecer las dietas, ni afectar el rendimiento de la canal. Metailler *et al.* (1980), afirman que el crecimiento de los peces está determinado fundamentalmente por la cantidad de alimento ingerido, las condiciones de temperatura y concentración de oxígeno del agua. A su vez, el aporte nutritivo de la dieta, junto a la cantidad en que son consumidos los nutrientes, permiten un máximo crecimiento bajo un régimen de alimentación “*ad libitum*” o “a saciedad”, aunque la conversión alimenticia se deteriore. Según lo anterior, es posible pensar que al dar dietas con mayor contenido energético, se podrían alcanzar los pesos de cosecha más tempranamente, con menos cantidad de alimento si las condiciones de cultivo son las adecuadas.

Actualmente se ha optado por entregar a los peces dietas hiperenergéticas, lo cual se consigue a través de la incorporación de una mayor proporción de lípidos, por la inclusión de elevados porcentajes de aceite de pescado. Al aumentar la concentración de lípidos en la dieta, los ácidos grasos presentes, podrían ser utilizados como fuente energética y así destinar una mayor cantidad de aminoácidos dietarios para la síntesis de proteínas, fundamentalmente muscular. Esto produciría un impacto sobre la respuesta productiva, a través de mayores pesos a la cosecha y por consiguiente mejores tasas de crecimiento, lo que asociado a un posible menor consumo de alimento haría más eficiente la conversión alimenticia, todo lo cual permitiría un mejor retorno económico para el productor, en la medida que los rendimientos de la canal no sean disminuidos significativamente por esta estrategia alimentaria.

Este trabajo explorará el efecto del empleo de dietas con diferentes razones de proteína y lípido (P/L) durante la etapa de engorda del salmón del Pacífico.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. TAXONOMÍA

SUPER CLASE	: Peces ( <i>Gnathostomatos</i> )
CLASE	: <i>Osteichthyes</i>
SUB CLASE	: <i>Actinopterygios</i>
ORDEN	: <i>Salmoniformes</i>
FAMILIA	: <i>Salmonidae</i>
GÉNERO	: <i>Oncorhynchus</i>
ESPECIE	: <i>Oncorhynchus kisutch</i> (Huaquín, 2001 <sup>1</sup> ).

### 2.2. TRACTO DIGESTIVO DEL SALMÓN

#### 2.2.1. ASPECTOS ANATÓMICOS

La morfología del tracto digestivo de los peces es muy variable, ilustrando la diversidad de regímenes alimentarios y modos de vida de éstos. Por ejemplo, existen especies que no poseen estómago y, desde un punto de vista estrictamente digestivo, parece lógico esperar importantes diferencias de funcionamiento entre un aparato digestivo provisto de estómago y otro que carezca de él (Hidalgo y Alliot, 1987). Así mismo, la longitud del tracto digestivo de una especie dada, está relacionada con el régimen alimentario del pez, la cual puede variar ampliamente en el medio natural. Las especies herbívoras

---

<sup>1</sup> HUAQUÍN, L. 2001. [Comunicación personal]. U. de Chile, Fac. de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.



poseen un tubo digestivo relativamente más largo que el de las especies carnívoras, lo que incrementa el tiempo de acción de los fermentos digestivos. No obstante, los carnívoros presentan un gran desarrollo de la superficie intestinal (Kuz'mina, 1978 citado por Hidalgo y Alliot, 1987).

Parece ser común a todos los peces la presencia de dos regiones intestinales, la primera asegura la absorción de lípidos y la segunda parece ser capaz de captar las macromoléculas por pinocitosis (García y Sanz, 1987). La absorción gástrica es prácticamente descartable y solo tras una amplia sobrecarga dietaria, la absorción de lípidos se puede extender a la parte más posterior del intestino (Sastry y Garg, 1976).

En muchas especies de peces óseos aparecen embolsamientos intestinales próximos al extremo anterior del intestino, denominados *ciegos pilóricos*. Dichas estructuras presentan gran diversidad en forma y número, dándose estas diferencias incluso entre especies de un mismo género. Dichas estructuras aparecen perfectamente individualizadas en algunas especies como pleuronéctidos y salmónidos (García y Sanz, 1987). La importancia de tales estructuras como responsables del aumento de la superficie de la mucosa intestinal, ha sido puesta de manifiesto por varios autores (Bergot *et al.*, 1975; Ash, 1980). Algunos autores han atribuido a estos ciegos secreciones de un probable origen pancreático, debido tal vez a la disposición del páncreas, difuso, alrededor de los ciegos (Hidalgo y Alliot, 1987). Observaciones actuales conducen a excluir una función secretora digestiva a los ciegos pilóricos y considerarlos como un lugar de absorción idéntico al intestino anterior (García y Sanz, 1987).

Otra función propuesta para los ciegos es la de almacenar el contenido digestivo, prolongando el tiempo de tránsito de los alimentos. Por otro lado, la presencia de ciegos pilóricos confiere al animal no solo la ventaja de aumentar la superficie absorptiva, sino que también representa una ganancia de espacio disminuyendo considerablemente el volumen de la cavidad abdominal (García y Sanz, 1987).

En algunos teleósteos, como los salmónidos, la mucosa y submucosa de la pared intestinal se elevan en pliegues longitudinales enrollados en espiral formando la llamada *válvula espiral* que se extiende a través de gran parte de la longitud intestinal (García y Sanz, 1987).

### **2.2.2. ENZIMAS DIGESTIVAS**

Lípidos y proteínas proporcionan la primera fuente energética (Cho y Kaushik, 1990), gracias a que los salmónidos tienen un excelente potencial de digestión de los dos componentes principales de sus presas, proteínas y lípidos. Esto se evidencia por la actividad extremadamente elevada de sus enzimas proteolíticas como lipolíticas, lo cual es inverso en las enzimas glicolíticas (Gillaume, 1991) y significa que el uso de carbohidratos como fuente energética en las formulaciones dietarias, sea de importancia menor (Cho y Kaushik, 1990). Sin embargo, existen algunas especies de peces que exhiben un reducido crecimiento cuando son alimentados con dietas libres de hidratos de carbono, por lo tanto, es importante aportar un apropiado nivel de carbohidratos en la dieta de los peces y así evitar que otros nutrientes de importancia como las proteínas, sean catabolizados para proveer de energía y otros intermediarios metabólicos para la síntesis de otros compuestos biológicamente importantes (Wilson, 1994).

Se admite con frecuencia que la principal proteasa gástrica es una enzima análoga a la pepsina de los mamíferos (la pepsina es una endopeptidasa que hidroliza el enlace peptídico produciendo peptonas y polipéptidos). Ésta sería secretada en forma inactiva (pepsinógeno) y activada en medio ácido (Hidalgo y Alliot, 1987); el pH óptimo para la activación del pepsinógeno de *Salmo gairdneri* es 2 (Twining *et al.*, 1983) y en salmón, entre 1,3 y 2,5 (Kapoor *et al.*, 1975 citados por Hidalgo y Alliot 1987). En teleósteos, la secreción ácida parece ser una respuesta refleja a la ingestión de alimento (Hidalgo y Alliot, 1987). Así, en ayunas el pH del fluido gástrico se aproxima a la neutralidad (Bernard, 1952 citado por Hidalgo y Alliot 1987).

El páncreas vierte al intestino enzimas digestivas diversas: proteasas, carbohidrasas y lipasas. En vertebrados superiores la colecistokinina (CCK) estimula la secreción de enzimas por parte del páncreas, mientras que la secretina estimula la producción de un jugo pancreático acuoso rico en bicarbonato (Hidalgo y Alliot, 1987). Extractos intestinales parcialmente purificados de ciertas especies de teleósteos han mostrado una actividad análoga a la CCK o a la secretina sobre el páncreas de mamíferos (Dockray, 1979).

La hidrólisis enzimática de los triglicéridos ha sido relativamente poco estudiada en peces, probablemente debido tanto a las dificultades iniciales encontradas en la puesta a punto del protocolo de aislamiento de la enzima responsable, como al hecho de que, en la mayoría de estos animales, las células pancreáticas exocrinas no se encuentran reunidas en un órgano compacto sino diseminadas en el tejido adiposo intercecal (como ocurre en la trucha) o en el llamado hepatopáncreas (como sucede en la carpa) (Hidalgo y

Alliot, 1987). En la trucha arco iris ha sido posible evidenciar, *in vitro*, la actividad lipásica del tejido intercecal y aislar la enzima responsable (Leger, 1972 citado por Hidalgo y Alliot, 1987). Esta lipasa funciona de manera apropiada a pH de 8,4 y 8,7.

La bilis procedente del hígado (y acumulada en la vesícula biliar) aporta primordialmente las sales biliares, compuestos tensioactivos capaces de emulsionar los lípidos facilitando la acción de la lipasa en la digestión de las grasas (Hidalgo y Alliot, 1987).

Como se comentó, generalmente los peces son considerados poco aptos para digerir polisacáridos (Morais *et al.*, 2001). Sin embargo, en casi todas las especies estudiadas, se ha puesto en evidencia actividad hidrolítica frente al almidón en extractos del páncreas o de la región pilórica (Hidalgo y Alliot, 1987).

Algunos peces presentan actividades quitinolíticas en su estómago, dentro de ellos, los salmones (Fange y Grove, 1979 citado por Hidalgo y Alliot, 1987). El pH óptimo para la actividad quitinásica se sitúa entre 4,5 y 5,1 y la degradación de la quitina se lleva a cabo por un sistema enzimático formado por quitinasas propiamente dichas y por quitobiasas (Hidalgo y Alliot, 1987).

Las células del borde en cepillo del epitelio intestinal parecen producir enzimas tales como, aminopeptidasas, di y tripeptidasas, nucleosidasas, polinucleotidasas, lecitinasas, lipasas y otras esterasas (Fraisse *et al.*, 1981).

Un organismo tiene a menudo la capacidad de producir formas enzimáticas distintas asociadas a las variaciones estacionales u ocasionales de temperatura. Estos cambios permiten a los organismos ajustar sus reacciones metabólicas de manera que compensen las variaciones de temperatura

(Hidalgo y Alliot, 1987). La interacción de los factores nutricionales y térmicos en la modificación de la actividad enzimática es un hecho demostrado para las proteasas (Hofer, 1979).

### **2.3. REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS Y ENERGÉTICOS**

El término *requerimiento energético*, abarca la cantidad de energía consumida por los animales para mantener sus funciones vitales y la cantidad de energía necesaria para procesos productivos (Kaushik y Médale, 1994). La comprensión de la bioenergética de cualquier animal productivo es el primer paso para proporcionar un definido y adecuado balance de un régimen dietario, bajo cualquier ambiente en particular y para mejorar la eficiencia de utilización de la dieta (Cho y Kaushik, 1990).

La única fuente energética que puede utilizar el pez es la energía química que aportan los alimentos, la que puede depositar en su organismo, excretar luego de sus transformaciones, o usarla como energía mecánica, eléctrica y térmica (Gillaume, 1991). Si los peces no son capaces de obtener la energía necesaria que requieren para una determinada función a través de la oxidación de los componentes orgánicos de la dieta que han ingerido, la obtendrán a partir del desdoblamiento de las reservas corporales de proteínas, grasas y glicógenos, afectando así su crecimiento y desarrollo (Kaushik y Médale, 1994). De esta manera, una nutrición óptima y rentable se basa en que el suministro de nutrientes esenciales, con la dieta, sea suficiente y no excesivo, para satisfacer las demandas del crecimiento y mantener un estado fisiológico normal (de la Higuera, 1987).

Cubrir los requerimientos proteínicos de un animal supone, realmente, que pueda disponer de un conjunto de aminoácidos, en cantidades y proporciones adecuadas, para la síntesis de sus propias proteínas funcionales y estructurales, lo que equivale a mantener su estado fisiológico y sustentar un crecimiento óptimo. Por otra parte, la calidad de la proteína dietética depende no solamente de su composición en aminoácidos esenciales sino de su digestibilidad (de la Higuera, 1987). Dada la relativa alta contribución de proteína y aminoácidos como substrato energético preferencial en peces, mucha atención debe ser puesta en las razones de proteína digestible y energía digestible (DP/DE), donde precisamente, valores óptimos no están disponibles para todas las especies (Kaushik y Médale, 1994). Por estas razones, uno de los principales objetivos de la nutrición de los peces es reducir al máximo el gasto calórico de la proteína de la dieta, mediante la definición precisa de los requerimientos de cada uno de los aminoácidos esenciales para una determinada especie. Así también, es preciso diferenciar el suministro posterior de dietas en la que los aminoácidos, que lleguen a estar disponibles para el animal tras los procesos digestivos, lo estén en las cantidades y proporciones adecuadas a las necesidades de la síntesis de proteína (de la Higuera, 1987).

Existe una serie de factores, a tener en cuenta, que pueden alterar los requerimientos de proteína, al afectar su digestión, absorción y utilización metabólica. Entre otros se pueden mencionar el estado fisiológico de los animales, temperatura, salinidad, interacción con otros nutrientes, procesos tecnológicos de preparación de dietas (de la Higuera, 1987), genotipo, tamaño corporal, y tasa de crecimiento (Kaushik y Médale, 1994). Por ejemplo, los requerimientos proteínicos generalmente disminuyen con la edad/tamaño de los peces (de la Higuera, 1987).

Los estudios de síntesis de proteína en peces parecen poner de manifiesto que la velocidad relativa de síntesis en distintos tejidos, no se modifica por la temperatura y, en consecuencia, no habría notables alteraciones en los requerimientos relativos de aminoácidos, mientras que cabe esperar un aumento significativo de los requerimientos absolutos de proteína en respuesta al aumento de temperatura (Fauconneau, 1985 citado por de la Higuera, 1987), lo que coincidiría con una mayor ingesta. Esto se apoya en que muchas funciones fisiológicas se aceleran con la temperatura como la ingesta, actividad digestiva, actividad motora, etc., siendo muy importante, desde el punto de vista nutritivo, una utilización metabólica probablemente diferente de la proteína y otros substratos energéticos (Kaushik y Médale, 1994).

La síntesis de proteínas funcionales y el mantenimiento de procesos biológicos básicos suponen un gasto energético obligatorio, que no puede modificarse sin consecuencias negativas, sin embargo, el destino gluconeogénico y energético de los aminoácidos, hasta cierto punto, puede y debe ser controlado (de la Higuera, 1987). Como se verá más adelante, las concentraciones óptimas de proteína en las dietas para peces están marcadas por un delicado balance entre proteína y energía (Kaushik y Médale, 1994).

Fisiológicamente, proteínas y lípidos forman la mayor parte de la estructura del pez, pero la necesidad por energía puede limitar su incorporación a los tejidos y llevarlas a ser catabolizadas, así, una parte importante de los requerimientos energéticos está representada por la cantidad de energía necesaria para mantención, y los tejidos corporales serán catabolizados para cubrir estos requerimientos energéticos cuando la ingesta dietaria de energía nutrientes no es suficiente (Cho y Kaushik, 1990). De esta manera, se debe aspirar a que la energía pueda aprovecharse para los aumentos de peso en su mayor proporción, y que las necesidades energéticas sean cubiertas

preferentemente por ácidos grasos y carbohidratos. Así la proteína dietaria puede destinarse a la síntesis de nueva masa corporal (Steffens, 1987), favoreciendo el crecimiento de los peces (Morais *et al.*, 2001).

Los requerimientos de ácidos grasos esenciales son dependientes del contenido de lípidos dietarios y deben ser expresados como porcentaje del total de lípidos dietarios. Estos requerimientos representan aproximadamente el 10% de los lípidos en la trucha arco iris (Arzel *et al.*, 1994). Estudios sobre los ácidos grasos esenciales (AGE), en peces, han demostrado que las necesidades de AGE de los peces varían considerablemente de especie a especie (Watanabe, 1987), sin embargo, en una revisión sobre la nutrición de peces, Phillips (1969) reporta que la trucha y el pez gato tienen los mismos requerimientos dietarios que el salmón (Lee y Putnam, 1973).

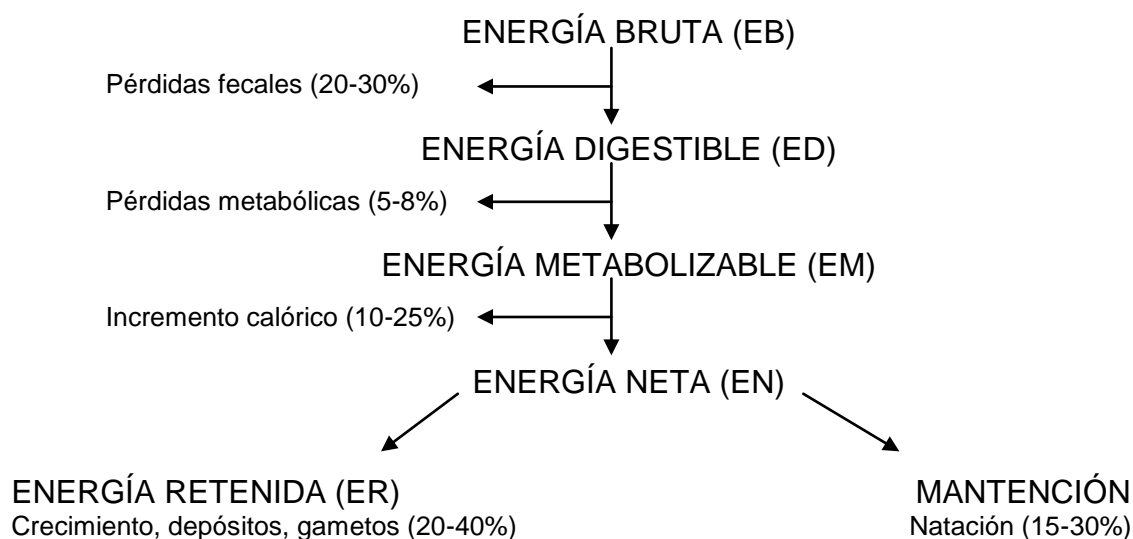
Por otro lado, los ácidos grasos insaturados (AGI) son más fácilmente absorbidos que los saturados (AGS), siendo los ácidos grasos de pescado particularmente bien absorbidos (Cho y Slinger, 1979 citados por García y Sanz, 1987). Cabe mencionar además que los mecanismos de transporte lipídico en el plasma son, con certeza, los mismos que en todos los vertebrados (Leger, 1985 citado por García y Sanz, 1987).

La calorimetría animal es el método preferido por los nutricionistas para medir el balance energético de animales en un corto período de tiempo. Sin embargo, una completa descripción del balance energético del pez, requiere además una exacta medición del consumo de alimento, la excreción fecal y otras pérdidas y la producción de calor, que permitan el fraccionamiento de la energía tomando como base el consumo de energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) (Cho y Kaushik, 1990). En el caso de los peces, los valores



de EM expresados como una fracción de los valores de ED, fluctúan desde 0,72 a 0,93 (0,87 en promedio) (NRC, 1981).

Es reconocido que teóricamente, la EM es la forma más apropiada para evaluar el contenido energético de los componentes de una dieta. Sin embargo, obtener valores reales de EM es dependiente del desarrollo de técnicas que permitan medir las pérdidas no fecales (Kaushik y Médale, 1994). Como ejemplo, la entalpía específica de combustión del amonio es de 83,2 kcal/mol o 20,5 kJ/g y, puesto a que la mayor parte del nitrógeno (>85%) se excreta como amonio, es razonable usar el valor de 24,9 kJ/g N como estimación de la pérdida de energía de la excreción de nitrógeno no fecal (Cho y Kaushik, 1990). Pese a esto, el fraccionamiento de las pérdidas de la energía dietaria ingerida y los efectos del balance dietario P/L en el gasto energético del pez, están insuficientemente definidos (Cho, 1992). Un diagrama esquemático del flujo energético y los posibles factores que afectan el gasto de energía y la energía utilizada por los peces se presenta en la siguiente figura (Kaushik y Médale, 1994).



Los requerimientos de energéticos de mantención, definidos como la cantidad de energía necesaria para mantener un estado de balance energético en que no se gana ni pierde energía (Kaushik y Médale, 1994), de animales poikilotermos, son 10-30 veces menos que los mamíferos que mantienen su temperatura corporal de 35 °C (Cho y Kaushik, 1990). Su naturaleza poikiloterma y la proteína corporal contribuyen en gran medida a estas menores necesidades de mantención (Luquet y Kaushik, 1979 citados por Cho y Kaushik, 1990), por la escasez en gasto de termorregulación, su modo de vida acuático, y su manera de excretar nitrógeno (Kaushik y Médale, 1994).

Aunque los peces, en general, no gastan energía para mantener una temperatura corporal constante, la necesidad basal de energía metabólica se ve afectada por la temperatura del agua (Kaushik y Médale, 1994). Variaciones en la temperatura del agua, producen un gran efecto en la rápida producción de calor del pez (Cho y Kaushik, 1990). Smith et al (1978), encontraron que un incremento en la temperatura de 3 a 18 °C, casi dobla la rapidez de la producción de calor del Salmón del Atlántico (*Salmo salar*). Además, la producción de calor depende de muchos otros factores, entre los que destacan la cantidad y calidad de la dieta, además de la temperatura del agua (Cho y Kaushik, 1990).

La EM de la dieta, que no es disipada como calor, es retenida por el cuerpo en forma de nuevos elementos tisulares. La importancia relativa del depósito de proteína y lípido depende de un gran número de factores junto a la madurez del animal. El balance de los aminoácidos disponibles, particularmente aminoácidos esenciales en la proteína dietaria, la cantidad de energía dietaria ingerida por sobre los requerimientos de mantención junto a la razón P/L en la dieta, son los factores más importantes para la retención de energía (Cho y Kaushik, 1990).

## 2.4. UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES

Desde el temprano trabajo de Lee y Putnam (1973), es bien reconocido que la inclusión de altos niveles de grasa en las dietas para salmones conduce a beneficiosos efectos en el crecimiento, así como eficiencia de alimentación y ganancia de peso (Kaushik y Médale, 1994). Subsecuentes trabajos han confirmado que el mejoramiento en la utilización de proteína es debido a un aumento en la contribución de niveles energéticos no proteínicos, para satisfacer el gasto energético (Cho y Kaushik, 1990). De ésta forma, la razón de P/E digestible influencia de manera relevante la eficiencia de utilización de la proteína y energía de las dietas (Cho, 1992). Así, aumentando los niveles de energía de las dietas y disminuyendo apropiadamente el contenido de proteína, se logra una mayor retención de nitrógeno y energía, lo que favorece el crecimiento (Hillestad y Johnsen, 1994; Morais *et al.*, 2001), ya que en la mayoría de los peces carnívoros, la alta ingesta de proteínas puede resultar en un alto gasto de energía por la pérdida de calor debido a la utilización de proteína dietaria como fuente energética (Cho y Kaushik, 1990). Por lo tanto, el efecto principal del ahorro de proteína, por los lípidos de la dieta, es el de reemplazar una fracción de proteína que de otra forma sería catabolizada tanto como energía, como para sintetizar lípidos (Watanabe, 1987).

La mejor eficiencia de utilización de proteínas en dietas hiperlipídicas comparadas con dietas bajas en lípidos, ha sido evidenciado por la razón de eficiencia proteínica (PER= ganancia de peso/proteína consumida) (Morais *et al.*, 2001) y el valor de proteína productiva (PPV= nitrógeno retenido como % del ingerido), reflejando un efecto de ahorro de proteína por energía o por lípido,

lo cual ha sido bien demostrado en varias especies de peces (Arzel *et al.*, 1994).

Ya en 1978, Takeuchi *et al.*, citados por Watanabe (1987), demostraron la proporción óptima de proteína y lípidos en la dieta de la trucha arco iris, dándole de comer varias dietas que contenían cantidades diferentes de lípidos (5-20 %), para niveles diferentes de proteína (16-48 %). La proporción óptima de P/L fue de 35/15-20 % de lípidos y a esos niveles de grasa, la proteína de la dieta pudo ser reducida del 48 al 35 %, sin pérdida de ganancias de peso (Watanabe, 1987).

De esta forma, se puede ver que los lípidos desempeñan un papel importante como fuente de AGE y energía en las dietas de los peces comerciales, especialmente de los carnívoros, en los cuales la utilización de los hidratos de carbono como recurso energético es limitada (Watanabe, 1987). Se explica así que exista una tendencia creciente, justificada económica y biológicamente, a rebajar el aporte de proteína en las dietas supliendo el déficit de energía que ello supone por medio de la adición de grasas, pero también de hidratos de carbono (García y Sanz, 1987), ya que peces con hábitos alimenticios más omnívoros, como la carpa o el pez gato, usan los carbohidratos como una fuente de energía dietaria (Hernández *et al.*, 2001).

Si la temperatura disminuye muy por debajo de lo óptimo, la habilidad del pez por utilizar energía y nutrientes eficientemente para crecer, es inhibida hasta el punto que lípidos suplementarios pueden ejercer sólo un muy limitado efecto positivo. Además, esto puede también sugerir que a bajas temperaturas, más proteína dietaria es utilizada como fuente de energía. Por el contrario, aumentos en la temperatura del agua desde 7,5 a 20 °C aumentan la retención

de energía desde 37 a 51 % de la energía ingerida (Cho y Kaushik, 1990). Sin embargo, el requerimiento de energía total para producir 1 kg de pez es relativamente independiente de la temperatura del agua, por lo que si aumenta la temperatura, la energía ingerida se incrementa y consecuentemente, la tasa de crecimiento es mayor. De esta forma, la tasa de retención de energía, y por lo tanto de crecimiento, depende mayormente del nivel de energía dietaria ingerida (Cho y Kaushik, 1990).

Por otro lado, el catabolismo de aminoácidos produce amonio, en adición al dióxido de carbono y agua. Estas pérdidas no fecales, de las cuales el amonio es cerca del 85%, son excretadas vía 2 órganos: branquias y riñones (Kaushik y Médale, 1994), y la magnitud de pérdida depende del valor biológico del total de proteína y su cantidad en relación con la energía digestible en la dieta (Cho *et al.*, 1994). Como se puede desprender de párrafos anteriores, esta razón de proteína dietaria digestible a energía digestible es influenciada por las proporciones de los diferentes ingredientes alimenticios incluidos en la dieta (Cho y Kaushik, 1990); de esta manera, en conjunto, el balance de los aminoácidos y energía en la dieta, puede influenciar la retención de proteínas por el cuerpo y por lo tanto controlar las pérdidas metabólicas de nitrógeno como producto final (Cho *et al.*, 1994), sumando otro beneficio más a esta estrategia de alimentación, como es el de disminuir la descarga de desechos al medio (Arzel *et al.*, 1994). Es mas, se puede mantener una acuicultura sustentable a través de estrategias nutricionales para el manejo de desechos acuícolas, minimizando la excreción de éstos, al formular dietas altas en densidades energéticas o nutritivas y desarrollando sistemas eficientes de alimentación, basados en datos energéticos (Cho *et al.*, 1994).

Cualquier cambio en los niveles de alimentación debido a cambios en la temperatura del agua, u otra práctica de manejo, pueden alterar la cantidad total

de energía digerida y absorbida y nutrientes consumidos. Sin embargo, ha sido demostrado que ni la frecuencia de alimentación como el nivel de alimento consumido, afectan el coeficiente de digestión aparente (CDA) de la materia seca, proteína cruda, lípidos y energía bruta (Cho y Kaushik, 1990).

## **2.5. CONSUMO DE ALIMENTO**

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), junto al espacio disponible en el estómago y tiempo de evacuación gástrica (Vahl, 1979). De hecho, los peces que comen a saciedad usualmente regulan su consumo de alimento acorde al nivel de energía dietaria de manera tal que su consumo energético llega a ser casi constante, pero elevados niveles de energía, como por ejemplo muy altos contenidos lipídicos, conducen a un sobreconsumo de energía dietaria (Cho, 1987). Cuando el balance energético es positivo, el sobreconsumo de alimento es almacenado como grasa. La acumulación de grasa emite una señal de *feedback* al cerebro para inhibir el apetito y reducir el consumo, de manera de restablecer el balance energético (Silverstein *et al.*, 1999), por lo que es muy posible que un exceso de energía no proteínica, como resultado de la formulación de dietas con una alta razón energía digestible/energía proteínica, pueda detener la ingesta antes de que se consuma suficiente cantidad de proteína (Page y Andrews, 1973). Por el contrario, en un balance energético negativo, podemos esperar alguna respuesta fisiológica compensatoria para aumentar el consumo de alimento, si se encuentra disponible, y reducir el gasto de energía (Silverstein *et al.*, 1999). Sin embargo, Kaushik y Médale (1994), sugieren que son necesarios estudios más precisos y confiables, para clarificar y establecer los efectos directos de la energía digestible sobre el consumo voluntario de alimento, ya que pocos

ensayos se han llevado a cabo en peces, evaluando el consumo voluntario de alimento según fuentes energéticas proteínicas y no proteínicas por separado.

Por otra parte, existen factores abióticos que afectan el consumo como temperatura del agua, oxígeno disuelto, luminosidad, tamaño del alimento, textura y color (Cho, 1992). Es así que a más bajas temperaturas, la tasa metabólica basal de la trucha se reduce y disminuye el consumo de alimento. Por lo tanto, la tasa de ganancia disminuye en proporción a la reducción de temperatura. Al contrario, a temperaturas más altas, la trucha arco iris aumenta su consumo de alimento y su crecimiento, mientras que no se altere la disponibilidad de oxígeno disuelto. La ingesta de alimento, por su parte, aumenta la tasa metabólica como consecuencia del trabajo extra realizado por la ingestión, digestión y utilización de la dieta (Cho y Kaushik, 1990).

Por su parte, la disminución del oxígeno disponible no sólo afecta el consumo de alimento, a través de una alteración de la tasa metabólica, sino que además inhibe la captación intestinal de aminoácidos al afectar el transporte activo de los mismos (García y Sanz, 1987).

Además de los factores arriba mencionados, el uso de diferentes prácticas de alimentación conduce también a amplias diferencias en la ingesta de alimento (de la Higuera, 1987).

Lee y Putnam (1973) informan que la ingesta calórica reguló el consumo de alimento en truchas arco iris. A su vez, con la excepción de dietas bajas en lípidos y proteínas en conjunto, no se observaron diferencias en la ganancia de peso, aunque las conversiones de alimento y energía estuvieron marcadamente influenciadas. Por lo tanto, al formular dietas altas energéticamente,

incorporando elevados niveles de lípidos, no se debe olvidar la potencial inhibición de crecimiento que pueden llegar a ejercer (Silverstein *et al.*, 1999).

## **2.6. RESPUESTA PRODUCTIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL**

Cuando la cantidad ingerida de alimento sobrepasa las necesidades de mantenimiento, se produce el aumento de las dimensiones de los peces (longitud y volumen), lo que se traduce en crecimiento y constituye el objetivo principal de la producción piscícola (Steffens, 1987).

Como se mencionó anteriormente, muchos estudios han sido llevados a cabo en las últimas décadas, para estudiar el potencial ahorro de proteína por un aumento en la concentración de energía no proteínica (Morais *et al.*, 2001). Resultados óptimos se han obtenido con un 37% de proteínas y 22% de lípidos en salmones; eficiencias de conversión alimenticia (ECA) significativamente menores, mayores ganancias de pesos, con mayores retenciones energéticas y de nitrógeno (Hillestad y Johnsen, 1994); lo mismo para dietas con 36% de proteínas y 25% de lípidos (Cho, 1992). Cho y Kaushik (1990) trabajando con truchas arco iris, observaron que aumentos en el nivel de lípidos de la dieta desde 13 a 25%, resultan en un aumento de la retención de energía. Además, con bajo nivel de proteína (36% de proteína digestible) cuando el nivel de lípidos aumentó de 6 a 16%, la retención de energía se incrementó desde 39 a 52% de la energía ingerida y con una dieta de alto nivel proteico (47%) el aumento fue sólo desde 49 a 57% de la energía ingerida. Hernández *et al.*, (2001) trabajando con dietas de distintas razones de P/L en sargo picudo



(*Diplodus puntazzo*) observaron mejores valores de crecimiento con dietas de razones P/L más estrechas y menor consumo de alimento, mayores valores en el factor de condición, índice gonadosomático e índice hepatosomático. Por su parte, Arzel *et al.*, (1994) trabajando con trucha café (*Salmo trutta*) observaron que el crecimiento fue significativamente mejorado con un mayor nivel de lípidos (29%) respecto de dietas con menor contenido (21%) manteniendo el nivel de proteínas constante (52%). Lo mismo se observó para la conversión de alimento aparente logrando un positivo efecto sobre la PER y el VPP. Además, determinaron que no existían diferencias significativas en estas variables, respecto de la fuente de lípidos utilizadas, una de origen vegetal y otra de origen animal, lo que es confirmado por Caballero *et al.*, (2001) en truchas arco iris, quienes afirman que una gran cantidad de aceites vegetales y/o lípidos animales, pueden ser usados en dietas hiperenergéticas para truchas, sin afectar ni el crecimiento ni la utilización de alimento, poniendo eso sí, especial cuidado en el balance final de ácidos grasos poliinsaturados y saturados del alimento, en orden de obtener la mejor razón de conversión alimenticia. Además, se debe tener en cuenta que la composición de los lípidos del cuerpo está significativamente afectada por los lípidos de la dieta (Watanabe, 1987).

Lo anterior ya había sido puesto de manifiesto por Lee y Putnam en 1973, quienes informan que dietas altas en energía conteniendo 24% de aceite, promueven un excelente crecimiento y a este nivel de lípidos, la proteína dietaria fue reducida en un tercio sin pérdidas en la ganancia de peso.

La mejor conversión de alimento en grupos que consumen dietas hiperlipídicas es presumiblemente una consecuencia del alto nivel de energía de esos alimentos (Arzel *et al.*, 1994). Además, los peces son generalmente considerados más eficientes convertidores de alimento que otras especies animales, a pesar del hecho que estos peces carnívoros cultivables, consumen

dietas con mucho más densidades de proteínas y energía (Cho y Kaushik, 1990).

Lee y Putnam (1973) informan además que el factor de condición de las truchas aumentó linealmente con mayores contenidos de lípidos en la dieta, pero cuando se mantuvo un constante nivel de grasas, aumentos del nivel de proteína de la dieta no mejoraron el factor de condición. Morais *et al.*, (2001), al trabajar con bacalaos (*Gadus morhua*), no encontraron diferencias en el factor de condición utilizando cuatro dietas con distintas proporciones de P/L, durante 16 semanas. Por otro lado, Lee y Putnam (1973) informan que truchas de crecimiento rápido, que consumen buenas dietas, normalmente tienen un mayor factor de condición (alta razón peso/longitud) que aquellas que comen alimentos marginales, tanto en calidad como en cantidad.

Hillestad y Johnsen (1994) observaron que el rendimiento de la canal de salmón Atlántico fue significativamente menor en dietas de menor contenido proteico y mayor contenido lipídico (razones P/L más estrechas), coincidiendo con Einem y Roem (1997) quienes informan una disminución del rendimiento de la canal, también en salmón Atlántico, al disminuir las razones P/L de las dietas. Por otra parte, Lee y Putnam (1973) no observaron variación en truchas arco iris en un ensayo similar y Álvarez (1994), también en truchas arco iris, informa que el rendimiento de la canal tampoco varió al emplear dietas que fluctuaron en su contenido energético desde 3 a 4 Mcal ED/kg, manteniendo constante (30%) el nivel de proteína

A pesar de esto, existe un marcado y muy significativo aumento del peso gastrointestinal con niveles de energía más altos, en truchas arco iris alimentadas con dietas de distintas razones P/E (Lee y Putnam, 1973).

Por otro lado, el tamaño del hígado, como porcentaje del peso corporal, fue positivamente correlacionado con la proteína dietaria en cada nivel de energía, pero el contenido de lípidos hepáticos no se asoció con el aporte de proteína de las dietas como si lo estuvo el contenido de carbohidratos hepáticos. Comparaciones entre niveles de energía muestran que hubo una disminución del contenido lipídico del hígado en la medida que aumentaba la proteína y disminuía la energía (Lee y Putnam, 1973), aunque Gaylord y Gatlin (2001), informan que el nivel de proteína dietaria no influenció la composición del hígado o músculos de los peces con que trabajaron. Por su parte, Morais *et al.*, (2001), encontraron que el índice hepatosomático de los bacalaos fue significativamente más alto ( $p = 0,002$ ) al usar dietas con razones de P/L más estrechas, al igual que el contenido de lípidos, lo que confirma observaciones previas hechas en otras especies (Lie *et al.*, 1988; Jobling *et al.*, 1991). Esto se debe a que el hígado de los bacalaos es el primer órgano de reserva lipídica y por lo tanto dietas altas en energía pueden probablemente no afectar, en forma substancial, la calidad del filete y acumularse en el hígado, lo que es distinto en salmónidos (Morais *et al.*, 2001).

Sin embargo, a pesar de los beneficios que se pueden encontrar, existe una correlación positiva entre el crecimiento de los salmones, la adiposidad y maduración temprana (Silverstein *et al.*, 1999). Con relación a esto, Cho y Kaushik (1990), observaron que en truchas en crecimiento, la energía retenida se divide entre proteínas y lípidos, con la proporción de lípidos aumentando a medida que el animal se aproxima a su tamaño maduro.

Por otro lado, NRC (1993) establece dos observaciones sobre el efecto de las razones energía/nutrientes elevadas: 1) bajo consumo de alimento y por

lo tanto disminución del consumo de proteínas y otros nutrientes esenciales para un máximo crecimiento y, 2) gran depósito de grasa corporal que podría ser indeseado en la porción comestible de los peces. Es así como Arzel *et al.* (1994), observaron un aumento del 9% de los lípidos corporales en los grupos que consumieron altos niveles de grasa comparado con aquellos que consumieron bajos niveles de grasa. Por su parte, Weatherup *et al.* (1997) trabajando con truchas arco iris, concluyeron que la proporción de grasa tanto en los filetes como en las vísceras, aumentó significativamente cuando éstas se alimentaron con dietas de mayor contenido lipídico, coincidiendo con lo informado por Gaylord y Gatlin (2001), quienes trabajando con pez gato (*Ictalurus punctatus*), determinaron que, aunque la eficiencia de alimentación fue mejorada en peces que consumieron dietas hiperenergéticas, aumentó el depósito de grasa intraperitoneal. Esto concuerda además con Hillestad y Johnsen (1994), que obtuvieron un aumento del engrasamiento de los filetes, un mayor depósito de grasa perivisceral cuando alimentaron salmones del Atlántico 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.

Otros resultados indican que el porcentaje de grasa mesentérica, aunque sin significancia estadística, demostró una tendencia hacia altos valores para dietas de mayor contenido lipídico (Hernández *et al.*, 2001). Por su parte, Arzel *et al.* (1994) no encontraron diferencias significativas en el depósito de grasa visceral comparando dietas hiperlipídicas con dietas bajas en lípidos en trucha café.

Arzel *et al.*, (1994), no observaron en trucha café diferencias en la proporción de hígado o vísceras respecto del peso total de las truchas, pero

observaron varias diferencias en la composición química de los tejidos estudiados. Así, el contenido de proteína muscular fue independiente de la dieta mientras que el de grasa estuvo directamente relacionado a ella. Por otro lado, el alto contenido graso estuvo acompañado por un bajo contenido de agua. En el hígado, la influencia de los factores evaluados en la composición fueron bastante diferentes: la calidad de lípidos dietarios influenciaron los lípidos hepáticos, cenizas y contenido de agua. El aceite vegetal indujo bajas grasas y altos niveles de agua. Un efecto significativo del nivel de lípido dietario en el contenido de proteína fue también observado en este órgano. En todos los casos, hubo una importante influencia de los lípidos dietarios en la composición de ácidos grasos de los tejidos.

Por todos los motivos antes señalados, además de tener en cuenta que un exceso de ácidos grasos esenciales ejerce efectos adversos cuando son consumidos por sobre cuatro veces el nivel de sus requerimientos (Arzel *et al.*, 1994), debe considerarse, que una elevada ingesta de energía y un inapropiado balance de proteína y energía, resultan en que una gran proporción de la energía es retenida como lípidos (Cho y Kaushik, 1990). Parece necesario determinar en forma más precisa los óptimos niveles de las razones P/L en las dietas, para distintos estados de vida de los salmones y distintas condiciones ambientales (Kaushik y Médale, 1994).

## **2.7. DIETAS**

Muy pocos ingredientes alimentarios pueden ser alimento único para un animal. El valor nutritivo de una dieta depende de los niveles y biodisponibilidades de más de 40 nutrientes que han sido descritos como necesarios para los peces. Sin embargo el contenido energético suele ser el

más importante ya que determina la cantidad de dieta consumida por el pez, para satisfacer sus necesidades energéticas (Cho y Kaushik, 1990).

Una formulación típica de alimento para salmón en Chile consiste en harina de pescado, granos o cereales, aceite de pescado, premezcla de vitaminas y minerales, y una fuente de pigmentos carotenoides (Hardy y Castro, 1994).

Las dietas comerciales disponibles usadas en el cultivo de peces hoy en día, resultan en pérdidas para el pez, de entre 20 y 40% de la ingesta en las heces. Es mas, existen algunos ingredientes alimenticios en que más de 50-80% de su energía dietaria se pierde por las heces (Cho y Kaushik, 1990).

En Chile, el primer alimento seco para salmones fue peleteado (Hardy y Castro, 1994), sin embargo, esta presentación limitaba la elaboración de dietas hiperenergéticas. 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 facilitado la realización de nuevos estudios en la alimentación de salmones, con dietas de mayor contenido energético (Einen y Roem, 1997).

En Europa, dietas extruidas para salmones fueron inmediatamente aceptadas por la industria salmonera por varias razones: reducción de pérdidas por desintegración de pellets, altos niveles de aceite de pescado pueden adicionarse a los pellets y pellets extruidos se hundan lentamente, reduciendo la cantidad de alimento no consumido que se pierde en el fondo (Hardy y Castro, 1994). La posibilidad de incorporar mayores niveles de aceite en el pellet extruido es gracias a la porosidad de éstos. Actualmente se logra incorporar aún mayores niveles, gracias a un proceso de *aceitado al vacío*, en

que se extrae el aire de los poros del pellet, permitiendo el ingreso de aceite de pescado en su lugar (Pokniak, 2001<sup>2</sup>).

Como se vio con anterioridad, un alto nivel de harina de pescado y bajo de energía en las dietas, aumentan la oxidación de los aminoácidos para satisfacer las necesidades energéticas del pez, conduciendo a una alta excreción de nitrógeno no fecal (Cho y Kaushik, 1990). Por el contrario, se pueden obtener claras ventajas al emplear dietas hiperenergéticas, respecto de la disminución en la descarga de nutrientes y residuos al medio (Einen y Roem, 1997). Por esta razón, cualquier exceso de nutrientes, sobre o por encima de los requerimientos, debe ser evitado tanto como sea posible. La energía y los demás nutrientes en las dietas deben ser balanceados en concordancia con los requerimientos del animal para maximizar su utilización y no necesariamente para maximizar su producción, ya que cualquier suplementación por sobre los requerimientos, resultan en mas desechos eliminados al medio (Cho *et al.*, 1994).

Así, el efecto de ahorro de proteínas por parte de las grasas y almidones tratados ha conducido a una nueva generación de dietas para peces con disminución en los niveles de proteínas y aumentos en los niveles de ED (Cho y Kaushik, 1990). Kaushik y Oliva-Teles (1985), mostraron que cuando se aumenta la ED de la dieta por una mayor participación de energía no proteínica, se observa una disminución de la excreción de nitrógeno amoniacal y por lo tanto a un aumento en la EM.

Los lípidos marinos altos en ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácidos grasos omega 3 ( $\omega$ 3), proveen ácidos grasos esenciales

---

<sup>2</sup> POKNIAK, J. 2001. [Comunicación personal] U. de Chile, Fac. de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.

(AGE) que permiten buen crecimiento y un buen aporte de energía. Sin embargo, se sabe que esos ácidos grasos son bastante susceptibles a la auto oxidación, al estar expuestos al oxígeno de la atmósfera (Watanabe, 1987). Opstvedt (1974), confirmó que la oxidación de los lípidos reduce el valor energético de la harina de pescado y probablemente cause una reducción de la calidad de la proteína de la harina.

Por otro lado, la incorporación de una gran cantidad de aceite vegetal ha demostrado afectar significativamente la calidad organoléptica de la carne: filetes ahumados de peces alimentados con aceite vegetal exhibieron una pobre cohesión de su carne y una alta textura grasa en la boca. Sin embargo, éstos no influyen el crecimiento o utilización de alimento (Arzel *et al.*, 1994).

En términos de razones P/L, el nivel óptimo para una máxima eficiencia aparece alrededor de 22-23 g de PD/MJ de ED (Cho, 1992). Sin embargo, diferentes dietas con similares niveles de ED y nutrientes mantienen diferentes niveles de performance, y una explicación frecuente de esas diferencias está en las tasas de producción de calor provenientes de las dietas (Cho y Kaushik, 1990).

La variación en la digestibilidad de las dietas es generalmente el factor que afecta mayormente su utilidad tanto como fuente energética como de nutrientes para el animal, ya que la pérdida fecal es la mayor pérdida de la ingesta. Por lo tanto, los valores de energía digestible (ED) y las digestibilidades de nutrientes individuales (proteínas, lípidos y carbohidratos) deben ser usadas para estimar niveles de energía y nutrientes disponible en los ingredientes alimenticios para la formulación de dietas. Además, ha sido bien establecido

---



que ningún factor ambiental como temperatura o salinidad ni factores bióticos como edad, tienen influencia significativa en la digestibilidad de los nutrientes (Cho y Kaushik, 1990).

Siendo la harina de pescado la fuente de proteínas más importante en los alimentos producidos en Chile para peces, su porcentaje de incorporación excede el 40% de la dieta. Por lo tanto, la calidad de la harina de pescado usada en dietas chilenas de salmones es un factor crítico que determina el costo del alimento a manufacturar (Hardy y Castro, 1994). Con el establecimiento de la zona límite de pesca de 200 millas, la pesca disminuirá en el futuro, haciendo así necesario reducir todo lo posible el contenido de harina de pescado en los alimentos para peces (Watanabe, 1987). Es por la misma razón que el Instituto Noruego de Investigación de la Harina y el Aceite de Arenque (SSF) y el Instituto de la Marina (IMR) trabajan aceleradamente en un proyecto de Krill para mejorar la alimentación de los salmones noruegos, en busca de alternativas para la harina de pescado (Ruiz, 2001). Por el momento, en Chile la harina de pescado de alta calidad es menos cara que en Europa, consecuentemente, es menor el costo en Chile de proveer una porción de energía dietaria desde harina de pescado que lo que es en Europa (Hardy y Castro, 1994).

Chile se ha convertido en el productor de salmones con menor costo en el mundo, gozando de una reputación de producir un salmón de alta calidad. Mientras dietas altas en grasas proporcionan excelentes ganancias de peso en salmones, la consideración más importante es el costo de alimento por kilogramo de salmón eviscerado o producto vendido (Hardy y Castro, 1994).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la respuesta productiva, indicadores de calidad de la canal y el costo de la alimentación de salmones Coho alimentados con 3 dietas de diferentes razones de proteína y lípido (P/L) durante el período de engorda.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar el efecto de diferentes razones de P/L sobre el consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia de conversión alimenticia (ECA) y tasa de crecimiento específico.
2. Determinar el efecto de diferentes razones de P/L y el sexo, sobre el peso vivo final y el peso eviscerado de los salmones.
3. Determinar el efecto de diferentes razones de P/L y el sexo, sobre la longitud corporal, factor de condición, rendimiento de la canal, peso de las vísceras, peso del hígado, índice hepatosomático, peso gonadal, índice gonadosomático, contenido de grasa perivisceral y espesor de la pared abdominal.
4. Evaluar el costo de la alimentación al usar tres dietas con distintas proporciones de proteínas y lípidos.

## **4. HIPÓTESIS**

Dietas con razones de proteínas y lípidos más estrechas mejoran la respuesta productiva del salmón Coho a la cosecha, sin afectar la calidad de la canal, disminuyendo el costo de la alimentación.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. REALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en balsas jaulas ubicadas en Ensenada Baja, distante a 2 km de Puerto Chacabuco y en el complejo piscícola Coyhaique (planta de proceso), en la XI región. Ambas instalaciones pertenecen al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Las balsas jaulas, construidas de madera, tienen una dimensión de 10 x 5 metros de ancho con una profundidad de red de 10 metros y se encuentran a 500 metros mar adentro.

Para la experiencia se utilizaron 3300 salmones Coho. Estos se distribuyeron al azar en seis grupos (seis jaulas de 5 x 10 x 10m) de 550 peces cada uno, correspondientes a tres tratamientos con dos repeticiones cada uno.

La evaluación del efecto de las distintas razones de proteínas y lípidos en las dietas, se efectuó según el diseño presentado en la Tabla 1:

TABLA 1. Diseño experimental empleado en el ensayo

DIETA	RÉPLICAS	PROTEÍNAS (P) (%)	LÍPIDOS (L) (%)	RAZONES P/L	TIEMPO (días)
<b>1(control)</b>	2 (A y B)	45	22	2,04	115
<b>2</b>	2 (A y B)	43	26	1,65	115
<b>3</b>	2 (A y B)	40	30	1,33	115

Los peces se alimentaron con una dieta estándar elaborada por la empresa Alitec S.A. (Aditiva 4227), que asegura un mínimo de 41% de proteínas, 26% de lípidos y máximo un 12% de cenizas y 3% de fibra, hasta el inicio del período experimental.

La entrega de las dietas experimentales fue por un período de 115 días, la frecuencia de alimentación fue igual para todos los grupos y se ajustó la ración de acuerdo al crecimiento de los peces y al cambio de la temperatura del agua. Las dietas fueron elaboradas por la empresa Salmofood S.A., previa solicitud de fabricación acorde al diseño experimental propuesto (Tabla 2). Como análisis de conformidad, se determinó la composición química de proteína bruta (PB) y extracto etereo (EE) de las dietas al momento de la recepción y cada 60 días, las que se compararon, en base seca, con el análisis químico entregado por Salmofood S.A. (Tabla 3). Los análisis químico proximales se realizaron en el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, mediante el método Weende (Windham, 1995).

**TABLA 2. Composición química de las dietas (%) usadas durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

	<b>DIETAS</b>		
	<b>CONTROL</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>PROTEÍNA (min)</b>	45	43	40
<b>LÍPIDOS (min)</b>	22	26	30
<b>RAZONES P/L</b>	2,04	1,65	1,33
<b>CARBOHIDRATOS (max)</b>	13	10	12
<b>FIBRA (max)</b>	1	1	1
<b>CENIZAS (max)</b>	10	11	9

<b>HUMEDAD (max)</b>	9	9	8
----------------------	---	---	---

(1) Análisis entregado por la empresa Salmofood S.A. expresado en base tal como ofrecido (TCO).

**TABLA 3. Análisis de conformidad de las dietas utilizadas en el ensayo, para PB y EE<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	COMPOSICIÓN QUÍMICA		
	PB	EE	PB/EE
<b>CONTROL<sup>(2)</sup></b>	49,4	24,2	2,04
<b>2</b>	47,2	28,6	1,65
<b>3</b>	43,8	32,6	1,34
<b>CONTROL<sup>(3)</sup></b>	51,3	26,0	1,97
<b>2</b>	45,7	29,7	1,54
<b>3</b>	43,0	32,8	1,31

(1) Expresado en 100% base materia seca.

(2) Análisis entregado por la empresa salmofood S.A. expresado en base seca.

(3) Promedio de análisis realizados en el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Base seca.

Como ingredientes principales se utilizaron harina de pescado, aceite de pescado, trigo, soya, gluten de maíz y premix vitamínico formulado por Salmofood S.A.

## 5.2. CONTROLES

Se realizó un primer control correspondiente al tiempo cero, seleccionando 20 peces por jaula. A los 60 días de ensayo se realizó un segundo control, seleccionando 30 peces por jaula. El último control coincidió con el período de cosecha (115 días) y se seleccionaron 40 peces por jaula. Antes de cada control, los peces permanecieron en ayuno por 48 horas, de manera de medir el crecimiento real de los individuos. Las variables registradas en cada control fueron:

- Peso corporal
- Peso eviscerado con cabeza, correspondiente al peso de la canal. Para ambos registros se empleó una pesa electrónica Mettler Toledo, Precisión Hispana®, que registra hasta un máximo de 30 kg y un mínimo de 200 g, con un error de 5 g
- Longitud, correspondiente a la medición desde el extremo nasal hasta el borde interno de la horquilla formada en la aleta caudal. Para este registro se utilizó un ictiómetro de 80 cm
- Peso de las vísceras, correspondiente al peso del hígado, de las gónadas, de la grasa perivisceral y el tubo digestivo.
- Peso del hígado
- Peso de las gónadas
- Peso de la grasa visceral. Para estas cuatro mediciones se utilizó una pesa electrónica marca Ohaus, Precisión Plus®, que registra hasta un máximo de 1,8 kg con un error de 1 g
- Sexo, a través de la observación visual de gónadas.

### 5.3. RESPUESTA PRODUCTIVA DE LOS PECES

Además de los controles antes citados, se tomaron muestras mensuales de 20 peces por jaula a los cuales se les registró el peso, dentro de otros parámetros de interés para la empresa (Manterola, 2001<sup>3</sup>), lo que permitió establecer cambios de la biomasa<sup>4</sup>, con los cuales se pudo determinar: tasa de crecimiento específico<sup>5</sup> (TCE) y ganancia de peso (GP). El consumo de alimento (CA), también registrado mensualmente, junto al cambio de la biomasa, permitió calcular la eficiencia de conversión alimenticia (ECA). Sus definiciones matemáticas son:

- TCE =  $(\sqrt[n]{Pf/Pi}-1) * 100$
- GP = Pf-Pi
- ECA = (Pf-Pi)/consumo de alimento

<sup>3</sup> MANTEROLA, R. 2001. [Comunicación personal]. Instituto de Fomento Pesquero, Coihaique.

<sup>4</sup> La biomasa se calcula sobre la base del peso promedio de la muestra mensual, multiplicado por el número total de peces de la jaula.

<sup>5</sup> La Tasa de Crecimiento Específico corresponde a una estimación del crecimiento diario de los peces, expresado en porcentaje.

Donde:

Pf = peso final; Pi = peso inicial; n = número de días

#### **5.4. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL**

En la planta de proceso se registró el peso corporal, longitud, peso de la canal, peso del hígado y las gónadas, con las que se pudo determinar:

- Factor de condición (FC), que establece una relación entre el peso corporal y la longitud de los salmones.
- Rendimiento de la canal (RC)
- Índice hepatosomático (IHS)
- Índice gonadosomático (IGS)

Sus definiciones matemáticas son:

- FC =  $(P/L^3) * 100$
- RC =  $(Pc/P) * 100$
- IHS =  $(Ph/P) * 100$
- IGS =  $(Pg/P) * 100$

Donde:

P = peso corporal; L = longitud; Pc = peso de la canal; Ph = peso del hígado; Pg = peso de las gónadas.

- Además, se registró el peso de la grasa perivisceral (GPV), que corresponde a la grasa que rodea a los intestinos y que se desprende fácilmente a la tracción
- Espesor de la pared abdominal (EA), registro efectuado sólo al término del ensayo, utilizando una regla métrica.

#### **5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis estadístico de los resultados de peso final, como variable de respuesta productiva y, las correspondientes para calidad de la canal, se utilizó el siguiente modelo matemático:



$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (T*S)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$	= Respuesta productiva.
$\mu$	= Media poblacional de la característica.
$T_i$	= Efecto del i-ésimo tratamiento ( $i=1, \dots, 3$ ).
$S_j$	= Efecto del j-ésimo sexo ( $j=1, \dots, 2$ ).
$(T*S)_{ij}$	= Efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo sexo.
$E_{ijk}$	= Error de la k-ésima observación en el subgrupo ij.

El análisis de los resultados se realizó mediante el análisis de varianza en cada control, empleando el paquete estadístico S.A.S. (1993). Los valores porcentuales fueron previamente transformados a la raíz cuadrada del arcoseno.

Los valores de la ECA, CA, GP, y TCE de los distintos tratamientos, se evaluaron por medio de análisis de regresión utilizando el siguiente modelo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_i X_i + E_i$$

Donde:

$Y_i$	= Respuesta productiva
$\beta_0$	= Intercepto
$\beta_i$	= Pendiente de la línea
$X_i$	= Valor de la i-ésima observación de la variable independiente
$E_i$	= Error de la i-ésima observación

Las diferencias entre sus pendientes se determinaron por un análisis de varianza.

## 5.6. ANÁLISIS DE COSTO ALIMENTICIO

El análisis de costo económico de las estrategias de alimentación, se realizó sobre la base del costo de alimento por kilo de salmón ganado (C.A.K.), para las tres dietas empleadas en el ensayo.

$$\text{C.A.K.} = \text{ECA} * \$ \text{ kg de alimento}$$

Donde:

ECA = eficiencia de conversión alimenticia.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. RESPUESTA PRODUCTIVA

#### 6.1.1. PESO FINAL DE LOS SALMONES

A partir de pesos promedios similares, se registró un sostenido aumento en el peso de los salmones (Tabla 4), con diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) sólo a los 115 días, entre el grupo que consumió la dieta control y las dietas 2 y 3, siendo mayor el peso en estas últimas. Entre las dietas 2 y 3 no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) observándose, sin embargo, un mayor peso en el grupo que consumió la dieta 2.

TABLA 4. Peso de los salmones (g) para cada dieta, durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)		
	0	60	115
CONTROL	1075 ± 231	2201 ± 418	3911 ± 603 <sup>b(2)</sup>
2	1149 ± 251	2347 ± 395	4179 ± 740 <sup>a</sup>
3	1139 ± 255	2246 ± 520	4078 ± 675 <sup>a</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas en igual columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Con relación a los sexos, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,02$ ) de peso entre machos y hembras en el segundo y tercer control dentro de

cada dieta (Tabla 5). Además hubo diferencias significativas en el peso promedio entre machos y hembras en los mismos controles.

**TABLA 5. Peso de los salmones (g) de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
<b>CONTROL</b>	1056 ± 243	1094 ± 222	2372 ± 373 <sup>a(2)</sup>	2061 ± 404 <sup>b</sup>	4047 ± 719 <sup>a</sup>	3740 ± 355 <sup>b</sup>
<b>2</b>	1222 ± 245	1050 ± 232	2503 ± 359 <sup>a</sup>	2142 ± 348 <sup>b</sup>	4419 ± 727 <sup>a</sup>	3899 ± 659 <sup>b</sup>
<b>3</b>	1178 ± 312	1100 ± 180	2492 ± 474 <sup>a</sup>	2009 ± 453 <sup>b</sup>	4248 ± 578 <sup>a</sup>	3874 ± 732 <sup>b</sup>
<b>MEDIAS</b>	1155 ± 272	1083 ± 209	2460 ± 403 <sup>a</sup>	2067 ± 405 <sup>b</sup>	4237 ± 690 <sup>a</sup>	3840 ± 605 <sup>b</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,02$ ).

### 6.1.2. CONSUMO DE ALIMENTO

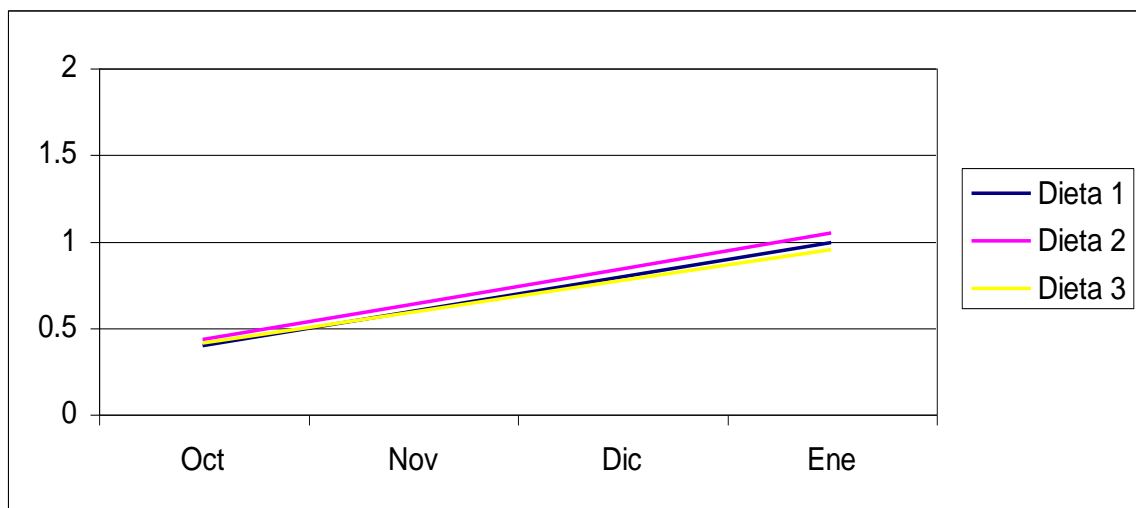
Los salmones mostraron un sostenido aumento en el consumo de alimento a medida que transcurrió el ensayo (Tabla 6). Sin embargo, al analizar el consumo de las distintas dietas a través de una regresión lineal (Gráfico 1) no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre sus pendientes (Tabla 7).

**TABLA 6. Consumo de alimento de los salmones (kg) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (mes)				
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	TOTAL
<b>CONTROL</b>	0,37 ± 0,01	0,63 ± 0,01	0,75 ± 0,01	0,99 ± 0,04	2,74
<b>2</b>	0,40 ± 0,02	0,69 ± 0,02	0,81 ± 0,07	1,04 ± 0,07	2,94
<b>3</b>	0,38 ± 0,01	0,64 ± 0,01	0,73 ± 0,01	0,95 ± 0,02	2,70

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

**GRÁFICO 1. Líneas de regresión ajustadas para la variable consumo de alimento de los salmones, de cada dieta, a través del tiempo.**



Análisis de regresión entre el consumo de alimento y el tiempo (controles) donde Y es el consumo de alimento y X es el tiempo.

**TABLA 7. Datos estadísticos de la regresión para consumo de alimento.**

DIETAS	R <sup>2</sup>	VALOR CRÍTICO DE F	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>
CONTROL	0,97	4,76 E <sup>-06</sup>	0,19	0,006
2	0,95	3,64 E <sup>-05</sup>	0,22	0,006
3	0,96	1,53 E <sup>-05</sup>	0,22	0,005

R<sup>2</sup> representa el coeficiente de determinación de la regresión, junto al valor crítico de F, sus respectivos β<sub>0</sub> (intercepto) y β<sub>1</sub> (pendiente) en cada dieta.

### 6.1.3. GANANCIA DE PESO

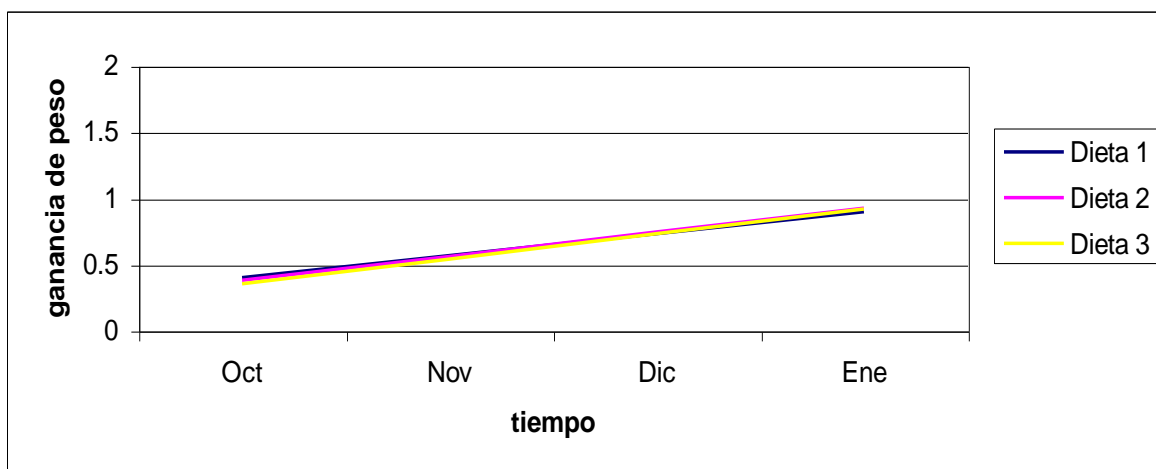
Los salmones mostraron una sostenida ganancia de peso a medida que transcurrió el ensayo (Tabla 8). Sin embargo, al analizar las distintas dietas a través de una regresión lineal (Gráfico 2) no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre sus pendientes (Tabla 9).

**TABLA 8. Ganancia de peso de los salmones (kg) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (mes)				
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	TOTAL
<b>CONTROL</b>	0,34 ± 0,07	0,71 ± 0,00	0,60 ± 0,02	0,93 ± 0,00	<b>2,58</b>
<b>2</b>	0,41 ± 0,03	0,56 ± 0,13	0,62 ± 0,04	1,00 ± 0,07	<b>2,59</b>
<b>3</b>	0,36 ± 0,03	0,51 ± 0,01	0,75 ± 0,04	0,91 ± 0,03	<b>2,53</b>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

**GRÁFICO 2. Líneas de regresión ajustadas para ganancia de peso de los salmones, durante el ensayo.**



Análisis de regresión entre la ganancia de peso y el tiempo (controles) donde Y es la ganancia de peso y X es el tiempo.

**TABLA 9. Datos estadísticos de la regresión para ganancia de peso.**

DIETAS	R <sup>2</sup>	VALOR CRÍTICO DE F	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>
<b>CONTROL</b>	0,76	0,0047	0,22	0,005
<b>2</b>	0,83	0,0014	0,19	0,006
<b>3</b>	0,97	2,83 E <sup>-06</sup>	0,16	0,006

R<sup>2</sup> representa el coeficiente de determinación de la regresión, junto al valor crítico de F, sus respectivos β<sub>0</sub> (intercepto) y β<sub>1</sub> (pendiente) en cada dieta.

#### 6.1.4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

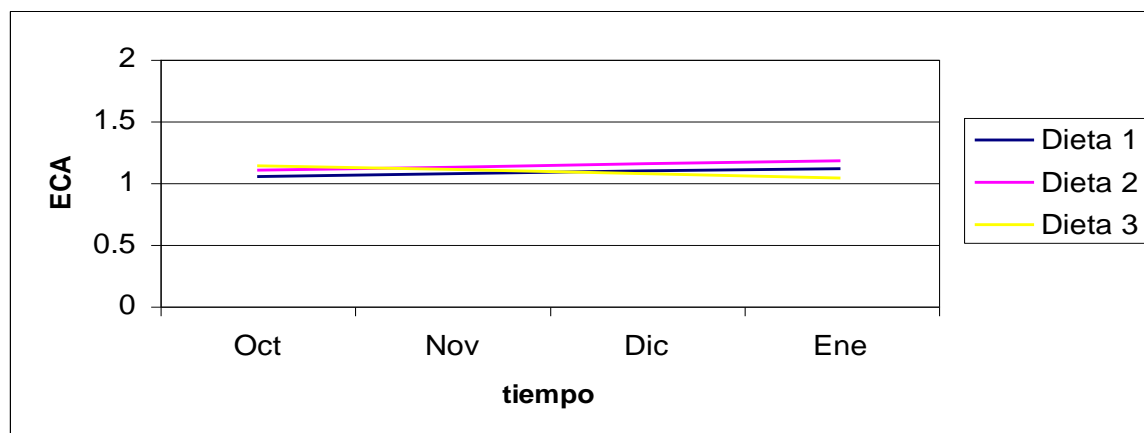
No se observó un patrón definido en la eficiencia de conversión alimenticia mostrada por los salmones a lo largo del ensayo (Tabla 10). Así mismo, al analizar las distintas dietas a través de una regresión lineal (Gráfico 3) no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre sus pendientes (Tabla 11).

**TABLA 10. Eficiencia de conversión de alimento de los salmones durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (mes)				
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	TOTAL PERÍODO
<b>CONTROL</b>	1,11 ± 0,29	0,89 ± 0,01	1,25 ± 0,01	1,06 ± 0,04	1,077
<b>2</b>	0,97 ± 0,01	1,24 ± 0,24	1,29 ± 0,00	1,04 ± 0,07	1,135
<b>3</b>	1,05 ± 0,12	1,27 ± 0,02	0,97 ± 0,03	1,04 ± 0,01	1,082

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

**GRÁFICO 3. Líneas de regresión ajustadas para la eficiencia de conversión alimenticia de los salmones ,durante el ensayo.**



Análisis de regresión entre la Eficiencia de Conversión Alimenticia y el tiempo (controles) donde Y es la eficiencia de conversión alimenticia y X es el tiempo.

**TABLA 11. Datos estadísticos de la regresión para eficiencia de conversión alimenticia.**

DIETAS	R <sup>2</sup>	VALOR CRÍTICO DE F	$\beta_0$	$\beta_1$
CONTROL	0,02	0,73	1,03	0,0007
2	0,03	0,68	1,08	0,0008
3	0,10	0,44	1,17	-0,0011

R<sup>2</sup> representa el coeficiente de determinación de la regresión, junto al valor crítico de F, sus respectivos  $\beta_0$  (intercepto) y  $\beta_1$  (pendiente) en cada dieta.

### 6.1.5. TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO

Se observó una marcada constancia en la tasa de crecimiento específico mostrada por los salmones a lo largo del ensayo, en todos los grupos y controles (Tabla 12). Además, al analizar las distintas dietas a través de una regresión lineal (Gráfico 4) no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre sus pendientes (Tabla 13).

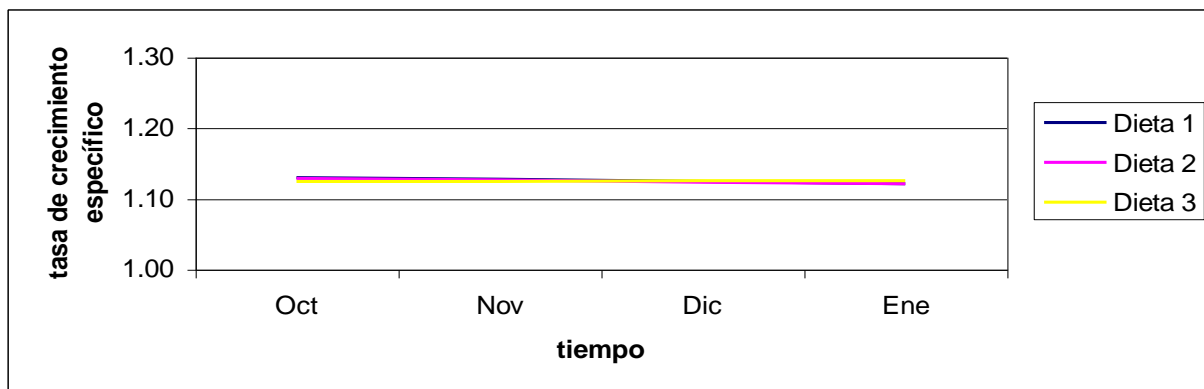
**TABLA 12. Tasa de crecimiento específico de los salmones (%) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (mes)			
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.
CONTROL	1,12 ± 0,3	1,13 ± 0,9	1,11 ± 0,6	1,12 ± 0,1
2	1,12 ± 0,9	1,12 ± 0,6	1,11 ± 0,8	1,12 ± 0,3
3	1,12 ± 0,4	1,12 ± 0,2	1,12 ± 0,7	1,12 ± 0,4

(1) Promedios ± desviaciones estándar.



**GRÁFICO 4. Líneas de regresión ajustadas para tasa de crecimiento específico de los salmones ,durante el ensayo.**



Análisis de regresión entre la tasa de crecimiento específico y el tiempo (controles) donde Y es la tasa de crecimiento específico y X es el tiempo.

**TABLA 13. Datos estadísticos de la regresión para tasa de crecimiento específico.**

DIETAS	R <sup>2</sup>	VALOR CRÍTICO DE F	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>
CONTROL	0,141	0,358	1,132	-9,66 E <sup>-05</sup>
2	0,512	0,45	1,130	-8,66 E <sup>-05</sup>
3	0,098	0,45	1,123	1,66 E <sup>-05</sup>

R<sup>2</sup> representa el coeficiente de determinación de la regresión, junto al valor crítico de F, sus respectivos β<sub>0</sub> (intercepto) y β<sub>1</sub> (pendiente) en cada dieta.

## 6.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

### 6.2.1. LONGITUD DE LOS SALMONES

Los peces mostraron un sostenido aumento en la longitud de sus cuerpos a medida que avanzaba la experiencia (Tabla 14). El día 60 se observaron diferencias significativas ( $p < 0,03$ ) entre la dieta 2 respecto de las dietas control y 3, sin diferencias entre estas últimas. A los 115 días se observaron diferencias significativas entre la dieta control respecto de las dietas 2 y 3, con mayores valores en estas últimas, sin diferencias significativas entre ellas.

**TABLA 14. Longitud de los salmones (cm) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETA	CONTROL (días)		
	0	60	115
CONTROL	41,3 ± 2,7	51,7 ± 3,0 <sup>b(2)</sup>	59,6 ± 2,9 <sup>b</sup>
2	41,4 ± 2,7	53,3 ± 2,5 <sup>a</sup>	60,8 ± 3,2 <sup>a</sup>
3	41,3 ± 3,1	51,9 ± 3,3 <sup>b</sup>	60,6 ± 3,1 <sup>a</sup>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,03$ ).

Con relación a los sexos, solo se observaron diferencias significativas ( $p < 0,02$ ) en el primer control, entre machos y hembras, para la dieta 2 (Tabla 15). En el segundo control, se observaron diferencias significativas entre machos y hembras en todas las dietas. En el último control, se observaron diferencias significativas entre machos y hembras solo en el grupo que consumió la dieta 2. Además, hubo diferencias significativas entre los promedios de machos y hembras, en el segundo y tercer control, a favor de los machos.

TABLA 15. Longitud de los salmones (cm) de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	41,2 ± 2,9	42,0 ± 2,5	52,7 ± 2,4 <sup>a</sup>	50,9 ± 3,3 <sup>b</sup>	59,8 ± 3,6	59,2 ± 1,8
2	42,4 ± 2,2 <sup>a(2)</sup>	40,0 ± 2,8 <sup>b</sup>	54,1 ± 2,0 <sup>a</sup>	52,1 ± 2,6 <sup>b</sup>	61,6 ± 2,6 <sup>a</sup>	59,9 ± 3,5 <sup>b</sup>
3	41,6 ± 4,0	41,0 ± 1,9	53,4 ± 2,9 <sup>a</sup>	50,6 ± 3,1 <sup>b</sup>	61,0 ± 2,5	60,2 ± 3,6
TOTAL	41,8 ± 3,1	40,8 ± 2,4	53,5 ± 2,5 <sup>a</sup>	51,1 ± 3,1 <sup>b</sup>	60,8 ± 3,0 <sup>a</sup>	59,8 ± 3,1 <sup>b</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,02$ ).

## 6.2.2. FACTOR DE CONDICIÓN

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el factor de condición entre ninguna de las dietas durante el ensayo (Tabla 16), mostrando valores similares en los 2 primeros controles, para aumentar en el último.

TABLA 16. Factor de condición de los salmones durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)		
	0	60	115
CONTROL	1,59 ± 0,16	1,57 ± 0,14	1,84 ± 0,18
2	1,59 ± 0,11	1,54 ± 0,12	1,84 ± 0,22
3	1,59 ± 0,15	1,57 ± 0,11	1,81 ± 0,13

(1) Promedios ± desviación estándar.

Con relación a los sexos, se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre machos y hembras en la dieta 3 a los 60 días y en las dietas control y 3 a los 115 días (Tabla 17). Entre los promedios de machos y hembras, se presentaron diferencias significativas tanto a los 60 como a los 115 días.

TABLA 17. Factor de condición de los salmones de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	1,61 ± 0,19	1,57 ± 0,12	1,61 ± 0,13	1,55 ± 0,14	1,88 ± 0,22 <sup>a</sup>	1,79 ± 0,11 <sup>b</sup>
2	1,58 ± 0,10	1,61 ± 0,13	1,57 ± 0,11	1,50 ± 0,12	1,87 ± 0,20	1,81 ± 0,25
3	1,60 ± 0,18	1,59 ± 0,12	1,61 ± 0,10 <sup>a(2)</sup>	1,52 ± 0,11 <sup>b</sup>	1,86 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,75 ± 0,12 <sup>b</sup>
MEDIAS	1,60 ± 0,16	1,59 ± 0,13	1,59 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,52 ± 0,12 <sup>b</sup>	1,87 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,78 ± 0,17 <sup>b</sup>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### 6.2.3. RENDIMIENTO DE CANAL

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el rendimiento de la canal de los salmones, entre las dietas en ninguno de los controles (Tabla 18). Sin embargo, en el último control se presentó una leve disminución de esta característica en todas las dietas.

TABLA 18. Rendimiento de la canal de los salmones (%) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)		
	0	60	115
CONTROL	88,1 ± 2,5	88,9 ± 1,6	84,8 ± 4,2
2	88,2 ± 1,4	88,9 ± 1,5	84,1 ± 5,8
3	88,0 ± 2,1	88,9 ± 2,3	84,4 ± 4,4

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

Con relación a los sexos, se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el rendimiento de la canal, entre los promedios de machos y hembras, en el primer y tercer control (Tabla 19).

**TABLA 19. Rendimiento de la canal de los salmones (%) de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	88,8 ± 2,7	87,3 ± 2,1	88,8 ± 1,4	88,9 ± 1,7	84,3 ± 3,8	85,4 ± 4,6
2	88,5 ± 1,4	87,8 ± 1,5	88,6 ± 1,4	89,0 ± 1,6	84,0 ± 3,7	84,1 ± 7,6
3	88,7 ± 2,1	87,1 ± 1,9	88,2 ± 2,9	89,4 ± 1,3	83,7 ± 4,1	85,0 ± 4,7
<b>MEDIAS</b>	88,7 ± 2,1 <sup>a(2)</sup>	87,3 ± 1,8 <sup>b</sup>	88,6 ± 2,0	89,1 ± 1,5	84,0 ± 3,9 <sup>b</sup>	84,8 ± 5,8 <sup>a</sup>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

#### 6.2.4. PESO EVISCERADO DE LOS SALMONES

Se observó un continuo aumento en el peso eviscerado de los salmones para las tres dietas (Tabla 20). A los 115 días se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en esta variable para la dieta 2 respecto de la control. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre la dieta 2 y 3 como tampoco entre la dieta control y 3.

**TABLA 20. Peso eviscerado de los salmones (g) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)		
	0	60	115
CONTROL	946 ± 200	1956 ± 364	3309 ± 479 <sup>b(2)</sup>
2	1013 ± 222	2084 ± 346	3507 ± 634 <sup>a</sup>
3	1000 ± 218	1990 ± 434	3435 ± 571 <sup>ab</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas en igual columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.01$ ).

Respecto de los sexos, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,03$ ) entre machos y hembras dentro de cada dieta, en los controles 2 y 3 (Tabla 21). Además se observaron diferencias significativas entre los promedios de machos y hembras para los mismos controles.

**TABLA 21. Peso eviscerado de los salmones (g) de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
<b>CONTROL</b>	935 ± 203	957 ± 201	2108 ± 329 <sup>a(2)</sup>	1831 ± 348 <sup>b</sup>	3403 ± 566 <sup>a</sup>	3191 ± 309 <sup>b</sup>
<b>2</b>	1081 ± 216	921 ± 200	2218 ± 306 <sup>a</sup>	1909 ± 320 <sup>b</sup>	3712 ± 619 <sup>a</sup>	3268 ± 573 <sup>b</sup>
<b>3</b>	1042 ± 264	958 ± 155	2192 ± 377 <sup>a</sup>	1795 ± 401 <sup>b</sup>	3556 ± 500 <sup>a</sup>	3290 ± 623 <sup>b</sup>
<b>MEDIAS</b>	1022 ± 233	947 ± 183	2177 ± 336 <sup>a</sup>	1842 ± 358 <sup>b</sup>	3556 ± 574 <sup>a</sup>	3250 ± 519 <sup>b</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,03$ ).

### 6.2.5. PESO DE LAS VÍSCERAS

El peso de las vísceras de los salmones sufrió un continuo aumento a medida que transcurrió el ensayo, siendo más evidente entre los 60 y 115 días (Tabla 22). Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) para esta variable en el grupo que consumió la dieta control respecto de las dietas 2 y 3 (obteniendo valores mayores estas últimas) a los 115 días. A su vez, no hubo diferencias significativas entre las dietas 2 y 3, siendo mayor el peso alcanzado por la dieta 2.

TABLA 22. Peso de las vísceras de los salmones (g) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	DÍAS		
	0	60	115
<b>CONTROL</b>	106 ± 31	176 ± 50	538 ± 103 <sup>b(2)</sup>
<b>2</b>	113 ± 29	189 ± 43	598 ± 140 <sup>a</sup>
<b>3</b>	113 ± 32	179 ± 53	587 ± 132 <sup>a</sup>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ).

Con relación a los sexos, se observó un continuo aumento en el peso de las vísceras tanto en machos como en hembras (Tabla 23), encontrando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre el promedio de machos y hembras en el segundo y tercer control. Además, se observaron diferencias significativas entre machos y hembras en cada dieta, en el último control.

TABLA 23. Peso de las vísceras de los salmones (g) de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
<b>CONTROL</b>	101 ± 34	111 ± 29	180 ± 43	172 ± 56	562 ± 102 <sup>a</sup>	508 ± 98 <sup>b</sup>
<b>2</b>	117 ± 29	108 ± 29	201 ± 45	173 ± 34	654 ± 122 <sup>a</sup>	532 ± 133 <sup>b</sup>
<b>3</b>	112 ± 41	113 ± 21	200 ± 52	159 ± 46	635 ± 104 <sup>a</sup>	530 ± 140 <sup>b</sup>
<b>MEDIAS</b>	110 ± 35	111 ± 26	194 ± 47 <sup>a(2)</sup>	168 ± 47 <sup>b</sup>	616 ± 116 <sup>a</sup>	524 ± 125 <sup>b</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### 6.2.6. PESO DE HÍGADO

El peso del hígado de los salmones sufrió un continuo aumento a medida que transcurrió el ensayo (Tabla 24). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para esta variable, entre las dietas en los controles realizados.

**TABLA 24. Peso de los hígados de los salmones (g) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)		
	0	60	115
DIETA	17,2 ± 4,6	32,1 ± 7,4	66,4 ± 18,6
2	19,6 ± 5,0	34,0 ± 6,1	70,1 ± 21,3
3	19,4 ± 6,4	31,4 ± 8,1	70,2 ± 23,4

(1) Promedios ± desviación estándar.

Con relación a los sexos, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) entre machos y hembras dentro de cada dieta en el control realizado a los 115 días (Tabla 25). De la misma manera, los promedios de machos y hembras mostraron diferencias significativas únicamente en este control.

**TABLA 25. Peso del hígado de los salmones (g) de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	16,7 ± 4,6	17,8 ± 4,8	31,5 ± 6,9	32,6 ± 7,9	52,7 ± 9,0 <sup>b(2)</sup>	83,6 ± 11,9 <sup>a</sup>
2	20,9 ± 5,2	17,9 ± 4,5	34,4 ± 5,4	33,5 ± 7,0	57,3 ± 11,0 <sup>b</sup>	85,0 ± 20,7 <sup>a</sup>
3	19,9 ± 7,8	19,0 ± 5,0	32,9 ± 6,9	29,9 ± 8,9	56,5 ± 12,3 <sup>b</sup>	86,4 ± 23,1 <sup>a</sup>
MEDIAS	19,2 ± 6,1	18,3 ± 4,7	33,0 ± 6,4	32,0 ± 8,0	55,4 ± 10,9 <sup>b</sup>	85,0 ± 19,1 <sup>a</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ).



### 6.2.7. ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el índice hepatosomático entre ninguna de las dietas, en ninguno de los controles realizados (Tabla 26).

**TABLA 26. Índice hepatosomático de los salmones (%) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)		
	0	60	115
CONTROL	1,60 ± 0,30	1,46 ± 0,22	1,73 ± 0,54
2	1,70 ± 0,20	1,45 ± 0,17	1,70 ± 0,51
3	1,67 ± 0,26	1,39 ± 0,17	1,72 ± 0,53

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

Con relación a los sexos, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,02$ ) en el índice hepatosomático entre machos y hembras dentro de cada dieta en el segundo y tercer control (Tabla 27). Igualmente, entre los promedios de machos y hembras en estos controles se observaron diferencias significativas, siendo siempre mayor el valor mostrado por las hembras.

**TABLA 27. Índice hepatosomático de los salmones de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)					
	0		60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	1,57 ± 0,30	1,62 ± 0,30	1,32 ± 0,19 <sup>b(2)</sup>	1,57 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,33 ± 0,30 <sup>b</sup>	2,23 ± 0,28 <sup>a</sup>
2	1,70 ± 0,25	1,69 ± 0,13	1,37 ± 0,11 <sup>b</sup>	1,56 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,30 ± 0,15 <sup>b</sup>	2,17 ± 0,37 <sup>a</sup>
3	1,64 ± 0,30	1,70 ± 0,23	1,31 ± 0,12 <sup>b</sup>	1,46 ± 0,19 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,22 <sup>b</sup>	2,20 ± 0,37 <sup>a</sup>
<b>MEDIAS</b>	1,64 ± 0,28	1,67 ± 0,23	1,34 ± 0,14 <sup>b</sup>	1,53 ± 0,19 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,23 <sup>b</sup>	2,20 ± 0,34 <sup>a</sup>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual fila, dentro de cada control, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,02$ ).

### 6.2.8. PESO GONADAL

El peso gonadal aumentó de los 60 a los 115 días en forma notoria, tanto en machos como en hembras (Tabla 28), con diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para la dieta control respecto de la 2 a los 115 días, en el caso de los machos. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre la dieta control y 3, como tampoco entre la dieta 2 y 3. No se observaron diferencias significativas en el caso de las hembras.

**TABLA 28. Peso gonadal de los salmones de ambos sexos (g) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)			
	60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	37,8 ± 18,1	13,8 ± 3,6	308,5 ± 65,6 <sup>b(2)</sup>	220,0 ± 63,7
2	35,7 ± 20,8	13,3 ± 3,7	339,5 ± 67,7 <sup>a</sup>	207,3 ± 87,3
3	37,1 ± 23,3	12,9 ± 2,8	327,1 ± 56,3 <sup>ab</sup>	209,1 ± 91,5

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### 6.2.9. ÍNDICE GONADOSOMÁTICO

El índice gonadosomático aumentó entre los 60 y los 115 días en forma notable tanto en machos como en hembras (Tabla 29), observando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para la dieta control respecto de la 2 y 3 a los 115 días, en las hembras. Entre la dieta 2 y 3 dietas, no hubo diferencias significativas como tampoco para los machos.

TABLA 29. Índice gonadosomático de los salmones de ambos sexos (g) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)			
	60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	1,58 ± 0,70	0,66 ± 0,11	7,74 ± 1,64	5,83 ± 1,42 <sup>a(2)</sup>
2	1,39 ± 0,77	0,62 ± 0,13	7,75 ± 1,42	5,23 ± 1,84 <sup>b</sup>
3	1,42 ± 0,77	0,64 ± 0,09	7,74 ± 1,11	5,18 ± 1,82 <sup>b</sup>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### 6.2.10. PESO DE LA GRASA PERIVISCERAL

El peso de la grasa perivisceral de los salmones tuvo un notorio aumento de los 60 a los 115 días (Tabla 30). Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre la dieta control respecto de las dietas 2 y 3 (siendo mayores los valores para estas últimas) a los 115 días. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las dietas 2 y 3.

TABLA 30. Peso de la grasa perivisceral de los salmones (g) durante el ensayo<sup>(1)</sup>.

DIETAS	CONTROL (días)	
	60	115
CONTROL	45,2 ± 20,7	58,6 ± 24,5 <sup>b(2)</sup>
2	53,6 ± 17,4	74,6 ± 27,6 <sup>a</sup>
3	52,3 ± 21,0	74,4 ± 26,0 <sup>a</sup>

(1) Promedios ± desviaciones estándar.

(2) Letras distintas en igual columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ).

Con relación a los sexos, se observó un continuo aumento en el peso de la grasa perivisceral tanto en machos como en hembras, no encontrando

diferencias significativas entre estos ( $p > 0,05$ ) en ninguna de las dietas y en ninguno de los controles realizados (Tabla 31).

**TABLA 31. Peso de la grasa perivisceral de los salmones (g) de ambos sexos durante el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	CONTROL (días)			
	60		115	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	43,9 ± 15,4	46,2 ± 24,4	56,6 ± 23,4	61,2 ± 26,0
2	56,1 ± 18,7	50,5 ± 15,2	75,3 ± 30,3	73,7 ± 24,6
3	58,6 ± 19,2	47,4 ± 21,5	75,7 ± 27,7	72,9 ± 24,2
MEDIAS	53,2 ± 18,8	47,9 ± 20,9	69,1 ± 28,5	69,4 ± 25,3

(1) Promedios ± desviación estándar.

### 6.2.11. ESPESOR DE LA PARED ABDOMINAL

Se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el espesor de la pared abdominal de los salmones, para la dieta control respecto de la 2 (Tabla 32). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre las dietas control y 3, como tampoco entre la dieta 2 y 3.

**TABLA 32. Espesor de la pared abdominal de los salmones (cm) en cada dieta al terminar el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	115 DÍAS
CONTROL	1,43 ± 0,18 <sup>b(2)</sup>
2	1,49 ± 0,18 <sup>a</sup>
3	1,46 ± 0,21 <sup>ab</sup>

(1) Promedios ± desviación estándar.

(2) Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Con relación a los sexos, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el espesor de la pared abdominal, entre machos y hembras en ninguna de las dietas (Tabla 33).

**TABLA 33. Espesor de la pared abdominal de los salmones (cm) de ambos sexos en cada dieta al terminar el ensayo<sup>(1)</sup>.**

DIETAS	115 DÍAS	
	MACHOS	HEMBRAS
CONTROL	1,42 ± 0,16	1,43 ± 0,21
2	1,50 ± 0,19	1,48 ± 0,17
3	1,48 ± 0,19	1,45 ± 0,24
<b>MEDIAS</b>	1,47 ± 0,18	1,45 ± 0,21

(1) Promedios ± desviación estándar.

## 6.2.12. ANÁLISIS DEL COSTO ECONÓMICO

El costo de alimento por kilo de salmón ganado (CAK) para las tres dietas empleadas en el ensayo, se detallan en la Tabla 34.

**TABLA 34. Costo de alimento por kilo de salmón ganado.**

DIETAS	ECA	GP (KG)	\$ DIETA <sup>4</sup>	\$ C.A.K.
CONTROL	1,08	2,58	580,5 + IVA	627,00
2	1,16	2,59	587,5 + IVA	682,00
3	1,09	2,53	584,5 + IVA	637,00

<sup>4</sup>MUÑOZ, S. 2001. [comunicación personal]. U de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas.

El CAK para la dieta 2, fue 8,8% más alto respecto de la dieta control, y para la dieta 3 fue 1,6% más alto respecto de la dieta control, mientras que entre la dieta 2 y 3 la diferencia alcanzó a 7,1%.

### **6.3. INTERACCION ENTRE TRATAMIENTOS Y SEXO**

No se observó interacción alguna entre los tratamientos y el sexo, en ninguno de los controles realizados, para las variables analizadas.

## 7. DISCUSIÓN

El peso final alcanzado por los salmones (Tabla 4) fue significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ) en las dietas que contenían razones de P/L más estrechas, es decir, con una mayor proporción de energía (lípidos) en relación a su aporte proteico. Esto concuerda con varios autores que han informado resultados similares trabajando con distintas especies de peces, como catfish (Hillestad y Johnsen, 1994), sargo picudo (Hernández *et al.*, 2001), salmón Atlántico (Einen y Roem, 1997; Hillestad *et al.*, 1998), trucha arco iris (Lee y Putnam, 1973; Cho y Kaushik, 1990) en que aumentando los contenidos de energía de las dietas y disminuyendo lo necesario 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 razones más bajas de P/L, se observó un mayor peso en 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) quién, trabajando con truchas arco iris, obtuvo 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 (Tabla 5), los machos siempre obtuvieron un significativo mayor peso que las hembras ( $p < 0,02$ ), dando cuenta de una mejor retención y utilización de energía.

Como era de suponer, el mismo patrón observado en el peso final de los salmones se vio reflejado en el peso eviscerado que mostraron (Tabla 20), al igual que las diferencias entre machos y hembras para la misma variable (Tabla 21), con lo que se puede asumir que el aumento de peso en todos los casos está asociado fundamentalmente a un aumento en la masa muscular, en conjunto a un aumento en el peso de las vísceras. En este caso, las diferencias

mostraron una mayor significación estadística, tanto como para los pesos finales eviscerados ( $p < 0,01$ ), como para los pesos finales eviscerados de machos y hembras ( $p < 0,03$ ), que la significación estadística del peso final.

Aunque no se encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento (Tabla 6), la dieta 2 fue la más ingerida por los peces, coincidiendo con su mayor peso final y ganancia de peso observada (Tabla 8). Sin embargo, es interesante destacar que el consumo de alimento de la dieta control fue mayor que la dieta 3, pero el peso final alcanzado por los peces que recibieron esta última dieta fue superior, lo que da cuenta de un efecto favorable de la mayor concentración energética de la dieta, con un mayor consumo y retención de energía. De algún modo, esto puede corroborar lo dicho por Cho y Kaushik (1990), en que los peces, al igual que otros animales, regulan su ingesta por el contenido energético de las dietas, sin embargo, no se cumpliría con la dieta 2 respecto de la control, en que a pesar de un mayor contenido energético hay un mayor consumo, posiblemente asociado a una mayor palatabilidad de la dieta, en que el nivel de energía no alcanza a ejercer el efecto de menor consumo.

Hillestad y Johnsen (1994), Einen y Roem (1997), Hillestad *et al.*, (1998), en salmón del Atlántico, y Weatherup *et al.* (1997) con truchas arco iris, obtuvieron una mejor eficiencia de conversión alimenticia con dietas de mayor contenido energético, lo que no concuerda con lo observado en este trabajo donde no se apreciaron diferencias significativas para esta característica (Tabla 10), como tampoco para la tasa de crecimiento específico (Tabla 12). Sin embargo, Gardeur *et al.*, (2001) asegura que la constitución de réplicas con pesos iniciales homogéneos no proporciona seguridad de obtener tasas de crecimiento específico homogéneas entre grupos de peces y, en muchos casos, los diseños experimentales para este tipo de características, con alta



variabilidad, no proporcionan los promedios para demostrar efectos significativos entre tratamientos. De tal manera, es muy probable que estos resultados puedan ser fruto de lo arriba señalado, y que el número de individuos muestreados mensualmente para estas características (20 por tratamiento), sea insuficiente para obtener resultados más categóricos.

Acorde con lo observado en el peso final de los individuos, el largo de sus cuerpos fue mayor ( $p < 0,03$ ) en los peces que consumieron la dieta 2 respecto de la control y la 3 a los 60 días (Tabla 14), presentando en este caso diferencias significativas. Estas diferencias se acentuaron en el control realizado a los 115 días, en que el largo alcanzado por los peces que consumieron las dietas con mayor contenido energético (2 y 3) fue significativamente mayor que la dieta control, demostrando que el aumento de peso de los salmones no solo se debió a un aumento de volumen de los mismos, sino que hubo un sostenido aumento de la longitud, dando cuenta de un crecimiento armonioso en la talla de los peces. Algo similar se observó en los machos respecto de las hembras (Tabla 15), donde los machos presentaron en general, una mayor longitud que las hembras ( $p < 0,02$ ), pero no en todas las dietas ni todos los controles, lo que puede deberse a una menor dispersión y coeficiente de variabilidad para esta característica (Lhorente, 2001<sup>6</sup>) entre machos y hembras respecto al peso.

Al igual que Regost *et al.*, (2001), quienes trabajaron con trucha café (*Salmo trutta*), no se encontraron diferencias significativas en el factor de condición de los salmones, entre ninguna de las dietas en ninguno de los controles realizados (Tabla 16), lo cual, aunque es acorde al peso y longitud observado en el presente trabajo, no concuerda con lo informado por Hernández *et al.* (2001), quienes trabajando con sargo picudo observaron que

---

<sup>6</sup> LHORENTE, J.P. 2001. [Comunicación personal]. U. de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas.

el factor de condición aumentaba a medida que disminuían la razón P/E de las dietas, ni con Lee y Putnam (1973) quienes también observaron un aumento en el factor de condición de truchas arco iris conforme aumentaban el contenido de lípidos de las dietas. Sin embargo, se puede rescatar que en el último tercio del periodo experimental, esta variable sufrió un aumento para las tres dietas, lo que refleja un incremento en el peso de los salmones comparativamente mayor al incremento en el largo de los mismos, lo que, según Bravo (2000), no es deseable en tallas comerciales al momento de su cosecha. Con relación a los sexos, los machos presentaron un valor significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ) que las hembras a los 60 y 115 días como promedio general y en la dieta 3; además de la dieta control a los 115 días (Tabla 17). Esto refleja un comportamiento similar a lo explicado anteriormente, en los machos respecto de las hembras.

En el presente ensayo, contrario a lo que informan Einen y Roem (1997) al trabajar con salmón del Atlántico pero coincidiendo con Lee y Putnam (1973) y Álvarez (1994) en truchas arco iris, el rendimiento de la canal de los salmones entre las dietas fue prácticamente el mismo en cada control (Tabla 18) a pesar de los pesos finales diferentes de los peces que consumieron dietas de mayor contenido lipídico, lo cual podría representar una ventaja en la comercialización de los salmones. Sin embargo, esta variable disminuyó su valor en el último control respecto de los 2 primeros. En relación con los sexos (Tabla 19), al inicio del ensayo, los machos presentaron un mayor rendimiento que las hembras ( $p \leq 0,05$ ). A los 115 días, la situación se tornó favorable a las hembras respecto de los machos ( $p \leq 0,05$ ), en el promedio general. Esto puede verse explicado por el peso de las vísceras observado entre machos y hembras (Tabla 23), en que al día 0 los machos mostraron menor peso de vísceras respecto de las hembras y por ende un mayor rendimiento, lo cual fue inverso para los días 60 y 115, presentando mayor peso de vísceras los machos, lo que dio lugar a una disminución en su rendimiento. Gracias a los

resultados observados entre machos y hembras, se puede asumir que las diferencias en el rendimiento de la canal, obedecen a características propias del crecimiento de los individuos de ambos sexos, y no a un efecto de las dietas sobre los ellos. Sin embargo, las diferencias en el rendimiento de canal entre machos y hembras, son marginales en comparación con aquellas encontradas en el peso de vísceras.

El mismo patrón de comportamiento mostrado por las dietas en el peso final de los salmones fue observado en el peso de las vísceras (Tabla 22), siendo mayor este peso en las dietas de mayor contenido lipídico (2 y 3) respecto de la control, con diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en el último control (115 días). Algo similar fue informado por Lee y Putnam (1973) trabajando con trucha arco iris, y Regost *et al.* (2001) en trucha café, donde se observó un marcado y significativo aumento de peso del tracto gastrointestinal, cuando se elevó el contenido de lípidos de las dietas.

El peso del hígado de los salmones que consumieron dietas con mayor contenido de lípidos (2 y 3) fue levemente superior, aunque sin diferencias significativas (Tabla 24). Por su parte, las hembras mostraron en todas las dietas un significativo mayor peso ( $p < 0,001$ ) de hígado que los machos (Tabla 25) al final del ensayo (115 días). Si bien esto es esperable en momentos cercanos a la madurez sexual, por una mayor actividad en la síntesis de proteína, no se realizaron análisis adicionales que expliquen a que se debe este aumento de peso, con los que se podrían 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. Por su parte, Arzel *et al.* (1994), informan un aumento considerable del contenido de proteínas de hígados de truchas café, en dietas hiperlipídicas versus dietas de menor contenido lipídico y Regost *et al.* (2001),

un mayor contenido graso en hígados, también de trucha café, alimentadas con dietas de mayor contenido lipídico.

No se observaron diferencias significativas en el IHS de los salmones, entre ninguna de las dietas durante el ensayo (Tabla 26). Esto no concuerda con lo encontrado por Hernández *et al.*, (2001) que informan un aumento del IHS en sargo picudo juvenil a medida que disminuía la razón 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 de disminuir las proteínas de las dietas y aumentar el contenido lipídico de las mismas, sobre un desproporcionado incremento del volumen hepático respecto del peso de los salmones. Mientras lo observado en machos y hembras (Tabla 27), se correlaciona con lo encontrado en el peso de los hígados, antes discutido, dando un mayor IHS en hembras que en machos ( $p < 0,02$ ) para los controles de los 60 y 115 días.

El peso de las gónadas de los machos de la dieta 2 fue superior respecto de las dietas control y 3 (Tabla 28), mostrando significancia estadística solo respecto de la control ( $p \leq 0,05$ ). La dieta 3 a su vez, fue mayor que la control pero sin mostrar significancia estadística, al final del ensayo. En las hembras, el mayor peso de las gónadas la presentó la dieta control, aunque no fueron significativamente diferentes respecto de las dietas 2 y 3. 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 el 18-15% 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 razón 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 (Tabla 29). En las hembras, la dieta control, de mayor contenido de proteína, mostró un índice más elevado ( $p \leq 0,05$ ) que las dietas 2 y 3 (de mayor contenido lipídico), las cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. Es destacable el hecho que para ambos sexos hubo un gran incremento en este índice, producto del desarrollo gonadal alcanzado en el período, lo que da cuenta de la cercanía a la madurez sexual en que se encontraban los peces al momento de realizar el último control del presente trabajo (115 días), que fue también el de cosecha. Contrario a lo recién señalado, Hernández *et al.*, (2001), señalan, sin especificar sexo y con peces de menor peso que los de este ensayo, que los valores del IGS fueron mayores al ocupar dietas con mayor contenido lipídico, trabajando con sargo picudo.

Varios son los autores que informan un aumento en el depósito de grasa intraperitoneal (Gaylord y Gatlin, 2001), perivisceral (Hillestad *et al.*, 1998; Regost *et al.*, 2001) y de menudencias (Weatherup *et al.*, 1997) al aumentar los niveles de lípidos en las dietas de distintas especies de peces, por lo cual no fue sorpresa el observar un significativo mayor engrasamiento perivisceral ( $p < 0,01$ ), de los salmones que recibieron las dietas con razones P/L más estrechas (2 y 3) respecto de la control (Tabla 30), coincidiendo con el peso final observado. Con relación a los sexos (Tabla 31), no se observaron diferencias significativas entre machos y hembras para ninguna dieta, aunque los machos mostraron en general valores más altos. Ya que los peces se comercializan eviscerados (Álvarez, 1994), resulta alentador saber que este valor no perjudica en lo absoluto el producto final.

El espesor de la pared abdominal de los salmones, siguió un patrón similar al comentado para el engrasamiento de las vísceras y el peso final de los individuos (Tabla 32), en que los peces alimentados con la dieta 2 presentaron el mayor espesor, seguidos por los de la dieta 3, sin diferencias significativas entre ellas, y la dieta control. Esta última, estadísticamente de inferior grosor que la dieta 2 ( $p \leq 0,05$ ) pero similar a la dieta 3. Es interesante destacar que este valor puede ser un buen reflejo del grado de engrasamiento general de los peces, ya que representa entre el 28-1% del peso húmedo y es responsable del 13-7% del total de lípidos depositados por el salmón del Atlántico (Aursand *et al.*, 1993). El sexo no originó diferencias significativas en esta variable (Tabla 33).

El desarrollo de una óptima estrategia de alimentación pasa por lograr la más eficiente utilización de los nutrientes contenidos en las dietas, que se traduzca en una respuesta productiva que permita aumentar el retorno económico a la empresa y que a su vez satisfaga 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, aunque los costos de ganar un kilo de salmón aumentarían (Tabla 34). De esta manera, toma importancia el precio de venta y el mercado al que puede optar cada empresa con sus productos, ya que aunque el costo sea mayor, se logró aumentar el peso de los salmones con dietas de mayor contenido lipídico, que puede llegar a compensar ese mayor costo con cosechas más tempranas o mejores precio de venta, sobre todo al comparar la dieta 3 respecto de la control. Sin embargo, llama la atención el mayor valor de las dietas con menor contenido proteínico, ya que se esperaba que al ser la harina de pescado, un insumo de elevado costo e inclusión, estas dietas disminuyeran su costo respecto de la control, resultando en lo contrario. Es muy posible que esto esté sujeto al valor del

insumo energético (lipídico) utilizado al momento de la fabricación de las dietas, como del resto de los productos, ciertamente sujetos a importantes variaciones.

A la luz de los resultados obtenidos en este trabajo, sería recomendable realizar un estudio más profundo de costos antes de decidir la estrategia a seguir.

La información reunida en este trabajo permite por una parte, respaldar la hipótesis planteada con relación al hecho de que razones de proteínas y lípidos más estrechas mejoran la respuesta productiva del salmón Coho a la cosecha sin afectar la calidad de la canal, pero refutan el hecho de que disminuyen el costo de la alimentación, aunque, según lo explicado en el párrafos anteriores, puede significar de todas formas una buena estrategia de alimentación.

## 8. CONCLUSIONES

1. Las dietas con razones de proteínas y lípidos (P/L) más estrechas aumentaron el peso final ( $p \leq 0,05$ ) de los salmones respecto de la control .
2. Los machos presentaron mayores pesos finales ( $p < 0,02$ ) que las hembras.
3. Tanto la ganancia de peso, le eficiencia de conversión alimenticia, el consumo de alimento, la tasa de crecimiento específico, el factor de condición y el rendimiento de la canal de los salmones, no mostraron diferencias entre los tratamientos.
4. El depósito de grasa perivisceral fue mayor ( $p < 0,01$ ) para las dietas con mayor contenido de lípidos respecto de la dieta control.
5. La incorporación de mayores niveles de lípidos en relación con los de proteínas, encareció el costo de las dietas y el costo de alimento por kilo de pez ganado.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- **ÁLVAREZ, 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 Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 35 p.
- **ANÓN.** 2000. Desafíos de la industria: estrategias para el desarrollo. Aquanoticias N° 56:39-45.
- **ANÓN.** 2001. Estadísticas: Exportaciones Chilenas de Salmón y Trucha. Salmonoticias N° 93:18.
- **ANÓN.** 2002. Estadísticas. Caída de precios explica baja de 0,9% en exportaciones de salmón y trucha. [en línea]. Asociación de productores de salmón y trucha de Chile (A.G.). 28 febrero 2002 <<http://www.salmonchile.cl/espanol/pm3.htm> > [consulta: 28-02-2002]
- **ARZEL, J.; MARTINEZ, F.; MÉTAILLER, R.; STÉPHAN, G.; VIAU, M.; GANDEMER, G.; GUILLAUME, J.** 1994. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in seawater. Aquaculture 123:361-375.
- **ASH, R.** 1980. Hydrolytic capacity of the trout (*Salmo gairdneri*) intestinal mucosa with respect to three specific dipeptides. Comp. Biochem. Physiol. 65:173-176.
- **AURSAND, M.; BLEIVIK, B.; RAINUZZO, J.; JORGENSEN, L.; MOHR, V.** 1993. Lipid distribution and composition of commercially farmed atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Sc. Food Agric. 22:239-248.
- **BERGOT, P.; SOLARI, A.; LUQUET, P.** 1975. Comparaison des surfaces absorbantes ds caeca pyloriques et de l'intestin chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* Rich.). Ann. Hydrobiol. 6:27-43.

- **BERNARD, F.** 1952. La digestion chez les poissons. Trav. Lab. Hydrobiol. Piscicult. Univ. Grenoble 44:61-95 (citado por Hidalgo, F.; Alliot, E. 1987. La digestión en los peces. In: Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). Nutrición en acuicultura I. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 3, pp. 85-122).
  
- **BRAVO, I.E.** 2000. Evaluación de la pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en respuesta a la incorporación de dos niveles de astaxantina a la dieta de crecimiento-engorda. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 82 p.
  
- **CABALLERO, M.J.; OBACH, A.; ROSENLUND, G.; MONTERO, D.; GISVOLD, M.; IZQUIERDO, M.S.** 2001. Impact of different dietary lipid sources on growth , lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 61849 (artículo en prensa).
  
- **CHO, C.Y.; SLINGER, S.J.** 1979. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbbow trout. In: Halver, J.E.; Tiews, W.S. (Eds.). Finfish nutrition and fishfeed technology. Berlin, Germany. V. 2, pp. 239-247 (citado por García, M; Sanz, A. 1987. Absorción intestinal en peces. In: Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). Nutrición en acuicultura I. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 4, pp. 123-196).
  
- **CHO, C.Y.** 1987. La energía en la nutrición de los peces. In: Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). Nutrición en acuicultura II. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 2, c. 9, pp. 99-149.
  
- **CHO, C.Y.; KAUSHIK, S.J.** 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.
  
- **CHO, C.Y.; HYNES, J.D.; WOOD, K.R.; YOSHIDA, H.K.** 1994. Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture* 124:293-305.
  
- **DE LA HIGUERA, M.** 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. In: 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.
  
- **DOCKRAY, G.J.** 1979. Comparative biochemistry and Physiology of gut hormones. *Ann. Rev. Physiol.* 41:83-95.
  
- **EINEN, O.; ROEM, A. J.** 1997. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. *Aquaculture Nutrition* 3:115-126.
  
- **FANGE, R.; GROVE, D.** 1979. Digestion. In: Hoar, W.S.; Randall, D.J.; Brett, J.R. (Eds.). *Fish Physiology*. Academic Press. Nueva York, USA. pp.178-189 (citado por Hidalgo, F.; Alliot, E. 1987. *La digestión en los peces*. In: Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura I*. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 3, pp. 85-122).
  
- **FAUCONNEU, B.** 1985. Protein synthesis and protein deposition in fish. In: Cowey, C.B.; Mackie, A.M.; Bell, J.G. (Eds.). *Nutrition and feeding in fish*. Academic press. London, U.K. pp. 17-45 (citado por De La Higuera, M. 1987. *Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces*. In: 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).

- **FRAISSE, M.; WOO, N.Y.S.; NOAILLAC, J.; MURAT, J.C.** 1981. Distribution pattern of digestive enzyme-activities in the intestine of the cat-fish (*Ameiurus nebulosus* L.) and the carp (*Cyprinus carpio* L.). *Comp. Bioc. A.* 70 (3):443-446.
  
- **GARCÍA, M.; SANZ, A.** 1987. Absorción intestinal en peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura I.* Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 4, pp. 123-196.
  
- **GARDEUR, J.N.; PASPATIS, M.; GÉLINEAU, A.; BOUJARD, T.** 2001. Biostatistical implications of individual variability in growth in rainbow trout and Atlantic salmon. *Aquaculture* 195:51-59.
  
- **GAYLORD, T.G.; GATLIN, D.M.** 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.; CASTRO, E.** 1994. Characteristics of the Chilean salmonid feed industry. *Aquaculture* 124:307-320.
  
- **HERNÁNDEZ, M.D.; EGEEA, M.A.; RUEDA, F.M.; AGUADO, F.; MARTÍNEZ, F.J.; GARCÍA, B.** 2001. Effects of comercial diets with different P/E ratios on sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) growth and nutrient utilization. *Aquaculture* 195:321-329.
  
- **HIDALGO, F.; ALLIOT, E.** 1987. La digestión en los peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura I.* Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 3, pp. 85-122.

- **HILLESTAD, M.; JOHNSEN F.** 1994. High-energy/low protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture* 124:109-116.
- **HILLESTAD, M.; JOHNSEN, F.; AUSTRENG, E.; ASGARD, T.** 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.
- **HOFER, R.** 1979. The adaptation of digestive enzymes to temperature, season and diet in roach, *Rutilus rutilus*, and rudd, *Scardinius erythrophthalmus*: proteases. *J. Fish. Biol.* 15:373-379.
- **JOBLING, M.; KNUDSEN, R.; PEDERSEN, P.S.; DOS SANTOS, J.** 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 92:243-257.
- **KAPOOR, B.G.; SMIT, H.; VERIGHINA, I.A.** 1975. The alimentary canal and digestion in teleosts. *Adv. Mar. Biol.* 13:109-239 (citado por Hidalgo, F.; Alliot, E. 1987. La digestión en los peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura I. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 3, pp. 85-122).*
- **KAUSHIK, S.J.; OLIVA-TELES, A.** 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture* 50:89-101.
- **KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F.** 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture* 124:81-97.
- **KUZ'MINA, V.V.** 1978. Membrane digestion in cyclostomes and fishes. *J. Ichthyol.* 18 (4):599-611 (citado por Hidalgo, F.; Alliot, E. 1987. La digestión en los peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura I. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 3, pp. 85-122).*

- **LEE, D.J.; PUTNAM, G.B.** 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.* 103:916-922.
  
- **LEGER, C.** 1972. Essai de purification de la lipase du tissu intercaecal de la truite (*Salmo gairdnerii*, Rich.) *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 1:341-245 (citado por Hidalgo, F.; Alliot, E. 1987. La digestión en los peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura I. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 3, pp. 85-122).*
  
- **LEGER, C.** 1985. Digestion, absorption and transport of lipids. **In:** Cowey, C.B.; Mackie, A.M.; Bell, J.G. (Eds.). *Nutrition and feeding in fish. Academic press. London, U.K. pp. 299-331* (citado por García, M; Sanz, A. 1987. Absorción intestinal en peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura I. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 1, c. 4, pp. 123-196).*
  
- **LIE, O.; LIED, E.; LAMBERTSEN, G.** 1988. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed. *Aquaculture* 69:333-341.
  
- **LUQUET, P.; KAUSHIK, S.J.** 1979. Besoins en proteines et en acides amines; in *Nutrition des poissons. Actes du coll. CNERNA, Paris* (citado por Cho, C.Y.; Kaushik, S.J. 1990. *Nutritional Energetics in Fish: Energy and Protein Utilization in Rainbow Trout (Salmo gairdneri). World Review of Nutrition and Dietetics* 61:132-172).
  
- **METAILLER, R.; DEHAPIOT, T.; HUELVAN, C. & VENDEVILLE, E.** 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.
  
- **MORAIS, S.; GORDON BELL, J.; ROBERTSON, D. A.; ROY, W. J.; MORRIS, P. C.** 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).** 1981. Nutrient requirements of cold water fishes. National Academy Press. Washington DC, USA. 63 p.
- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC).** 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press. Washington DC, USA. 144 p.
- **OPSTVEDT, J.** 1974. Influence lipids on the nutritive value of fish meal VI. Effects of fat addition to diets high in fish meal on fatty acid composition and flavor quality of broiler meat. *Acta Agric. Scand.* 25:62-67.
- **PAGE, J.W.; ANDREWS, J.W.** 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 103:1339-1346.
- **PHILLIPS, A.** 1969. Nutrition, digestion and energy utilization. **In:** Hoar, W.S.; Randall, D.J. (Eds.). *Fish physiology.* Academic press. New York, U.S.A. V. 1, p.391 (citado por Lee, D.J.; Putnam G.B. 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.* 103:916-922).
- **REGOST, C.; ARZEL, J.; CARDINAL, M.; LAROCHE, M.; KAUSHIK, S.J.** 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.
- **RUIZ, M.** 2001. El Krill: Una Nueva Respuesta Nutritiva para los Salmones. *Salmonoticias* N° 99:11-13.
- **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.
- **SASTRY, K.; GARG, V.** 1976. Histochemical study of lipid absorption in two teleost fishes. *Z. Mikrosk. Anat. Physiol.*, 645:249-254.

- **SILVERSTEIN, J.; SHEARER, K.; DICKHOFF, W.; PLISETSKAYA, E.** 1999. Regulation of nutrient intake and energy balance in salmon. *Aquaculture* 177:161-169.
- **SMITH, R.R.; RUMSEY, G.L.; SCOTT, M.L.** 1978. Net energy maintenance requirement of salmonids as measured by direct calorimetry: effect of body size and environmental temperature. *J. Nutr.* 108:1017-1024.
- **STEFFENS, W.** 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. 275 p.
- **TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C.** 1978. Optimun ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout. *Bull. Japan. Soc. scient. Fihs.* 44:683-688 (citados por Watanabe, T. 1987. Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura II. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 2, c. 9, pp. 99-149).*
- **TWINING, S.S.; ALEXANDER, P.A.; HUIBREGTSE, K.; GLICK, D.M.** 1983. A pepsinogen from rainbow trout. *Comp. Biochem. Physiol.* 75B:109-112.
- **VAHL, O.** 1979. An hypothesis on the control of food intake in fish. *Aquaculture* 17:221-229.
- **WATANABE, T.** 1987. Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. **In:** Espinosa de los Monteros, J.; U. Labarta (Eds.). *Nutrición en acuicultura II. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Madrid, España. V. 2, c. 9, pp. 99-149.*
- **WEATHERUP, R.; McCRACKEN, K.; FOY, R.; RICE, D.; McKENDRY, J.; MAIRS, R.; HOEY, R.** 1997. The effects of dietary fat content on performance and body composition of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 151:173-184.



- **WILSON, R.P.** 1994. Utilization of dietary carbohydrates by fish. *Aquaculture* 124:67-80.
  
- **WINDHAM, W.R.** 1995. Animal feed. **In:** Cunniff, P. (Ed). Official methods of analysis of AOAC international. 16<sup>th</sup> ed. AOAC International. Arlington, Va., USA. V. 1, c. 4, pp. 1-30.