

## Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación

G. A. Morales<sup>1</sup> y R. Quirós

Área de Sistemas de Producción Acuática, Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.  
Recibido Mayo 15, 2006. Aceptado Agosto 16, 2007

### Productive performance of rainbow trout in cages under different feeding strategies

**ABSTRACT.** Slight improvements in feed efficiency can result in an important diminution of the production costs and feed wastes that would otherwise alter the water quality. With the objective of determining the optimal daily ration during the season of greatest growth and study the effect of ration size on the body condition (K) of rainbow trout under the conditions of a commercial operation, the growth of 15 000 juveniles under three treatments was evaluated: feeding to satiety (J1), growth ration (J2) and maintenance ration (J3). The total length, body weight and K differed significantly among the treatments, resulting in all cases  $J1 > J2 > J3$ . At the end of the trial, the J1 group had the highest body weight ( $153.9 \pm 4.12$  g), surpassing J2 ( $110.5 \pm 2.74$  g) and J3 ( $75.1 \pm 1.94$  g). An oscillating feed intake, with variations from 1 to 3% of body weight from one day to the next was observed in J1. The relation between the specific growth rate (SGR) and the daily ration (R) fit to a quadratic function,  $SGR = (-0.22.R^2) + (2.57.R) - 3.12$ , whereas, the relation between the feed conversion ratio (FCA) and SGR fit the function  $FCA = 2.02.SGR^{-0.53}$ . Optimal values of FCA were observed when R was at 50% of satiety or more. A not significant difference was observed for overall FCA between J1 ( $1.32 \pm 0.08$ ) and J2 ( $1.13 \pm 0.14$ ). Consequently, satiety feeding would be the best option during the summer when the temperature is optimal for growth.

**Key words:** cage aquaculture, body condition, feed conversion, *Oncorhynchus mykiss*, specific growth rate

**RESUMEN** Leves mejoras en la eficiencia alimentaria pueden traducirse en una importante disminución de los costos de producción y de desechos de alimento que alterarían la calidad del agua. Con el objetivo de determinar la ración diaria óptima durante la estación de mayor crecimiento y estudiar el efecto del tamaño de ración sobre la condición corporal (K) de la trucha arco iris bajo las condiciones de un criadero comercial, se evaluó el crecimiento de 15 000 juveniles bajo tres tratamientos: alimentación a saciedad (J1), ración de crecimiento (J2) y ración de mantenimiento (J3). La longitud total, el peso corporal y el K difirieron significativamente con el tratamiento aplicado, resultando en todos los casos  $J1 > J2 > J3$ . Al final de la experiencia, J1 alcanzó el mayor peso corporal ( $153.9 \pm 4.12$  g) respecto de J2 ( $110.5 \pm 2.74$  g) y J3 ( $75.1 \pm 1.94$  g). J1 mostró un comportamiento alimentario oscilante, arrojando variaciones de 1 a 3% del peso corporal de un día para otro. La relación entre la tasa de crecimiento específico (SGR) y la ración diaria (R) ajustó a la función  $SGR = (-0.22.R^2) + (2.57.R) - 3.12$ . Por otro lado, la relación entre el factor de conversión del alimento (FCA) y el SGR ajustó a la función  $FCA = 2.02.SGR^{-0.53}$ . Valores óptimos de FCA se observaron con raciones al 50% de saciedad o mayores. No se encontraron diferencias significativas para FCA global entre J1 ( $1.32 \pm 0.08$ ) y J2 ( $1.13 \pm 0.14$ ). Consecuentemente, alimentar a saciedad sería la mejor opción durante el verano cuando la temperatura es óptima para el crecimiento.

**Palabras clave:** condición corporal, conversión alimentaria, cultivo en jaulas, *Oncorhynchus mykiss*, tasa de crecimiento específico

<sup>1</sup>Autor para la correspondencia, e-mail: moralesg@agro.uba.ar

## INTRODUCCIÓN

La alimentación generalmente representa el mayor costo operativo de una explotación intensiva de engorde de peces (Huguenin y Ansuini, 1978; Chua y Teng, 1980; Kim, 1981; Sungkasem, 1982) y según Higgs *et al.* (1995) pueden constituir aproximadamente el 55% de los costos de producción anuales totales de los criaderos comerciales. Elevados costos de producción asociados a la alimentación frecuentemente se relacionan a una pobre eficiencia en la conversión alimentaria, lo que resulta además en una importante descarga de nutrientes al medio acuático (Costello, *et al.*, 1996).

Un objetivo primario de los productores es engordar peces tan rápida y eficientemente como sea posible. Sin embargo, varios estudios (Elliot, 1976; Brett y Groves, 1979; Storebakken y Austreng, 1987b; Kolsater, 1995; Wendall, 2004) indican que si bien para alcanzar el máximo crecimiento se debe alimentar *ad-libitum* o "a saciedad", cuando se utiliza dicho manejo alimentario disminuye la eficiencia de conversión del alimento. Un método muy utilizada para determinar la ración diaria a suministrar consiste en utilizar tablas de alimentación difundidas

por las empresas que fabrican alimento. Sin embargo, estas suelen basarse en modelos teóricos basados en la temperatura del agua y tamaño de los peces (Haskell, 1959 modificado por Westers, 1995; Leitritz y Lewis, 1980; Iwama y Tautz, 1981; From y Rasmussen, 1984; Smith, 1989) que deben ser ajustados a las condiciones específicas de producción (Cho y Boreau, 1997) y pueden sobrestiman la cantidad de alimento a suministrar (Cerdá, 2000). Varios autores (Dabrowski, 1984; Uys y Hetcht, 1985; Charlon y Bergot, 1986) han propuesto que las pérdidas de eficiencia alimentaria, han sido a menudo el resultado de un exceso o falta de alimentación, probablemente, a causa del uso de tablas de alimentación no adaptadas a las condiciones de locales de cultivo.

El objetivo de este trabajo fue determinar la ración óptima de alimento a suministrar diariamente a juveniles de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) durante la estación de mayor crecimiento, asimismo evaluar el efecto de la estrategia alimentaria utilizada sobre la condición corporal de las truchas bajo las condiciones de un criadero comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Instalaciones

El estudio se llevó a cabo en el criadero comercial Truchas Alicurá S. R. L. situado en el embalse Alicurá, noroeste de la Patagonia Argentina (40° 41' 44" S - 71° 01' 01" O). Se utilizaron tres jaulas de 50 m<sup>3</sup> con mallas de calibre de tejido de 1.4 cm, las cuales fueron acondicionadas, lavadas y desinfectadas con solución de yodo 10% (vol/vol) antes de su uso. Sobre la superficie de las jaulas se colocaron redes de protección (pajareras) con el fin de evitar la posible predación por parte de las aves.

### Manejo de peces

La clasificación y conteo de 45 000 juveniles de trucha arco iris (65 ± 7 g de peso corporal) se realizó con un equipo de selección mecánica y conteo electrónico (Bioscanner, V-Channel 1). Fueron separados tres sub-lotes: cabeza, núcleo y cola de lote. El núcleo central de 15 000 individuos, fue dividido aleatoriamente en tres grupos experimentales de 5 000 individuos cada uno.

El suministro de alimento se llevó a cabo en forma manual y controlada. La entrega de alimento se efectuó en dos raciones diarias: por la mañana entre las 08:00 y las 09:00 h y por la tarde entre las

16:00 y las 17:00 h. Se utilizó un alimento balanceado "extruded" para truchas con calibre de partícula de 3 mm (GANAVE), con una composición centesimal de 46% PB, 17% EE, 2% FB, 18% CEN, 90% MS (base MH) y 2 700 Kcal/kg de EM (base MS).

Las variables físico-químicas registradas fueron la temperatura media diaria del agua (TMD) y la concentración de oxígeno disuelto en el agua (OD), utilizando para ello una sonda limnológica (Lutron, DO-5510). Las mediciones fueron efectuadas tres veces al día (9, 12 y 17 h) a una profundidad constante de un metro.

Las muestras de peces se tomaron (24 h de ayuno) de diferentes sitios y profundidades de la jaula. Los peces fueron anestesiados con una solución acuosa de benzocaína (1:10 000). Una vez anestesiados, se registraron la longitud total y el peso de cada pez. La longitud se midió utilizando un ictiómetro (+/- 0.5 mm), mientras que el peso corporal de cada pez se registró por medio de una balanza portátil Acculab V-1200 (+/- 0.1 g).

### Cálculo de raciones

La ración suministrada a cada uno de los tratamientos se calculó utilizando el modelo de

crecimiento de Haskell (1959) modificado por Westers (1995).

La función utilizada para la determinación de la ración de mantenimiento ( $R_m$ ) fue:  $R_m = 2 \cdot TMD \cdot (100 \cdot K \cdot L)^{-1}$ , donde  $R_m$  (en % del peso corporal  $\text{día}^{-1}$ ); 2: Constante de Haskell; TMD: Temperatura media diaria del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ); K: Factor de condición corporal de "Fulton"; L: Longitud total del pez (cm). Para el cálculo de la ración de crecimiento se utilizó el modelo mencionado anteriormente afectado por una constante de crecimiento (C), la cual indica la proporción de la energía que es canalizada a crecimiento. Con la ración de mantenimiento se pretende que la trucha no cambie significativamente de peso. Sin embargo, con la ración de crecimiento se intenta generar un excedente de energía que sería destinado a crecimiento (energía retenida) y corresponde al 30% de la energía bruta ingerida en los salmónidos (Kaushik y Médale, 1994). La función utilizada para determinar la ración de crecimiento ( $R_c$ ) fue:  $R_c = (2 \cdot TMD \cdot (100 \cdot K \cdot L)^{-1}) / (1 - C)$ .

Durante el suministro de alimento a saciedad, el momento en el cual los peces alcanzaban la saciedad se determinó en base al comportamiento alimentario de los mismos. Poca actividad en superficie, natación profunda y en cardumen, una baja actividad predadora y alimento sin ser consumido por debajo 50 cm de profundidad aún con bajas frecuencias de alimentación, fueron los indicadores visuales que se utilizaron para determinar el momento en que se detenía el suministro de alimento.

#### *Diseño experimental y análisis estadístico*

Se utilizaron tres grupos experimentales de 5 000 individuos cada uno, tomando como unidad experimental el grupo de animales que corresponde a un determinado tratamiento. A cada grupo se le asignó en forma aleatoria una jaula y un tratamiento, a los que se les aplicaron distintos racionamientos: alimentación a saciedad (J1), ración de crecimiento (J2) y ración de mantenimiento (J3).

Durante 28 d de experiencia (mes de febrero) se llevaron a cabo nueve muestreos, capturando 100 individuos ( $n = 100$ ) cada vez en forma aleatoria a distintas profundidades de la jaula. Los mismos se realizaron durante el primer y cuarto día de cada semana. Una vez anestesiados, se registró el peso vivo y la longitud total individual. También se registró la mortalidad diaria.

Las variables biológicas calculadas fueron la tasa de crecimiento específico (SGR), el factor de conversión alimentaria (FCA) y el factor de condición corporal de "Fulton" (K):

$$SGR = [(\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) / \text{días}] \cdot 100$$

$$FCA = (\text{alimento entregado}) / (\text{ganancia de peso vivo})$$

$$K (\text{Fulton}) = [\text{peso individual} / (\text{longitud total})^3] \cdot 100$$

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) para medidas repetidas (Sokal y Rohlf, 1995). Para el análisis se tuvieron en cuenta los efectos del factor tratamiento (entre-sujetos) y tiempo (intra-sujetos), la interacción entre ambos y se utilizó como covariable el peso inicial y la condición corporal. La detección del momento en que las diferencias entre medias de los tratamientos comenzaron a ser significativas ( $P < 0.05$ ) se determinó por medio de la prueba de Tuckey HSD.

Se utilizó la media aritmética como estimador de tendencia central y el error estándar (SE) como medida de dispersión, previa constatación de normalidad distributiva (Wilk-Shapiro). El coeficiente de variación (CV) de las medias obtenidas se calculó como la desviación estándar/media  $\cdot 100$ . Se estableció un valor  $P < 0.05$ , por debajo del cual se rechazaría la hipótesis nula de igualdad poblacional. Las variables SGR, FCA y R se relacionaron por medio de un análisis de regresión, presentando la función a la que se ajustan los datos, el número de observaciones ( $n$ ) y su coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa Number Cruncher Statistical Systems NCSS 2000.

## RESULTADOS

Al cabo de cuatro semanas de tratamiento los grupos J1 y J2 tuvieron un incremento de biomasa respecto de la inicial de 145% y 67%, respectivamente, en tanto J3 (0.02%) mantuvo su biomasa inicial. La densidad inicial fue de  $(6.2 \pm 0.3 \text{ kg/m}^3)$  para los tres grupos experimentales, difiriendo la densidad final con el tratamiento aplicado (J1 =  $15.2 \text{ kg/m}^3$ , J2 =  $11 \text{ kg/m}^3$ ; J3 =  $7.4 \text{ kg/m}^3$ ). Los valores registrados de mortalidad diaria media (1.66, 1.41 y

2.52 individuos  $\text{día}^{-1}$  para J1, J2, y J3, respectivamente) fueron normales para las condiciones del ensayo, no encontrando diferencias significativas entre los grupos experimentales ( $P = .12$ ). Las mediciones de OD en el agua registradas tuvieron una media de  $11.4 \pm 0.19 \text{ mg/L}$  y no se registraron valores por debajo de  $8.9 \text{ mg/L}$ . La temperatura media del agua fue de  $14.9 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ , registrando un valor mínimo de  $13.9^{\circ}\text{C}$  y máximo de  $16.4^{\circ}\text{C}$ .

Tabla 1. Desempeño de la trucha arco iris bajo diferentes manejos alimentarios. Resumen de resultados.

Variable	Tratamiento									(n)
	J1			J2			J3			
	media	SE	CV	media	SE	CV	media	SE	CV	
Longitud inicial (cm)	18.6 <sup>a</sup>	± 0.19	10.1	18.9 <sup>a</sup>	± 0.13	6.7	18.9 <sup>a</sup>	± 0.17	9.1	(100)
Longitud final (cm)	22.4 <sup>a</sup>	± 0.19	8.6	21.2 <sup>b</sup>	± 0.17	7.9	20.3 <sup>c</sup>	± 0.14	7.0	(100)
Peso inicial (g)	62.2 <sup>b</sup>	± 1.8	29.4	65.4 <sup>b</sup>	± 1.3	20.3	72.3 <sup>a</sup>	± 1.7	23.8	(100)
Peso final (g)	153.9 <sup>a</sup>	± 4.1	26.8	110.5 <sup>b</sup>	± 2.7	24.8	75.1 <sup>c</sup>	± 1.9	25.9	(100)
Factor "K" inicial	0.95 <sup>b</sup>	± 0.01	12.1	0.97 <sup>b</sup>	± 0.01	12.7	1.07 <sup>a</sup>	± 0.02	15.4	(100)
Factor "K" final	1.34 <sup>a</sup>	± 0.01	8.9	1.13 <sup>b</sup>	± 0.01	8.3	0.88 <sup>c</sup>	± 0.01	12.0	(100)
Ración (% · día <sup>-1</sup> )	4.41	± 0.34	32.0	2.19	± 0.04	5.93	1.58	± 0.03	5.69	(28)
Mortalidad (n° · día <sup>-1</sup> )	1.66 <sup>a</sup>	± 0.30	99.9	1.41 <sup>a</sup>	± 0.32	123.3	2.52 <sup>a</sup>	± 0.49	105.4	(28)
SGR (% · día <sup>-1</sup> )	3.35 <sup>a</sup>	± 0.53	44.7	1.94 <sup>b</sup>	± 0.23	38.1	0.07 <sup>c</sup>	± 0.31	-	(8)
FCA	1.32 <sup>a</sup>	± 0.08	12.1	1.13 <sup>a</sup>	± 0.14	24.8	-	-	-	(8)

<sup>a,b,c</sup> Medias con diferente superíndice en la misma fila indican  $P < .05$ . J1, J2 y J3 corresponden a alimentación a saciedad, ración de crecimiento y ración de mantenimiento, respectivamente. SE: Error estándar de la media; CV (%): Coeficiente de variación (desviación estándar/media · 100) y (n): número de observaciones.

El análisis de varianza de medidas repetidas arrojó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la longitud total, el peso corporal y el factor de condición corporal de los peces (Cuadro 1), resultando en todos los casos  $J1 > J2 > J3$  al final de la experiencia. El peso corporal de los peces mostró diferencias significativas en distintos momentos desde el inicio de la experiencia. A los 8 d de tratamiento se diferenciaron J1 de J3, a los 12 d J1 de J2 y a los 15 d J2 de J3. Al final de la experiencia J1 alcanzó un peso corporal de  $153.9 \pm 4.12$  g (CV= 26.8%), seguido por J2 ( $110.5 \pm 2.74$  g; CV= 24.8%) y J3 ( $75.1 \pm 1.94$  g; CV= 25.9%). Este último, prácticamente no mostró cambio en el peso corporal de los peces (3,9%), aunque evidenció un mayor incremento relativo en la longitud total de los peces (7.4%) lo que se tradujo en una importante disminución en la condición corporal de los peces.

El K inicial difirió significativamente entre J1 y J3 y entre J2 y J3 ( $P < .0001$ ), no así entre J1 y J2. A pesar de ello, J3 disminuyó rápidamente su condición corporal, mostrando una tendencia decreciente durante el transcurso de la experiencia, J2 mantuvo su K con una leve mejora hacia el final y J1 mostró una constante mejora hasta el final (Figura 1). De la misma manera que para peso corporal, a los 8 d desde el inicio se encontraron diferencias significativas para K entre J1 y J2, mientras que J1 y J3 como J2 y J3 se diferenciaron a los 12 y 15 d, respectivamente. El tratamiento J1 arrojó el mayor K final ( $1.34 \pm 0.12$ ), seguido por J2 ( $1.13 \pm 0.09$ ) y J3 ( $0.88 \pm 0.10$ ).

El tratamiento J1 arrojó la mayor tasa de crecimiento específica (SGR=  $3.35 \pm 0.53\%$  · día<sup>-1</sup>), seguido por J2 ( $1.94 \pm 0.23\%$  · día<sup>-1</sup>). Sin embargo, el

SGR del tratamiento J3 (ración de mantenimiento) prácticamente fue nulo ( $0.07 \pm 0.31\%$  · día<sup>-1</sup>).

La R media asignada a cada tratamiento correspondió a  $4.41 \pm 0.34$  (J1),  $2.19 \pm 0.04$  (J2) y  $1.6 \pm 0.03\%$  del peso corporal día<sup>-1</sup> (J3). En la Figura 2 se puede observar una marcada diferencia en la dispersión de estos valores medios. El tratamiento J1 evidenció un comportamiento alimentario oscilante, arrojando variaciones en la demanda de alimento de 1 a 3 % peso corporal día<sup>-1</sup> de un día para otro (CV= 32.0%). En tanto, la dispersión de los valores de R suministrada a J2 (CV= 5.93%) y J3 (CV= 5.69%), basadas en el modelo de la TMD y el tamaño del pez, fue sustancialmente menor.

La relación entre el SGR y la R suministrada (Figura 3) fue curvilínea, ajustando a un modelo de regresión polinomial de segundo orden,  $SGR = (-0.22.R^2) + (2.57.R) - 3.12$ ;  $R^2 = 0.75$ ;  $n = 27$ . Se observó que una R igual a  $1.3\%$  · día<sup>-1</sup> del peso corporal equivale a un SGR nulo. A mayores niveles de oferta de alimento, el incremento en el SGR por unidad de ración suministrada fue cada vez menor, disminuyendo la pendiente de la curva. Los puntos cercanos a un SGR = 0 correspondieron al tratamiento J3, mientras que los valores registrados para J1 se encontraron en la zona de mayor ración suministrada y menor pendiente. Por cierto, los valores de J2 se encontraron agrupados en la zona de pendientes medias entre J3 y J1.

Al relacionar el FCA con el SGR (Figura 4), se observó que a medida que los peces experimentan mayores tasas de crecimiento, la eficiencia de conversión mejora. Valores de SGR menores a  $1.0\%$  · día<sup>-1</sup> se relacionan con un elevado FCA (aprox. de 2.0 a 6.0). Esta baja eficiencia alimentaria

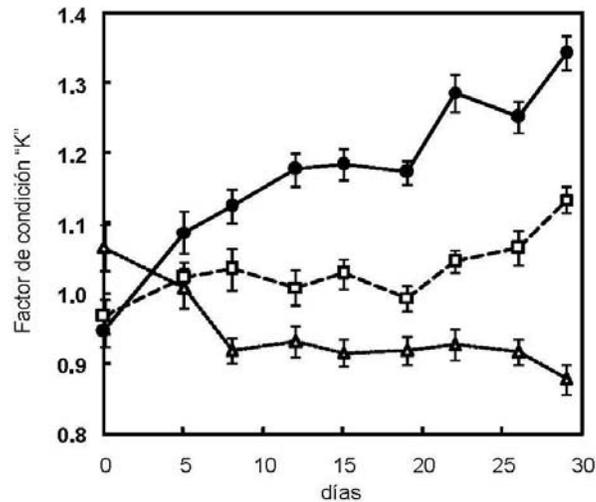


Figura 1. Evolución del factor de condición corporal "K" de Fulton. J1: alimentación a saciedad, J2: ración de crecimiento y J3: ración de mantenimiento. Las barras verticales indican el intervalo de confianza al 95%. ● = J1, □ = J2 y △ = J3.

corresponde a los valores registrados para el tratamiento J3. Valores de SGR entre 1.0 y 5.5% día<sup>-1</sup>, correspondientes a J1 y J2, evidenciaron una mejor conversión alimentaria (aprox. de 1.0 a 2.0). Al comparar FCA global (alimento total suministrado/incremento de la biomasa total) donde J1 ( $1.32 \pm 0.08$ ) fue levemente mayor a J2 ( $1.13 \pm 0.14$ )

éstos no difirieron estadísticamente ( $P = .91$ ). La relación entre el FCA y el SGR (Figura 4) ajustó a la función potencial  $FCA = 2.02.SGR^{-0.53}$  ( $R^2 = 0.73$ ;  $n = 23$ ). Se presentaron sólo los valores positivos del tratamiento J3, ya que durante el transcurso del ensayo las truchas bajo tratamiento de mantenimiento tuvieron pequeñas pérdidas de peso.

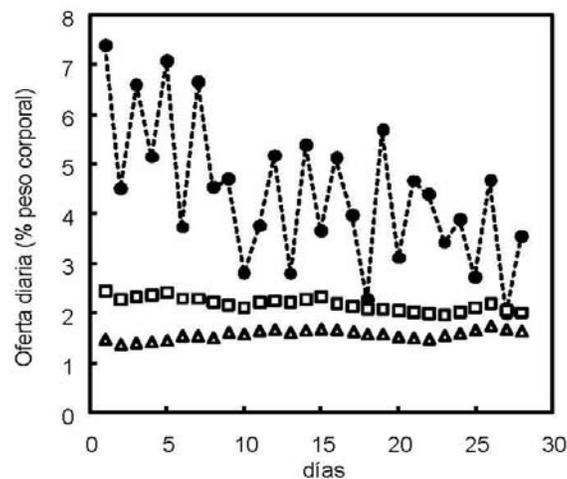


Figura 2. Oferta diaria de alimento, expresada como % del peso corporal. ● = J1, □ = J2 y △ = J3.

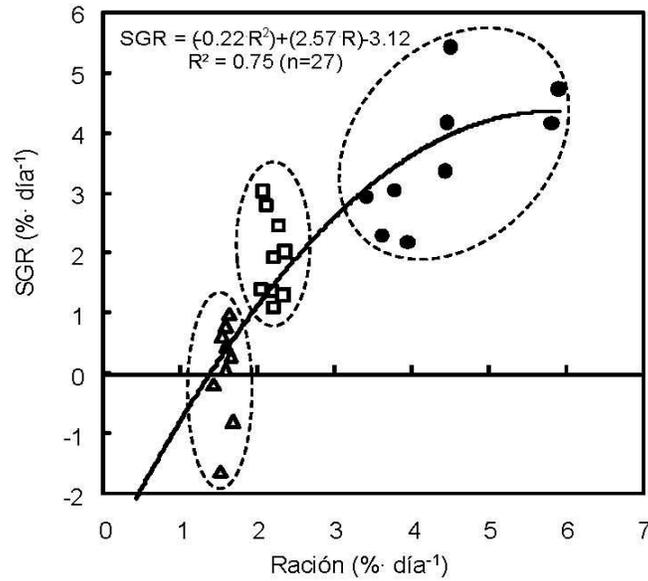


Figura 3. Relación entre la tasa de crecimiento específico (SGR) y la ración diaria suministrada (RD). ● = J1, □ = J2 △ y = J3.

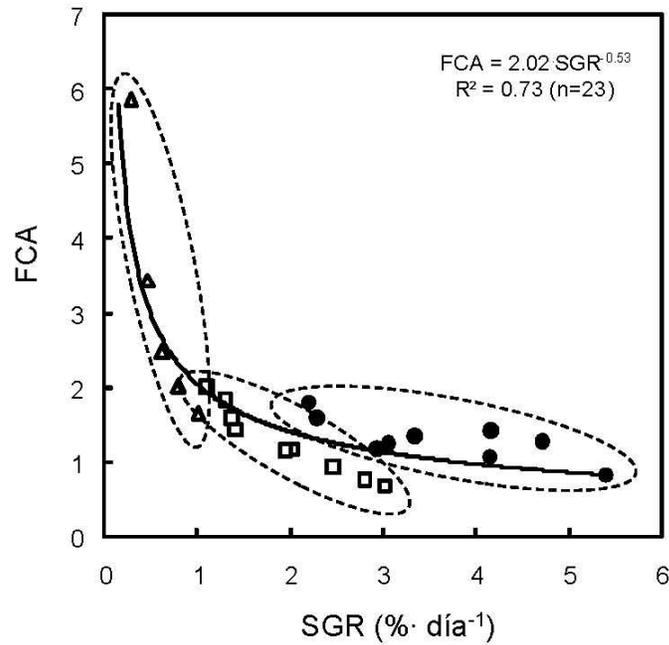


Figura 4. Relación entre el factor de conversión alimentaria (FCA) y la tasa específica de crecimiento (SGR) de las truchas. ● = J1, □ = J2 △ y = J3.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los cambios observados en la condición corporal de los peces según el tratamiento aplicado demuestran que el uso de una estrategia de producción basada en restricciones alimentarias frecuentes, hasta el nivel e mantenimiento, genera una importante pérdida de condición corporal de las truchas. Este aspecto se puede observar en los individuos del grupo J3, los cuales no aumentaron significativamente su peso corporal, pero sí su longitud.

Si bien el "frenar" lotes en producción por restricción alimentaria es una herramienta de manejo comúnmente utilizada en condiciones de escasez de alimento, baja demanda del producto en el mercado o simplemente cuando se desea generar un gradiente de cosecha a lo largo del año, no sería recomendable realizar dicho manejo por periodos prolongados. En el caso de que el productor necesite utilizar provisoriamente una estrategia alimentaria basada en una ración de mantenimiento (J3), de acuerdo a la función obtenida de relación entre el SGR y la R suministrada (Figura 3), ésta no debería encontrarse por debajo de  $1.3\% \text{ día}^{-1}$  del peso corporal cuando la temperatura del agua es óptima para el crecimiento. Una ración menor a dicho valor generaría no sólo una disminución en la condición corporal de las truchas, sino que los peces perderían peso y por tanto disminuiría la biomasa de los lotes en producción afectados a dicha estrategia alimentaria.

Los registros de consumo de alimento evidenciaron una gran variación en el apetito de las truchas. Este comportamiento alimentario oscilante observado en el tratamiento con alimentación a saciedad ha sido descrito previamente para salmónidos en varios estudios (Grove *et al.*, 1978; Juell *et al.*, 1993, 1994; Bailey y Alanärä, 2001). Estas variaciones diarias en el consumo de alimento estarían relacionadas con el efecto residual que genera el elevado consumo de alimento sobre el llenado del tracto digestivo y el tiempo requerido para su depleción (Grove *et al.*, 1978; Bromley, 1994). Una elevada ingestión de alimento afectaría las señales periféricas del aparato digestivo involucradas en la generación de apetito, resultando en un menor consumo al día siguiente, para luego, a las 48-72 h recuperar el apetito "normal" y volver a ingerir mayor cantidad de alimento.

En el presente estudio el FCA global no difirió significativamente entre el tratamiento alimentación a saciedad (J1) y la ración de crecimiento

(J2). A partir de la función que relaciona el FCA y la SGR, se observó que al trabajar con una baja tasa de crecimiento, el factor de conversión es elevado, es decir, la eficiencia alimentaria es baja. A medida que la tasa de crecimiento aumenta, el factor de conversión disminuye, mejorando la eficiencia alimentaria hasta alcanzar un óptimo biológico, el cual se mantiene hasta los valores máximos de crecimiento logrados con una alimentación a saciedad (máximo consumo voluntario de alimento).

Estos resultados, obtenidos bajo las condiciones de infraestructura y manejo de un criadero comercial, concuerdan con los obtenidos por Alanärä (1994), Bureau (1997) y Azevedo *et al.* (1998). En este último estudio se evaluó el efecto de tres raciones (cercano a saciedad, 85% y 70% de saciedad) sobre el crecimiento de la trucha arco iris a diferentes temperaturas. Los autores concluyeron que la eficiencia de conversión alimentaria no fue afectada por los diferentes niveles de alimentación utilizados. Por otro lado, Storebakken y Austreng (1987a) en un estudio realizado con salmón del atlántico reportó que no hubo diferencias en la eficiencia alimentaria en peces alimentados a niveles de 50, 75 ó 100% de la ración requerida para obtener el máximo crecimiento. Los resultados obtenidos en el presente estudio también concuerdan con Storebakken y Austreng (1987a), ya que los valores de R media entregada indican que J2 ( $2.19\% \text{ día}^{-1}$ ) correspondió al 50% de J1 ( $4.41\% \text{ día}^{-1}$ ) la ración requerida para obtener el máximo crecimiento, sin detectarse diferencias significativas en la eficiencia de conversión alimentaria. Sin embargo, estos resultados se contradicen con los publicados por varios autores (Elliot, 1976; Brett y Groves, 1979; Storebakken y Austreng, 1987b; Kolsater, 1995) que indican que la mejor eficacia alimentaria se presenta solamente a niveles de alimentación menores a los requeridos para obtener el máximo crecimiento, disminuyendo la eficiencia alimentaria cuando se trabaja a valores cercanos a la saciedad.

Al comparar la R recomendada por otros autores se puede observar una gran variabilidad en los valores publicados, así Leitrutz y Lewis (1980) y Smith (1989) indicaron que la R óptima para las condiciones de temperatura y peso corporal del presente estudio corresponden a 1.5 y 2.2% del peso corporal  $\text{día}^{-1}$ , respectivamente. En tanto al revisar los valores difundidos por algunas empresas elaboradoras de alimento balanceado

para truchas (Alitec: 2.6; Ewos: 2.4; Skretting: 2.4% día<sup>-1</sup>) se pueden observar distintos valores y con una tendencia mayor a los publicados por Leitritz y Lewis (1980) y Smith (1989). Ello apoyaría la hipótesis realizada por Cerdá (2000), quien sostiene que las tablas de alimentación difundidas por empresas elaboradoras de alimento balanceado sobrestiman la cantidad de alimento a suministrar. Sin embargo, debido a las diferencias en las tecnologías de fabricación (Zongjia y Hardy, 2003), la relación proteína/energía (Azevedo *et al.*, 2004) y la digestibilidad (Bureau, *et al.*, 1999) de los distintos alimentos para acuicultura, es difícil establecer una ración óptima para un determinado peso corporal y temperatura del agua. Por tanto, se hace necesario

que el productor utilice las distintas tablas y modelos disponibles para el cálculo de raciones como una guía, para luego elaborar su propia base de datos con la cual pueda adaptar dichos modelos a las condiciones particulares de su criadero.

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones de cultivo del presente estudio, se concluye que si el productor desea obtener un rápido crecimiento de los peces, alimentar a saciedad sería la mejor opción durante el verano cuando la temperatura del agua se encuentra cercana al óptimo de la especie, siempre y cuando sea cuidadoso al entregar el alimento de manera que no se produzcan derroches por los lados o fondo de la jaula de cultivo.

### LITERATURA CITADA

- Alanärä, A. 1994. The effect of temperature, dietary energy content and reward level on the demand feeding activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 126:349. Alitec. [www.alitec.cl](http://www.alitec.cl)
- Azevedo P. A., C. and Cho y D. P. Bureau. 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Living Resources*. 11:227.
- Azevedo P. A., S. Leeson; C. and Cho y D. P. Bureau. 2004. Growth, nitrogen and energy utilization of juveniles from four salmonid species: diet, species and size effects. *Aquaculture*. 234:393.
- Bailey, J. and A. Alanärä. 2001. A test of a budget model for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*. 32:465.
- Brett, J. R. and T. D. Groves. 1979. Physiological energetic. En: Hoar, W. S., D. J. Randall and J. R. Brett (Ed.). *Fish Physiology*. Academic Press. New York. p 279.
- Bromley P. J. 1994. The role of gastric evacuation experiments in quantifying the feeding rates of predatory fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 4:36.
- Bureau D. P. 1997. The partitioning of energy from digestible carbohydrates by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). PhD. Thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. p 170.
- Bureau, D. P., A. M. Harris and C. Y. Cho. 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout. *Aquaculture*. 180:345.
- Cerdá, M. J. 2000. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Revista Aquatic* n° 9.
- Charlon, N. and P. Bergot. 1986. An improved automatic dry food dispenser for fish larvae. *Prog. Fish. Cult.* 48:156.
- Cho, C. Y. and D. P. Bureau. 1997. Bioenergetics in diet formulation and feeding standard for salmonid aquaculture: Principles, methods and applications. En: Cruz-Suarez, L. E., D. M. Ricque and R. Mendoza (Ed.). *Proceedings 3<sup>rd</sup> International Symposium on Aquatic Nutrition*. Monterrey, Mexico. p 11.
- Chua, T. E. and S. K. Teng. 1980. Economic production of estuary grouper, *Ephinephelus salmoides*. Maxwell, reared in floating net cages. *Aquaculture*. 20:187.
- Costello, M. J., D. T. G. Quigley and S. Dempsey. 1996. Seasonal changes in food conversion ratio as an indicator of fish feeding management. *Bull. Aquac. Assoc. Can.* 96:58.
- Dabrowski, K. 1984. The feeding of fish larvae: present "state of art" and perspectives. *Reprod. Nutr. Dev.* 24:807.
- Elliot, J. M. 1976. The energetics of feeding, metabolism and growth (*Salmo trutta L.*) in relation to body weight, water temperature and ration size, *J. Anim. Ecol.* 45:923. Ewos. [www.ewos.com](http://www.ewos.com).
- From J. and G. Rasmussen. 1984. A growth model, gastric evacuation, and body composition in rainbow trout, *Salmogairdneri Richardson*, 1836. *Dana*. 3:61.

- Grove D. J., L. G. Loizides and J. Nott. 1978. Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmogairdneri*. *J. Fish Biol.* 12:507.
- Haskell, D. C. 1959. Trout growth in hatcheries. *New York. Fish and Game Journal.* 6:204.
- Higgs, D. A., J. S. Macdonald, C. D. Levings, and B. S. Dosanjh. 1995. Nutrition and feeding habits in relation to the life history. In: Groot, C., L. Margolis and W. C. Clark (Ed.). *Physiological ecology of Pacific salmon*, UBC Press, Vancouver. p 159.
- Huguenin, J. E. and F. J. Ansuini. 1978. A review of the technology and economics of marine fish cage system. *Aquaculture.* 15:151.
- Iwama G. K. and A. F. Tautz. 1981. A simple growth model for salmonids in hatcheries. *Canadian J. Fisheries Aquatic. Sci.* 38: 649.
- Juell J. E., D. M. Furevik and A. Bjordal. 1993. Demand feeding in salmon farming by hydro acoustic food detection. *Aquacultural Engineering.* 12:155.
- Juell J. E., A. Bjordal, A. Fernö and I. Huse. 1994. Effect of feeding intensity on food intake and growth of Atlantic salmon, *Salmo salar L.*, in sea cages. *Aquaculture and Fisheries Management* 25:453.
- Kaushik S. and F. Médale. 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture.* 124:81.
- Kim, Y. C. 1981. Economics of feeding fish. In: *The role of feeding the aquaculture industry*. FAO Field Document, FAO/UNDP Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA) Report N°; NACA/TR/81/3, National Inland Fisheries Institute, Bangkok, Thailand. p. 15.
- Kolsater L. 1995. Feed management and reduction of aquaculture wastes. *Wat. Sci. Tech.* 31:213.
- Leitritz, E. and R. C. Lewis. 1980. Trout and Salmon Culture. *California Fish Bulletin* Number 164. Univ. of California, Berkeley, California. p 197.
- Skretting. [www.skretting.com](http://www.skretting.com).
- Smith, R. R. 1989. Nutritional energetics. In: Halver, J. E. (Ed.). *Fish Nutrition* (2nd Ed.) Academia Press Inc., San Diego, CA. p 1.
- Sokal R. R. and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. Freeman & Co., New York, NY.
- Storebakken, T. and E. Austreng. 1987a. Ration level for salmonids, I. Growth, survival, body composition, and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. *Aquaculture.* 60:189.
- Storebakken, T. and E. Austreng. 1987b. Ration level for salmonids, II. Growth, feed intake, protein digestibility, body composition, and feed conversion in rainbow trout weighing 0.5-1.0 kg. *Aquaculture.* 60:207.
- Sungkasem, P. 1982. The economics of seabass production. In: FAO/UNDP Training course on sea bass spawning and larval rearing. National Institute of Coastal Aquaculture (NICA), Songkhla, Thailand. Report No. SCS/82/SBT/LEC. 18., Manila, Philippines, South China Sea Fisheries Programme. p 53.
- Uys, W. and T. Hecht. 1985. Evaluation and preparation of an optimal dry feed for the primary nursing of *Clarias gariepinus* Larvae (Pisces: *Clariidae*). *Aquaculture.* 47:173.
- Wendall, S. W. 2004. Energetic response of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) to varying water temperature regimes in northern California streams. Faculty of Humboldt State University, California. p. 82.
- Westers, H. 1995. Feed and feeding strategies to reduce aquaculture waste. *Aquaculture Bioengineering Corporation, Aquaculture Engineering and Waste Management*. In: *Proceeding from the Aquaculture Expo VIII and Aquaculture in the Mid-Atlantic Conference*. Washington, DC. p. 365.
- Zongjia J. C. and R. W. Hardy. 2003. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture.* 218:501.