

TRABAJO CORRESPONDIENTE AL CICLO DE INTENSIFICACIÓN PARA ACCEDER
AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris
(*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes
regímenes de alimentación**

GABRIEL A. MORALES

Director: Dr. Rolando Quirós

Consultor: Lic. Cristian A. Petracchi



Diciembre, 2004

Área de Sistemas de Producción Acuática, Facultad de Agronomía,

Universidad de Buenos Aires, ARGENTINA

Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación

GABRIEL A. MORALES

Área de Sistemas de Producción Acuática, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, ARGENTINA

PALABRAS CLAVE: *acuicultura, condición corporal, crecimiento comparado, cultivo en jaulas, factor de conversión, trucha arco iris.*

RESUMEN

El alimento y los costos de alimentación generalmente representan el mayor costo operativo en una explotación intensiva de engorde y pueden constituir hasta el 65% de los costos de producción anuales totales de los criaderos comerciales de truchas. Leves cambios en la eficiencia de utilización del alimento no sólo se pueden traducir en una importante disminución de los costos de producción, sino que pueden evitar desechos de alimento que, al descomponerse, alterarían la calidad del agua. Con el propósito de determinar la ración óptima a suministrar y estudiar el efecto de la alimentación sobre el Factor de Condición Corporal de los peces (K), se evaluó el crecimiento de tres grupos experimentales de 5.000 truchas arco iris cada uno bajo diferentes estrategias de alimentación (J1: "Alimentación ad-libitum", J2: "Ración de crecimiento" y J3: "Ración de mantenimiento"). Las experiencias fueron realizadas con truchas de aproximadamente 19 cm de longitud inicial. Al cabo de 4 semanas de tratamiento se obtuvieron diferencias significativas para longitud, peso corporal y factor de condición ($J1 > J2 > J3$). J2 mantuvo un K similar al inicial y J3 sufrió una constante pérdida de condición corporal. Sobre la base de los datos obtenidos, se confeccionó una tabla que relaciona la longitud con el peso corporal bajo distintos niveles de alimentación. El factor de conversión del alimento (FCA) registrado luego de cuatro semanas de tratamiento resultó ser mayor para J1 (FCA= 1.32) y menor para J2 (FCA= 1.13). Sin embargo, no fueron estadísticamente diferentes. La ración diaria óptima encontrada correspondió al 2.9% del peso corporal. Se concluye que en la estación cálida, cuando las temperaturas son óptimas para la especie, se debería alimentar ad-libitum y no se recomienda aplicar raciones de mantenimiento por períodos prolongados. En los muestreos periódicos de lotes de truchas en jaulas, se recomienda utilizar como parámetro de medición la longitud de las truchas y estimar a partir de éste, el peso corporal de acuerdo al nivel de alimentación que se utilice.

TABLA DE CONTENIDOS

I. Introducción.....	7
Justificación.....	10
Objetivos.....	11
Hipótesis.....	11
II. Materiales y Métodos.....	12
Sitio de Estudio y Métodos Generales.....	12
Criterios Experimentales.....	14
Ración de Mantenimiento.....	14
Ración de Crecimiento.....	17
Alimentación a Saciedad.....	18
Diseño Experimental.....	19
III. Resultados.....	21
Crecimiento.....	21
Condición Corporal.....	23
Oferta de Alimento.....	28
Conversión del Alimento.....	31
IV. Discusión y Conclusiones.....	33
Predicción del Peso Corporal.....	33
Ración Óptima.....	35
Recomendaciones de Manejo.....	39
Consideraciones Económicas.....	42
V. Agradecimientos.....	45
VI. Referencias.....	46
VII. Anexo I.....	49
VIII. Anexo II.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Composición centesimal del alimento balanceado utilizado.....	13
Tabla 2.	Características generales de los tratamientos.....	20
Tabla 3.	Longitud (L), Peso (P) y Factor de condición corporal (K), iniciales y finales.....	24
Tabla 4.	Alimento suministrado, parámetros globales de crecimiento y mortalidad.....	29
Tabla 5.	Oferta media diaria, tasa específica de crecimiento (SGR) y factor de conversión (FCA).....	32
Tabla AI.1.	Peso corporal esperado de truchas, según su Longitud total y la Ración diaria utilizada.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del Sitio de estudio en el embalse Alicura.....	12
Figura 2.	Evolución de la Longitud total (L) de las truchas sometidas a diferentes regímenes alimentarios.....	21
Figura 3.	Evolución del Peso corporal (P) de las truchas sometidas a diferentes regímenes alimentarios.....	22
Figura 4.	Evolución del Factor de Condición Corporal (K) de las truchas sometidas a diferentes regímenes alimentarios.....	23
Figura 5.	Relación entre el Peso corporal y la Longitud total de truchas en función del régimen de alimentación.....	26
Figura 6.	Oferta diaria de alimento, por tratamiento.....	28
Figura 7.	Relación entre la Tasa específica de crecimiento (SGR) y la Ración diaria de alimento (R).....	30
Figura 8.	Relación entre el Factor de Conversión Alimentaria (FCA) y la tasa específica de crecimiento (SGR).....	31
Figura AII.1.	Evolución de la Longitud y el Peso corporal de las truchas según el nivel de alimentación empleado.....	50
Figura AII.2.	Temperatura media diaria del agua (TMD).....	51
Figura AII.3.	Oferta diaria de alimento y Temperatura media diaria del agua (TMD), en el tratamiento “Ración de mantenimiento”.....	51

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS DE VARIABLES

UTILIZADAS EN ESTE TRABAJO

- C: Constante de Crecimiento (% de energía que se canaliza a crecimiento)
- CUT: Crecimiento por Unidad Térmica (cm / °C / día)
- CV: Coeficiente de Variación
- DE: Desviación Estandar
- FCA: Factor de Conversión del alimento
- IC: Intervalo de Confianza al 95%
- J1: Tratamiento “Alimentación ad-libitum”
- J2: Tratamiento “Ración de crecimiento”
- J3: Tratamiento “Ración de mantenimiento”
- K: Factor de Condición Corporal de “Fulton”
- L: Longitud del pez (cm)
- Lf, Pf y Kf: Longitud, Peso corporal y Factor de condición, “final”
- Li, Pi y Ki: Longitud, Peso corporal y Factor de condición, “inicial”
- Lmax, Pmax y Kmax: Longitud, Peso corporal y Factor de condición, “máximo”
- Lmin, Pmin y Kmin: Longitud, Peso corporal y Factor de condición, “mínimo”
- n: Número de observaciones
- OD: Concentración de Oxígeno Disuelto (mg / l)
- P: Peso Corporal del pez (g)
- PCe: Peso Corporal Esperado del pez (g)
- R: Ración diaria de alimento (% del peso corporal / día)
- SGR: Tasa específica de Crecimiento (% del peso corporal / día)
- T: Período en días desde Li a Lf
- TA: Tasa de Alimentación (% del peso corporal / día)
- TMD: Temperatura Media Diaria del agua (°C)
- ?L: Incremento Diario en Longitud (cm/ día)

INTRODUCCIÓN

Estimaciones de la FAO (FAO, 2002), indican que la acuicultura a nivel mundial alcanzó una producción de 35,6 millones de toneladas anuales, de las cuales aproximadamente 900.000 toneladas corresponden a la producción de salmónidos (FAO, 2000). Noruega y Chile, con una producción de salmón del atlántico (*Salmo salar*) de 462.000 y 222.900 toneladas por año, respectivamente, son los mayores productores a nivel mundial. Las exportaciones realizadas en 1999 por Chile sólo en salmónidos (truchas y salmónes) correspondieron a US\$ FOB 814,2 millones (Seafood Int., 2000).

Si bien la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en Argentina está estabilizada en unas 1000 toneladas anuales (SAGPyA, 2001), el potencial productivo de esta actividad es sustancialmente mayor, ya que se cuenta con importantes recursos para su explotación acuícola, como son los embalses del norte de la patagonia, entre otros.

Dentro de este contexto, cambios leves en la eficiencia de producción en una industria de tal magnitud, pueden representar beneficios por miles ó millones de dólares. Particularmente, la alimentación es uno de los aspectos productivos más influyentes. Una utilización más eficiente del alimento se puede traducir en una importante disminución en los costos de producción. Debido a que el alimento y los costos de alimentación generalmente representan el mayor costo operativo de una explotación intensiva de engorde (Huguenin y Ansuini, 1978; Chua y Teng, 1980; Kim, 1981; Sungkasem, 1982; Shang, 1983) y según Higgs *et al.* (1995) pueden constituir hasta el 65% de los costos de producción anuales totales de los criaderos comerciales, es esencial que el alimento sea suministrado de tal manera que proporcione un máximo de biomasa producida por cada unidad de alimento entregada.

En un sistema intensivo de producción, donde los peces son cultivados en jaulas suspendidas en los cuerpos de agua, el alimento artificial de origen exógeno es usualmente la

única fuente nutricional a la que acceden los peces. Por lo tanto, la correcta presentación del alimento junto con un adecuado nivel de alimentación son aspectos de suma importancia que no se deben subestimar. Las fallas en las dietas, usualmente atribuidas a una incorrecta formulación o a deficiencias en su manufactura, han sido a menudo el resultado de un pobre manejo del criadero debido a un tamaño inadecuado de partícula, a una deficiente frecuencia de alimentación y/o a un exceso o falta de alimentación (Dabrowski, 1984; Uys y Hetcht, 1985; Charlon y Bergot, 1986).

Los peces, al igual que la mayoría de los organismos acuáticos, son animales de “sangre fría” (ectotermos) siendo su temperatura corporal prácticamente la misma que la del agua en la que viven. Por esta razón su metabolismo únicamente funciona en forma óptima dentro de un rango de temperaturas adecuadas, en el cual la ingestión y el crecimiento son máximos, pero disminuyen cuando la temperatura esta por encima o por debajo de esos valores óptimos (Brett, 1979). Esta es la razón fundamental por la cual un adecuado suministro del alimento es determinante para obtener un rápido y eficiente crecimiento, sin que se afecte sensiblemente la conversión alimentaria y evitando desechos de alimento no consumido, que no sólo representarían una pérdida económica sino que, al descomponerse, alterarían la calidad del agua. Estudios realizados por Folke y Kautsky (1989), indican que a lo largo del ciclo de cultivo en una jaula de salmónidos sólo se cosecha un 25% de nitrógeno (N) y un 23% del fósforo (P) que se suministra en la dieta, en tanto que el resto es liberado al medio acuático como materia orgánica disuelta y particulada. Junto con los residuos de origen metabólico se liberan los producidos por la fracción de alimento no consumido por los peces. A pesar de que la cuantificación de tales pérdidas es muy difícil de estimar en forma práctica, éstas pueden ser reducidas sustancialmente mediante el establecimiento de una correcta estrategia de alimentación.

Un objetivo primario de los criaderos comerciales es producir peces tan rápida y eficientemente como sea posible. Sin embargo, para alcanzar el máximo crecimiento se debe alimentar “ad-libitum” o “a saciedad”, disminuyendo consecuentemente la eficiencia de conversión. Arzel *et al.* (1998), estudiando el efecto de la tasa de ingestión en el crecimiento y en la eficiencia de conversión de trucha común, observaron que a medida que aumentaba la tasa de ingestión disminuía la eficiencia de conversión.

Para determinar las tasas de alimentación, son de uso frecuente las tablas de alimentación ofrecidas por las diferentes empresas elaboradoras de alimento, las cuales, según la opinión de algunos autores (Cerdá, 2000), sobrestiman la cantidad de pienso a repartir. Además, la mayoría de las tablas actualmente disponibles, son modificaciones de las guías de alimentación desarrolladas originalmente para dietas semi-húmedas con contenidos de energía y concentración de nutrientes menores a las actuales (Cho y Boreau, 1997). Como ya es sabido, los animales alimentados con dietas bajas en energía requieren una ingestión de alimento mayor que aquellos alimentados con raciones energéticamente más altas (Cho *et al.*, 1985). Se considera que ambos aspectos, la confiabilidad de las tablas de alimentación y el tipo de alimento que se utilice, generan una problemática para el productor, quien los debe tener en cuenta a la hora de determinar la cantidad de alimento a suministrar. Por lo tanto, para alcanzar una tasa de alimentación óptima, el productor no solo dependerá de las tablas o modelos preexistentes como herramientas de aproximación, sino que además deberá conocer cuál es el crecimiento de los peces bajo las condiciones específicas de manejo de su criadero.

Justificación

El propósito de este trabajo es examinar el crecimiento y la eficiencia en la utilización del alimento de truchas cultivadas bajo condiciones intensivas en un criadero comercial. Utilizando distintos criterios de alimentación, se pretende evaluar cuál es la estrategia más conveniente de acuerdo con los diferentes objetivos de los criaderos, según se desee privilegiar una eficiente conversión del alimento, una elevada velocidad de crecimiento o lograr un balance entre ambos objetivos.

A partir de una mejor comprensión del crecimiento de distintos lotes de peces en engorde, se podrá describir el patrón de crecimiento bajo las condiciones de un criadero comercial, pudiendo predecir la ganancia de peso en el tiempo, determinar la biomasa en crecimiento en un momento dado y la cantidad de alimento que se debe entregar para un engorde eficiente.

Se considera que estos aspectos son esenciales y de gran utilidad para el planeamiento de la producción desde el punto vista gerencial y que no sólo son claves para elevar los índices físicos de la producción, sino que, debido a la gran incidencia de la alimentación en los costos de un criadero intensivo, son determinantes a la hora de plantear una acuicultura exitosa y rentable.

Objetivos

- Evaluar el crecimiento y la conversión alimentaria de un lote de truchas en engorde bajo condiciones intensivas de un criadero comercial para determinar la ración óptima a suministrar.
- Estudiar la evolución del Factor de Condición Corporal y su relación con la predicción del Peso Vivo a partir de la Longitud Total de las truchas bajo distintos criterios de alimentación.

Hipótesis

El Factor de Condición Corporal de los peces (K) se verá afectado según el tipo de alimentación. Así, el suministro de una ración de mantenimiento es de esperar se traduzca en una peor condición física de los peces. Sin embargo, una ración que genere un excedente energético para el crecimiento aportará suficiente energía como para que el incremento en peso por unidad de longitud sea mayor. De ésta manera, se puede decir que de acuerdo a la ración que se suministre la relación Longitud – Peso será diferente. El análisis de la evolución del K permitirá predecir el peso a partir de la longitud para distintas intensidades de alimentación.

A partir de conocimientos previos (Azevedo *et al*, 1997) se puede hipotetizar que las mejores conversiones alimentarias se presentarán con raciones de alimento que además de cubrir los requerimientos de mantenimiento aporten energía para el crecimiento. Sin embargo, cuando se suministre alimento “ad-libitum”, las tasas de crecimiento serán mayores aunque en detrimento de la conversión alimentaria. Por lo tanto, se espera que la ración óptima a suministrar sea superior a una ración de mantenimiento, pero a su vez inferior al nivel de saciedad donde la utilización del alimento es menos eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio y Métodos Generales

El trabajo experimental se realizó en la empresa Truchas Alicurá S.R.L., situada en el embalse Alicurá en la provincia de Neuquén (Figura 1).

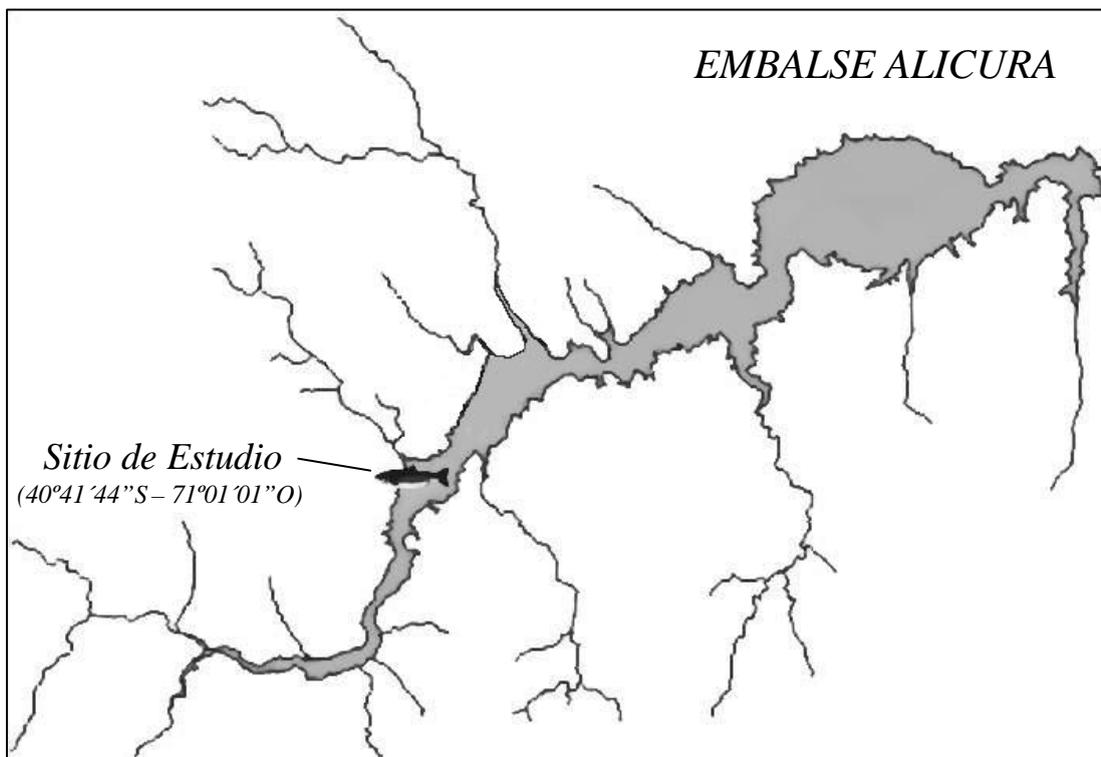


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en el embalse Alicurá.

Se comenzó con la clasificación y conteo de truchas jóvenes de 16 meses de edad, las mismas se tomaron de un lote de 45.000 individuos con alimentación restringida el cual se mantuvo ayunado día de por medio durante los cuatro meses previos al inicio del ensayo. Para la clasificación del lote se utilizó un equipo de selección mecánica y conteo electrónico por medio de un Bio-scanner de tres canales (BIOSCANNER, V - CHANNEL 1), clasificándolo por tamaño en tres sublotes: cabeza, núcleo y cola de bte. Una vez clasificado el lote y obtenido el núcleo central de 15.000 individuos, este último se dividió en tres grupos

experimentales homogéneos de 5000 individuos cada uno, los cuales se ubicaron en jaulas separadas. La dimensión de las jaulas utilizadas fue de 6 metros de largo, 3 metros de ancho y 3 metros de profundidad.

Para el armado de las jaulas se utilizaron mallas con un calibre de tejido de 9/16 pulgadas, previamente lavadas y desinfectadas con solución de yodo al 10% v/v. Las mismas se dejaron evolucionar durante el período experimental sin ser manipuladas. 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.

El suministro de alimento se llevó a cabo en forma manual y controlada, tratando de minimizar las pérdidas por deriva. La entrega se efectuó en dos raciones diarias: por la mañana entre las 08:00 y las 09:00 hs y por la tarde entre las 16:00 y las 17:00 hs. El alimento balanceado utilizado fue del tipo pellet 3mm para truchas, formulado y producido por la empresa GANAVE y cuya composición centesimal se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición centesimal del alimento balanceado utilizado

TIPO DE ALIMENTO	TRUCHAS 3mm (GANAVE)
RANGO DE PESO (gr)	60 – 150
COMPOSICIÓN NUTRITIVA	%
Proteína mineralizable	46.0
Extracto etéreo	17.0
Fibra cruda	2.0
Minerales totales	18.0
Humedad	10.0
Calcio	4.5
Fósforo	2.2
ENERGÍA METABOLIZABLE	2700 Kcal/kg M.S.

Para la evaluación del crecimiento en los distintos tratamientos se tomaron muestras de peces de diferentes lugares y profundidades de la jaula. Para su manipulación, los peces fueron anestesiados con una solución acuosa de Benzocaína (1:10000), disuelta previamente en alcohol etílico 96°. Una vez anestesiados, se registraron Longitud total y el Peso de cada pez. La longitud se midió utilizando un ictiómetro (+/-0.5mm), mientras que el Peso se midió con una balanza portátil (+/-1gr).

Las variables físico-químicas registradas fueron la temperatura media diaria del agua (TMD) y la concentración de oxígeno disuelto en el agua (OD), en mg/l, utilizando una sonda limnológica Lutron, DO-5510. Las mediciones fueron efectuadas a una profundidad constante de 1 metro y tres veces al día: 9hs, 12hs y 17hs. También se hicieron observaciones cualitativas de las condiciones ambientales tales como la nubosidad, vientos y oleaje en el momento de la medición.

Criterios Experimentales

Criterios utilizados para determinar la ración a suministrar en cada uno de los tratamientos:

- Ración de Mantenimiento

El suministro de una ración de mantenimiento se utilizó con el propósito de que el alimento cubra los requerimientos metabólicos de la trucha sin que cambie significativamente su peso.

Para determinarla se tomó como base el modelo de crecimiento de Haskell (1959), que tiene como finalidad la deducción de la tasa de alimentación (TA). El modelo posee una serie de supuestos que se basan en la teoría de la unidad de temperatura:

1- El crecimiento normal de las truchas, bajo condiciones de temperatura constante y adecuado suministro de alimento, es tal que la tasa de incremento en longitud es constante, excepto durante los periodos en los cuales el metabolismo es alterado por factores tales como enfermedades, maduración sexual, etc.

2- Para cada especie o raza, bajo condiciones normales de crianza, puede ser predecible una tasa de crecimiento definida para cualquier temperatura del rango óptimo de la especie.

3- La trucha, a una determinada temperatura, permanece constante en su forma corporal por al menos 18 meses y aumenta en longitud a una tasa constante.

De la tercera suposición de Haskell se desprende el concepto de relación longitud-peso. Al respecto, muchos estudios se han realizado relacionando la longitud con el peso de los peces. Así, uno de los primeros investigadores que describió matemáticamente la relación largo – peso fue Le Cren (1951), indicando que dicha relación obedecía a una función potencial:

$$\text{PESO} = a \cdot \text{LONGITUD}^b \quad (1)$$

En general, se ha observado que valores de **b** menores a 3 representan peces que empeoran su condición corporal a medida que aumenta su longitud, en tanto que valores mayores a 3 la mejoran (Murphy y Willis, 1996). A partir de la fórmula (1) considerando un $b = 3$ y despejando “**a**”, se obtiene el Factor de Condición Corporal de “Fulton” (K). El mismo tiene como utilidad relacionar la longitud (cm) de un pez con su peso (gr) y viceversa, ya que permite conocer a uno sobre la base de la medida del otro, vinculando el peso con el cubo de la longitud.

$$(K = P / L^3) \quad (2)$$

Entre dos peces de igual longitud, el mejor alimentado tendrá un valor de K mayor, o sea que se encontrará en mejores condiciones físicas.

El modelo de Haskell (1959) para la determinación de la tasa de alimentación de truchas es el siguiente:

$$TA = (\Delta L \cdot 300 \cdot FCA) / L \quad (3)$$

Siendo, TA: Tasa de alimentación (en % del peso corporal / día), ΔL : Incremento diario de longitud, 300: Constante de Haskell, FCA: Factor de conversión del alimento y L: Longitud.

Se define el Factor de Conversión del Alimento (FCA) como el cociente entre la cantidad de alimento entregado (en peso) y la ganancia en peso vivo.

Según Westers (1995), el factor más importante que afecta el crecimiento de los peces es la temperatura del agua. A mayor temperatura del agua corresponde una mayor tasa metabólica que implica una mayor ingestión de alimento. En el rango óptimo de temperatura, que para trucha arco iris se encuentra entre 15 y 18 °C (Sedgwick, 1985), los peces utilizan más eficientemente el alimento, coincidiendo con las mejores tasas de conversión del mismo.

Por otro lado, las tasas de crecimiento pueden ser expresadas en términos de unidades de temperatura. El CUT (Crecimiento por Unidad Térmica) es el aumento en longitud por cada unidad de temperatura, es decir, por ejemplo, por cada grado centígrado. El CUT se estima por la siguiente fórmula:

$$CUT = (L_f - L_i) / (TMD \cdot t) \quad (4)$$

Donde L_f : Longitud final, L_i : Longitud inicial, TMD: Temperatura media diaria del agua y t: Período en días desde L_i a L_f .

El producto CUT x FCA es un valor relativamente constante (Westers, 1995). Si el alimento es ineficiente, el FCA es alto y el CUT es bajo. Mientras que lo opuesto es de desear,

un alimento eficiente implica un FCA bajo y un CUT alto. Esto lo demuestra Westers (1995) cuando compara peces con tres conversiones diferentes de alimento e igual cantidad de alimento consumido. Se observó que siempre que el peso se duplica, la conversión se reduce a la mitad y la longitud se incrementa el doble. Por lo tanto, el producto $CUT \times FCA$ puede ser considerado una constante. De esta manera, $300 \times CUT \times FCA$ es también una constante.

Partiendo de la fórmula de Haskell: $TA = (\Delta L \times 300 \times FCA) / L$; ΔL puede ser sustituido por el valor de CUT multiplicado por la temperatura media diaria y el tiempo t (equivalente a 1, ya que se calcula la tasa de alimentación diaria); entonces queda:

$$TA = TMD \cdot (300 \cdot CUT \cdot FCA) / L \quad (5)$$

El CUT de la trucha arco iris es de aproximadamente $0.00667 \text{ cm} / ^\circ\text{C} / \text{día}$, para peces con $K = 0.010$ y un $FCA = 1$. La constante resultante es: $300 \times 0.00667 \times 1 = 2.001$ y la fórmula de alimentación queda reducida a:

$$TA = 2 \cdot TMD / L \quad (\text{para peces con } K = 0.010) \quad (6)$$

Para ajustar la fórmula a otros valores de K , la longitud debe ser multiplicada por $K / 0.01$ ó por 100 veces K . Obteniéndose finalmente así la siguiente fórmula:

$$TA = 2 \cdot TMD / 100 \cdot K \cdot L \quad (7)$$

Para la determinación de la ración de mantenimiento se utilizó directamente la fórmula (7). El Factor de Condición y la Longitud de los peces fueron modificados paulatinamente con cada muestreo de los animales, mientras que la temperatura se actualizó diariamente.

- Ración de Crecimiento

El concepto utilizado para determinar la ración de crecimiento es el mismo que para la ración de mantenimiento, es decir, también se efectúa el cálculo con la fórmula (7). Sin embargo, dicha fórmula se afectó por una constante de crecimiento (C) que indica la

proporción de la energía que se canaliza a crecimiento (Fórmula 8). La diferencia entre ambos tratamientos radica en el tipo de necesidades metabólicas que se satisfacen con el alimento consumido. Mientras que en el tratamiento con ración de mantenimiento se busca que la trucha no cambie significativamente de peso; cuando se ofrece la ración de crecimiento se genera un excedente de energía que es destinado a crecimiento. Este excedente energético también llamado “Energía Retenida” corresponde aproximadamente al 30% de la energía bruta ingerida en los salmónidos (Luquet, 1982 y Kaushik & Médale, 1994).

A continuación se muestra la fórmula utilizada para determinar la ración de crecimiento:

$$TA = (2 . TMD / 100 . K . L) / (1 - C) \quad (8)$$

Si los peces estudiados hubieran estado en la etapa de madurez sexual, parte de la energía se habría canalizado al desarrollo de las gónadas. Sin embargo, este aspecto no se tuvo en cuenta en este trabajo ya que sólo se evaluaron truchas jóvenes (preadultos).

- Alimentación a Saciedad

El suministro del alimento ad-libitum se llevó a cabo en dos entregas diarias (por la mañana entre las 08:00 y las 09:00 hs y por la tarde entre las 16:00 y las 17:00 hs) de manera controlada y evitando al máximo posible las pérdidas por deriva. Mediante observación visual del comportamiento alimentario de los peces, se determinó el momento en el cual se cortó el suministro.

Poca actividad en superficie, natación profunda y en cardumen, una baja actividad depredadora 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 cortaba el suministro de alimento.

Diseño Experimental

Para evaluar experimentalmente el crecimiento de los peces se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA). El mismo consistió en dividir aleatoriamente tres grupos experimentales homogéneos, de 5.000 individuos cada uno, provenientes del núcleo previamente clasificado por tamaño de un lote de 45.000 individuos. A cada grupo se le asignó en forma aleatoria una jaula y un tratamiento, a los que se les aplicaron distintas raciones de alimento: “Alimentación ad-libitum”, “Ración de crecimiento” y “Ración de mantenimiento”.

Durante las cuatro semanas que duró la experiencia se llevaron a cabo nueve muestreos con reposición, capturando 100 individuos cada vez en forma aleatoria a distintas profundidades. Una vez anestesiados, se midió el peso vivo y el largo total individual.

También se registró la mortalidad diaria, recolectando y contando los peces muertos encontrados sobre la superficie del agua. Una vez que se efectuó el último muestreo se levantaron las mallas de las jaulas, lo cual permitió contabilizar la mortalidad total.

Se debe destacar que, debido a la falta de infraestructura disponible para el ensayo dado el elevado número de animales experimentales (15.000), el diseño experimental se llevó a cabo sin réplicas. Sin embargo, la ausencia de las mismas fue parcialmente compensada por un tamaño muestral grande ($n = 100$).

Los parámetros biológicos calculados fueron: Tasa específica de crecimiento (SGR), Factor de conversión del alimento (FCA), Factor de condición corporal “*Fulton*” (K) y Coeficiente de variación (CV).

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

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

$$\text{K} = \text{peso individual} / (\text{longitud total})^3$$

$$\text{CV} = (\text{desviación estándar} / \text{media}) \cdot 100$$

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el ensayo y los parámetros biológicos calculados se realizó con el paquete estadístico NCSS. Para la confrontación de los resultados y verificación de diferencias entre los tratamientos en longitud total, peso corporal, factor de condición corporal al inicio y al final del ensayo y entre los parámetros biológicos calculados, se utilizó la prueba “*t*” de Student para medias de muestras independientes. Los resultados se presentan como la media y su intervalo de confianza al 95% (IC), y se tomaron como diferencias significativas aquellas que poseían un valor de probabilidad $P < 0.05$, aunque se resaltan valores de P entre 0.05 y 0.1. Para las regresiones, se presenta la función a la que se ajustan los resultados, con su coeficiente de determinación (R^2), probabilidad (P) y tamaño muestral (n). En la Tabla 2, se resumen las características generales de los tratamientos:

Tabla 2. Características de los tratamientos

VARIABLE	TRATAMIENTO		
	Alimentación "ad-libitum"	Ración de Crecimiento	Ración de Mantenimiento
Denominación	J1	J2	J3
Dimensiones de jaulas (mts)	6 x 3 x 3	6 x 3 x 3	6 x 3 x 3
Volumen (m ³)	50	50	50
Nº inicial de individuos	5000	5000	5000
Tamaño de muestra	100	100	100
Nº de muestreos	9	9	9
Frecuencia de alimentación (veces por día)	2	2	2
Ración Diaria ¹ (% del peso corporal)	4.4	2.2	1.6

¹Los valores de Ración Diaria corresponden al promedio de cada tratamiento a lo largo de todo el ensayo. Para el tratamiento J1 la cantidad de alimento entregada fue determinada por el comportamiento alimentario de los peces (hasta saciedad), mientras que la ración diaria promedio suministrada a J2 y J3 fue calculada según el modelo de alimentación propuesto sobre la base de los parámetros medidos durante el ensayo (TMD, peso corporal y la longitud total promedio de los peces).

RESULTADOS

Crecimiento

En la Figura 2 se muestra la evolución de la longitud total de las truchas bajo diferentes regímenes de alimentación. Por medio de la prueba “*t*” de Student se comparó la longitud inicial (*Li*) de los distintos tratamientos. Las medias *Li* de los tres tratamientos fueron muy similares (18.6 – 18.9 cm), no existiendo diferencias significativas entre ellas: J1 vs. J2 ($t_{(198)} = 1.14$, $P = 0.13$); J1 vs. J3 ($t_{(198)} = 1.14$, $P = 0.13$) y J2 vs. J3 ($t_{(198)} = 0.15$, $P = 0.44$). Al finalizar el ensayo, la longitud final media (*Lf*) fue significativamente diferente según el tratamiento aplicado. La media más elevada correspondió a J1 (22.4 cm), seguido por J2 (21.2 cm) y J3 (20.3 cm). La prueba “*t*” arrojó los siguientes resultados: J1 vs. J2 ($T_{(198)} = 4.51$, $P < 0.0001$); J1 vs. J3 ($T_{(198)} = 8.59$, $P < 0.000001$) y J2 vs. J3 ($T_{(198)} = 4.09$, $P < 0.0001$).

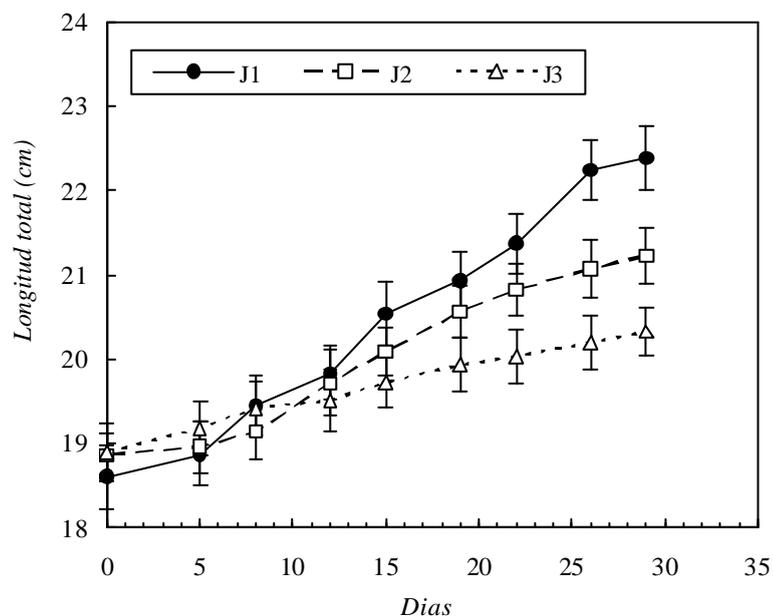


Figura 2. Evolución de la Longitud total de las truchas sometidas a diferentes regímenes alimentarios durante 4 semanas. (J1: “Alimentación ad-libitum”, J2: “Ración de crecimiento” y J3: “Ración de mantenimiento”). Las barras verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

También se muestra el peso corporal medio inicial (Pi) y final (Pf) correspondiente a cada uno de los tratamientos (Figura 3). Las medias de Pi resultaron significativamente diferentes, si bien no es lo que se esperaba al clasificar el lote inicial de truchas. El Pi de J1 fue el más bajo y el Pi de J3 el más alto. No obstante ello, antes de los cinco días de comenzado el ensayo las curvas de peso corporal se cruzaron (Figura 3). El Pi de J1 (62.2 gr) no difirió significativamente ($T_{(198)} = 1.40$, $P = 0.08$) del J2 (65.4 gr). Sin embargo, sí se observaron diferencias significativas ($T_{(198)} = 4.00$, $P < 0.0001$) entre J1 y J3 (72.3 gr.) y entre J2 y J3 ($T_{(198)} = 3.16$, $P < 0.001$). Al final del ensayo, el Pf más elevado correspondió a J1 (153.9 gr), seguido por J2 (110.5 gr) y J3 (75.1 gr), según lo esperado. Es importante resaltar que éste último valor no difirió significativamente del Pi correspondiente al mismo tratamiento ($T_{(198)} = 1.08$, $P = 0.14$). La confrontación de los Pf obtenidos por medio de la prueba “*t*” mostró los siguientes resultados: J1 vs. J2 ($T_{(198)} = 8.76$, $P < 0.000001$); J1 vs. J3 ($T_{(198)} = 17.29$, $P < 0.000001$) y J2 vs. J3 ($T_{(198)} = 10.51$, $P < 0.000001$), todos estadísticamente diferentes al nivel de significancia del 0.05.

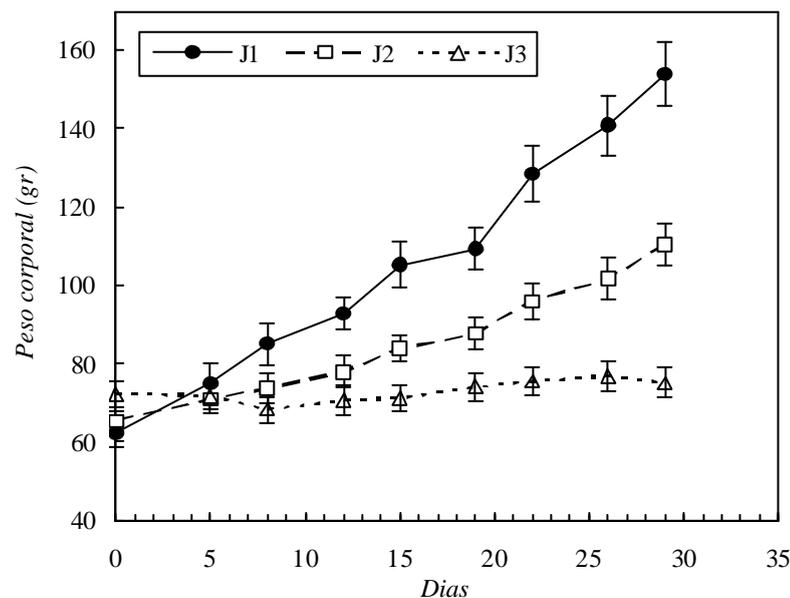


Figura 3. Evolución del Peso corporal de las truchas sometidas a diferentes regímenes alimentarios durante 4 semanas. (J1: “Alimentación ad-libitum”, J2: “Ración de crecimiento” y J3: “Ración de mantenimiento”). Las barras verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

Condición Corporal

A partir de los resultados obtenidos en longitud y peso corporal se construyeron tres curvas que presentan la evolución del factor de condición corporal, correspondiente a cada tratamiento, durante un período de cuatro semanas (Figura 4). Una vez calculado el factor de condición inicial (K_i) de cada grupo experimental, mediante la prueba “ t ”, se observaron diferencias significativas entre el K_i de J1 y J3 ($T_{(198)} = 6.00, P < 0.0001$) y entre el K_i de J2 y J3 ($T_{(198)} = 4.78, P < 0.0001$). Sin embargo, no se observaron diferencias entre J1 y J2 ($T_{(198)} = 1.30, P = 0.10$). Se puede observar que, a pesar de que J3 comenzó con K_i mayor que el resto de los grupos experimentales, rápidamente disminuyó su K mostrando una tendencia decreciente durante el transcurso del ensayo. Sin embargo, y como era de esperar, luego de las cuatro semanas de tratamiento, los grupos experimentales difirieron significativamente en su factor de condición corporal final (K_f). J1 tuvo el mayor K , seguido por J2 ($T_{(198)} = 13.81, P < 0.000001$) y J3 ($T_{(198)} = 29.31, P < 0.000001$). Por cierto, J2 también difirió significativamente de J3 ($T_{(198)} = 18.13, P < 0.000001$).

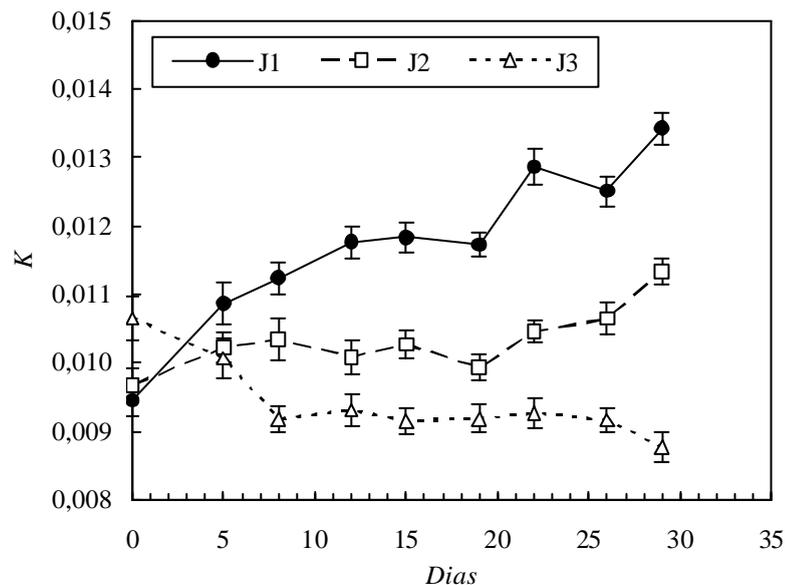


Figura 4. Evolución del Factor de condición corporal “Fulton”(K) de las truchas sometidas diferentes regímenes alimentarios durante 4 semanas. (J1: “Alimentación ad-libitum”, J2: “Ración de crecimiento” y J3: “Ración de mantenimiento”). Las barras verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

En la Tabla 3, a continuación, se resumen los resultados obtenidos de crecimiento y condición corporal:

Tabla 3. Longitud total, Peso corporal y Factor de condición corporal (K) iniciales y finales de truchas sometidas a tres regímenes de alimentación diferentes por un periodo de cuatro semanas. J1, J2 y J3 corresponden a “Alimentación ad-libitum”, “Ración de crecimiento” y “Ración de mantenimiento”, respectivamente. DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación y n: N° de observaciones.

Variable	Tratamiento	Media ¹	Rango de Variación (Min - Max)	DE	CV (%)	n
Longitud Inicial (cm)	J1	18.6 ^a	(14.4 - 23)	1.9	10.1	100
	J2	18.9 ^a	(15.4 - 21.7)	1.3	6.7	100
	J3	18.9 ^a	(14.5 - 23.1)	1.7	9.1	100
Longitud Final (cm)	J1	22.4 ^a	(17.1 - 26.5)	1.9	8.6	100
	J2	21.2 ^b	(17.8 - 25.3)	1.7	7.9	100
	J3	20.3 ^c	(17.8 - 23.6)	1.4	7	100
Peso Inicial (gr)	J1	62.2 ^b	(31 - 105)	18.3	29.4	100
	J2	65.4 ^b	(35 - 95)	13.3	20.3	100
	J3	72.3 ^a	(34 - 115)	17.2	23.8	100
Peso Final (gr)	J1	153.9 ^a	(73 - 254)	41.2	26.8	100
	J2	110.5 ^b	(50 - 182)	27.4	24.8	100
	J3	75.1 ^c	(30 - 135)	19.5	25.9	100
Factor "K" Inicial	J1	0.0095 ^b	(0.0070 - 0.0131)	0.0011	12.1	100
	J2	0.0097 ^b	(0.0069 - 0.0124)	0.0012	12.7	100
	J3	0.0107 ^a	(0.0071 - 0.0168)	0.0016	15.4	100
Factor "K" Final	J1	0.0134 ^a	(0.0103 - 0.0199)	0.0012	8.9	100
	J2	0.0113 ^b	(0.0086 - 0.0138)	0.0009	8.3	100
	J3	0.0088 ^c	(0.0050 - 0.0109)	0.0010	12	100

¹ Medias con diferente superíndice indican que son estadísticamente diferentes al nivel de significancia del 0.05.

En la Tabla 3 se muestran los valores mínimos y máximos registrados al inicio y al final de la aplicación de los tratamientos. Comparando la longitud mínima (Lmin) inicial con la final, se observa que los Lmin registrados en los tres grupos al final del ensayo fueron

similares entre sí y mayores que los L_{min} iniciales. Sin embargo, la longitud máxima (L_{max}) final registrada difirió según el tratamiento aplicado. En J1 se observó la L_{max} más elevada, seguida por J2 y J3. Los pesos mínimos (P_{min}) y máximos (P_{max}) registrados al final del ensayo indican que no sólo los P_{max} difirieron según el tratamiento aplicado ($J1 > J2 > J3$), sino que los P_{min} encontrados también difirieron según el tratamiento ($J1 > J2 > J3$). Además, se puede observar que para J3 el P_{min} no difirió al inicio y al final del ensayo. Al igual que para P_{min} y P_{max} , los factores de condición corporal mínimos (K_{min}) y máximos (K_{max}) resultantes tuvieron la misma relación entre ellos que los pesos según los tratamientos aplicados. Esto es, tanto los K_{min} como los K_{max} registrados al final del ensayo tuvieron la relación $J1 > J2 > J3$.

Las desviaciones estándar (DE) que se muestran en la Tabla 3 indican que la dispersión de la muestra correspondiente a la longitud media inicial no difiere sustancialmente de la longitud media final: J1 (1.9 – 1.9), J2 (1.3 – 1.7) y J3 (1.7 – 1.4). Sin embargo, al comparar las DE correspondientes al peso corporal medio inicial y final, si se observa una marcada diferencia de acuerdo al tratamiento que se aplicó. El tratamiento J1 mostró al final una mayor dispersión de tallas (18.3 – 41.2), seguido por J2 (13.3 – 27.4), mientras que las dispersiones inicial y final de J3 fueron similares (17.2 – 19.5). En la Figura AII.1, se muestra detalladamente la longitud y el peso corporal medios de cada muestreo con su correspondiente DE.

Los coeficientes de variación (CV%) indicados en la Tabla 3 corresponden a una medida de dispersión relativa a la media. En contraposición con los cambios de las DE inicial y final según el tratamiento aplicado, no se observaron diferencias sustanciales antes y después de aplicar los tratamientos.

A partir de los datos obtenidos en el ensayo, se realizó un análisis de regresión en el cual se relacionó la longitud con el peso corporal de las truchas, obteniéndose tres funciones potenciales diferentes según el régimen alimentario al que fueron sometidas (Figura 5). La función obtenida para J1 correspondió a la de mayor pendiente ($P = a \cdot L^{3.44}$, $R^2 = 0.89$; $P < 0.0001$, $n = 900$), seguida por J2 ($P = a \cdot L^{2.99}$, $R^2 = 0.82$, $P < 0.0001$, $n = 900$) y J3 con la menor pendiente ($P = a \cdot L^{2.65}$, $R^2 = 0.74$; $P < 0.0001$, $n = 900$). Los datos con los que se construyó cada curva provienen de los nueve muestreos efectuados en el transcurso del ensayo.

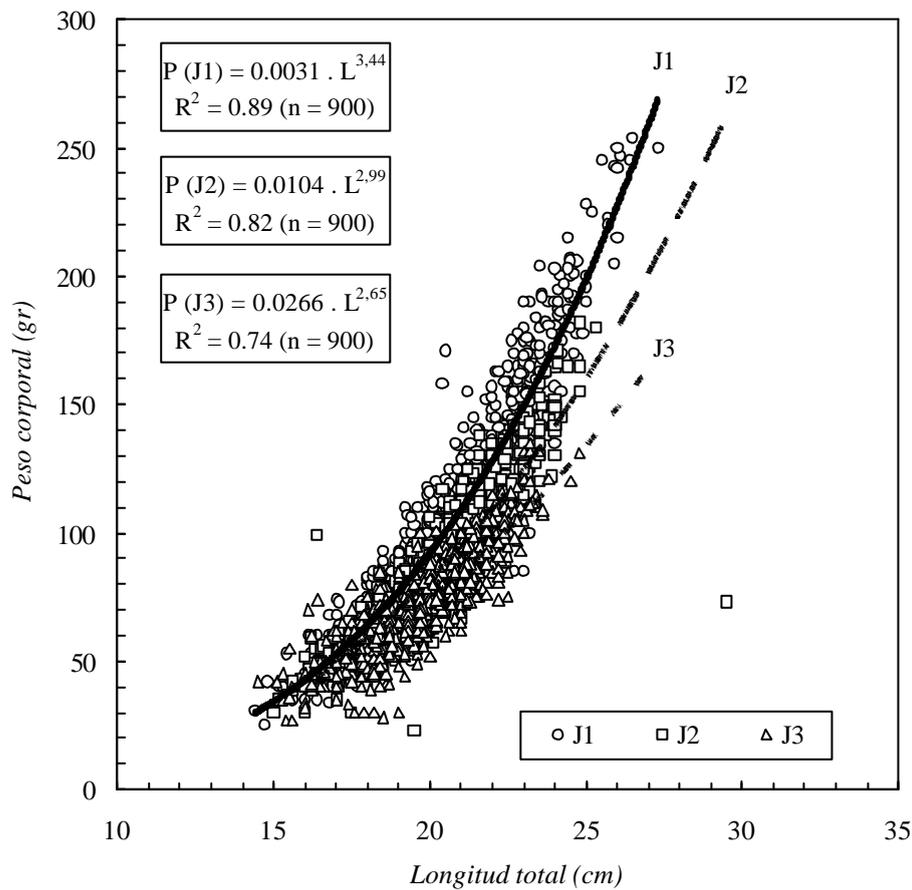


Figura 5. Relación entre el Peso corporal (P) y la Longitud total (L) de truchas en función del régimen de alimentación. Los cuadrantes situados arriba y a la izquierda de la figura indican la función correspondiente a cada tratamiento con su coeficiente de determinación (R^2) y el número de truchas registradas (n).

Sobre la base de los resultados obtenidos y teniendo en cuenta las funciones de regresión desarrolladas (Figura 5), se observó que, de acuerdo al régimen alimentario de las truchas, la condición corporal fue diferente. Como era de esperar, a mayor tasa de alimentación las truchas tuvieron un mayor crecimiento, especialmente en peso. De esta manera, se puede observar que la relación longitud – peso corporal se vió afectada por la tasa alimentaria.

Con la finalidad de predecir el peso corporal promedio de un lote de truchas a partir de su longitud, se elaboró una tabla de doble entrada donde se ingresa con la longitud total media del lote y la ración que se está suministrando a dicho lote. Una vez relacionadas dichas variables, se observa directamente el peso corporal promedio esperado de las truchas (Tabla AI.1).

La Tabla AI.1 se elaboró a partir de las funciones de regresión desarrolladas en la Figura 5. Para ello, se relacionó la longitud total de las truchas con la ración media diaria utilizada para cada uno de los tratamientos (J1, J2 y J3), obteniendo el peso corporal esperado (PCe). El PCe de las truchas sometidas a un valor de ración diaria intermedio entre J1, J2 y J3, se obtuvo por extrapolación. Es decir, los pesos corporales esperados que se muestran en la Tabla AI.1 corresponden a valores intermedios situados entre las tres funciones de regresión mostradas en la Figura 5.

Oferta de Alimento

La cantidad total de alimento suministrado al grupo experimental J1 fue de 566.4 kg, mientras que J2 y J3 recibieron 245.1 y 159.6 kg, respectivamente. La oferta media diaria de alimento como % del peso corporal correspondió a 4.41% para J1, 2.19% para J2 y 1.58% para J3. En la Figura 6 se muestra la oferta diaria de alimento durante el transcurso del ensayo, se puede observar que J1 mostró un comportamiento alimentario oscilante mostrando variaciones de 1 a 3 % de un día para otro. Las raciones diarias de J2 y J3 determinadas por las ecuaciones (8) y (7) respectivamente, se mantuvieron relativamente constantes.

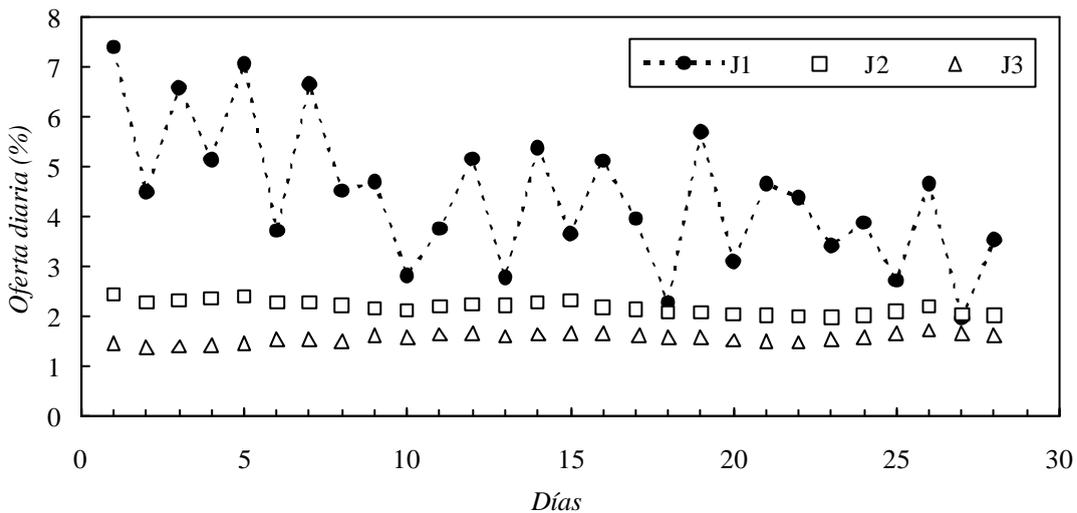


Figura 6. Oferta diaria de alimento, expresada como % del peso corporal de las truchas, por tratamiento.

Los tres grupos de truchas (J1, J2 y J3) comenzaron con una biomasa inicial de 311.0, 327.0 y 361.5 kg respectivamente. Finalizados los tratamientos, J1 mostró el mayor incremento en biomasa (451.1 kg), seguido por J2 (221.0 kg), mientras que J3 prácticamente no tuvo un aumento sustancial de biomasa (8.5 kg).

La carga inicial fue similar para los tres grupos (J1: 6.2 kg / m³, J2: 6.5 kg / m³ y J3: 7.2 kg / m³). Como era de esperar, al final del ensayo, J1 tuvo la carga más elevada (15.2 kg / m³), seguido por J2 con 11.0 kg / m³. La carga final correspondiente a J3 fue similar a la carga inicial (7.4 kg / m³).

En la Tabla 4, a continuación, se muestran la oferta de alimento, los parámetros globales de crecimiento y los valores de mortalidad expresados como % respecto del número inicial de truchas (5000) para cada grupo experimental:

Tabla 4. Alimento suministrado, parámetros globales de crecimiento y mortalidad de los distintos grupos experimentales

VARIABLE	TRATAMIENTO		
	J1	J2	J3
Alimento Entregado (kg)	566.4	245.1	159.6
Biomasa Inicial (kg)	311.0	327.0	361.5
Biomasa Final (kg)	762.1	548.0	370.0
Incremento (kg)	451.1	221.0	8.5
Carga Inicial (kg/m ³)	6.2	6.5	7.2
Carga Final (kg/m ³)	15.2	11.0	7.4
Nº Peces Inicial	5000	5000	5000
Nº Peces Final	4952	4959	4927
Mortalidad (%)	1.0	0.8	1.5

La relación entre la tasa específica de crecimiento (SGR) y la ración diaria (R) expresada como % del peso corporal fue curvilínea (Figura 7). La función ajustada mediante un modelo de regresión logarítmico fue:

$$SGR = 2.82 \cdot \ln(R) - 0.77 \quad (F = 47.5, P < 0.0001)$$

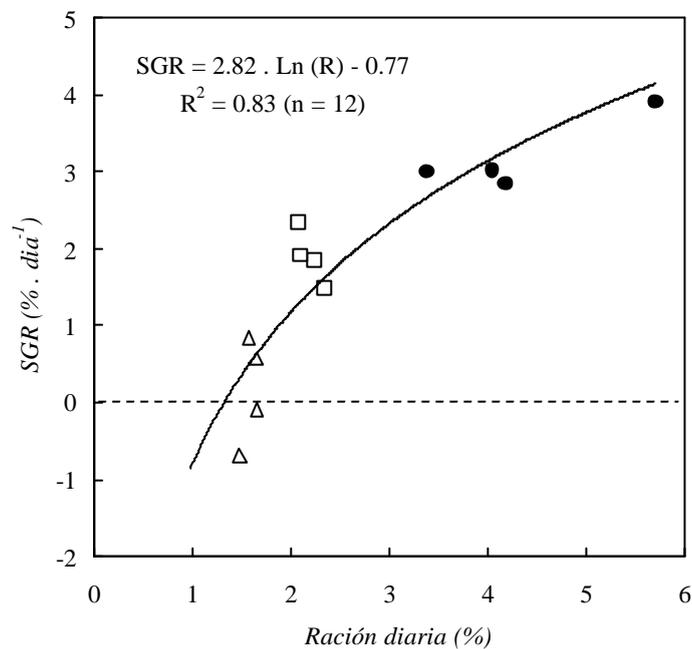


Figura 7. Relación entre la tasa específica de crecimiento (SGR), expresada como % del peso corporal por día, y la ración diaria de alimento (R), expresada como % del peso corporal. Cada punto representa el valor medio semanal. ●= J1, □= J2 y △= J3.

Conversión del Alimento

La relación entre el factor de conversión alimentaria (FCA) y el SGR mostró una relación parabólica, con un SGR óptimo entre 2 y 3 % (Figura 8). La función polinomial obtenida como modelo de regresión fue:

$$FCA = (0.35 \cdot SGR^2) - (1.83 \cdot SGR) + 3.48 \quad (F = 16.1, P < 0.005).$$

Los datos utilizados en la Figura 8 corresponden a cuatro valores semanales de FCA para cada uno de los grupos experimentales. Es importante destacar que solo se presentaron los valores positivos correspondientes a J3, ya que durante el transcurso del ensayo las truchas bajo tratamiento de mantenimiento tuvieron pequeñas pérdidas de peso. Presentando, por lo tanto, valores de SGR negativos.

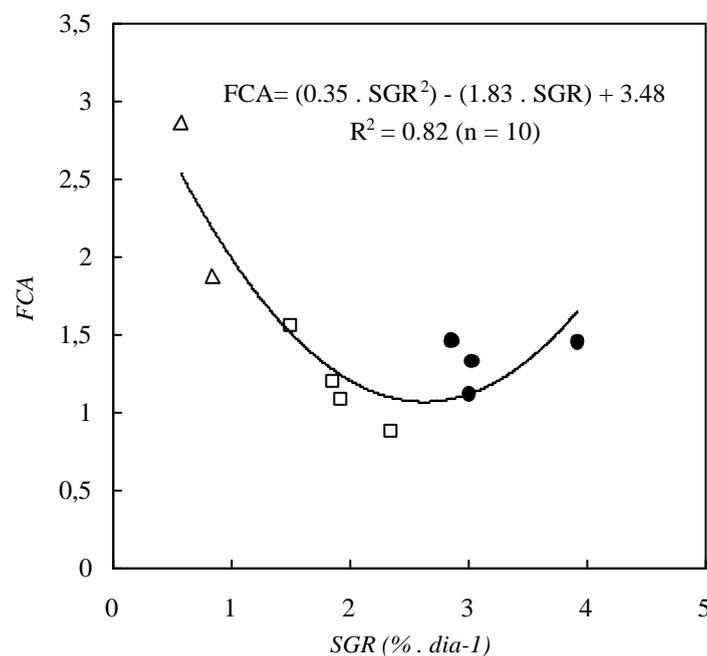


Figura 8. Relación entre el Factor de Conversión Alimentaria (FCA) y la tasa específica de crecimiento (SGR) de las truchas bajo distintos regímenes alimentarios. ●= J1, □= J2 y Δ= J3.

En la Tabla 5 se muestran los valores globales de oferta media diaria, SGR y FCA, correspondientes a cada uno de los tratamientos. Con una oferta diaria de alimento de 4.41%, 2.19% y 1.58% para J1, J2 y J3 respectivamente, el grupo J1 experimentó la mayor tasa de crecimiento diaria (3.35%), seguido por J2 (1.94%) y J3 (0.07%). Los tres grupos experimentales difirieron significativamente en su SGR: J1 vs. J2 ($T_{(14)} = 2.39$, $P < 0.05$); J1 vs. J3 ($T_{(14)} = 5.33$, $P < 0.0001$) y J2 vs. J3 ($T_{(14)} = 4.55$, $P < 0.0005$).

Sin embargo, el FCA global no difirió significativamente ($T_{(6)} = 0.99$, $P = 0.18$) entre los grupos J1 y J2, con medias de 1.32 y 1.13, respectivamente. Es importante destacar que no se evaluó el FCA de J3, ya que al haber experimentado pequeñas pérdidas y ganancias de peso durante el transcurso del ensayo se obtuvieron valores de FCA negativos o extremadamente elevados no comparables con el resto de los tratamientos.

Tabla 5. Oferta media diaria, tasa específica de crecimiento (SGR), y factor de conversión (FCA) de truchas bajo tres regímenes de alimentación diferentes por un período de cuatro semanas. J1, J2 y J3 corresponden a “Alimentación ad-libitum”, “Ración de crecimiento” y “Ración de mantenimiento”, respectivamente. Los resultados se muestran como la media de cada tratamiento y su desviación estándar (DE). n: N° de observaciones.

Variable	Tratamiento	Media ¹	DE	n
Oferta media diaria (% del peso corporal)	J1	4,41	1.41	28
	J2	2,19	0.13	28
	J3	1,58	0.09	28
SGR	J1	3,35 ^a	1.50	8
	J2	1,94 ^b	0.74	8
	J3	0,07 ^c	0.89	8
FCA	J1	1,32 ^a	0.16	4
	J2	1,13 ^a	0.28	4
	J3	-	-	-

¹ Medias con diferente superíndice indican que son estadísticamente diferentes al nivel de significancia del 0.05.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Predicción del Peso Corporal

En los criaderos comerciales, se hacen muestreos periódicos con la finalidad de estimar la biomasa de cada lote, calcular alimentación a suministrar y eficiencia de conversión, clasificar por tallas, y determinar el momento de cosecha. Para la estimación de estos parámetros se suele tomar una muestra aleatoria de truchas correspondientes a un determinado lote y se las pesa con una balanza en la balsa-jaula suspendida en el cuerpo de agua. Esta técnica suele ser muy trabajosa, en especial los días con fuertes vientos y oleaje, ya que es bastante dificultoso calibrar la balanza en constante movimiento. A su vez, pesar un número importante de peces bajo esas condiciones suele consumir bastante tiempo.

En este trabajo se propone, medir la longitud de los peces en los muestreos, utilizando un ictiómetro como única herramienta, obteniendo así la longitud total individual promedio del lote. Con ésta longitud media y la tasa de alimentación que se está utilizando en dicho lote, se ingresa en la Tabla AI.1, obteniendo así el peso corporal promedio esperado del lote.

Es importante destacar que al introducir la variable “Ración Diaria” en la predicción del peso corporal, aumenta la precisión de la estimación. Esto se debe a que de acuerdo a la ración que se utilice la condición corporal es diferente, y por lo tanto, también lo será la relación Longitud – Peso corporal de las truchas. Así, al contemplar el efecto de la ración sobre la condición corporal de las truchas en cultivo, los valores de peso corporal esperados son mas precisos que si simplemente se utilizara el factor de condición corporal medio de la especie ($K = 0.010$).

Por otro lado, cuando se clasifican los lotes, ya sea durante las distintas etapas de producción o para su cosecha final, el criterio de estimación del peso corporal a partir de la longitud de acuerdo a la tasa de alimentación utilizada sería el mismo. Durante las

clasificaciones periódicas lo más usual es utilizar un clasificador manual de dos brazos tipo “T”. En este tipo de clasificación, el operario toma una muestra de un peso corporal determinado y en la medida que van llegando las truchas a la mesa de clasificación las compara en longitud con la muestra y las destina a distintas jaulas. Con la utilización de la tabla propuesta, simplemente teniendo en cuenta la ración suministrada y el peso corporal que desea separar del lote heterogéneo puede determinar la longitud de la muestra a utilizar como patrón en la clasificación.

En el caso de tener que clasificar un lote para cosecha, se utilizaría el mismo criterio de acuerdo con la talla que demande el cliente. Si el cliente exige un producto con un determinado peso corporal, el operario, sólo con saber la ración diaria que se está suministrando al lote, puede determinar la longitud del pez muestra a utilizar. O bien, si el cliente exige un producto que se encuentre dentro de un determinado rango de peso, utilizando la Tabla AI.1, se hace la conversión del peso corporal superior e inferior deseado a longitud. Luego, los valores de longitud obtenidos con la Tabla propuesta son marcados en el ictiómetro o regla de medición que utilizará el operario durante la clasificación. Dichas marcas de referencia corresponderán al extremo superior e inferior del rango de longitud dentro del cual deberán estar las truchas listas para cosechar.

Teniendo en cuenta las posibilidades que brinda una Tabla de conversión de longitud a peso corporal y de peso corporal a longitud de acuerdo a la ración diaria suministrada, se pretende que dicha Tabla sea directamente aplicable en los muestreos y clasificaciones periódicas de lotes en engorde realizados en los criaderos comerciales. Su utilización no sólo generaría un ahorro de tiempo, sino que, al estar utilizando como variable adicional el nivel de alimentación, la estimación del peso corporal y de todos los parámetros que se calculan a partir de éste tendrían una mayor precisión.

Ración Óptima

De acuerdo con la relación obtenida entre el crecimiento específico y la ración diaria (Figura 7), se puede observar que, a medida que aumenta la ración diaria, el incremento de la tasa específica de crecimiento por unidad de ración suministrada es cada vez menor (disminuye la pendiente). La función obtenida para las condiciones locales donde se realizó el estudio fue similar a la obtenida por otros autores (Brett y Groves, 1979; Bryant y Matty, 1981; Wendall, 2004). Cuando la curva es interceptada a la altura de una tasa específica de crecimiento igual a cero, el valor sobre el eje X indicaría la ración de mantenimiento a suministrar (1.3 %). Por lo tanto, para mantener a un lote de truchas con un determinado peso corporal, la ración diaria que se debe entregar correspondería a un valor cercano a 1.3% del peso corporal. Se debe tener en cuenta que el anterior es un valor aproximado y solo tendría utilidad en la época estival, ya que el estudio se llevó a cabo cuando la temperatura del agua se encontraba dentro del rango óptimo para la especie (14 – 16 °C).

Cuando se toma la decisión de alimentar un lote de truchas a mantenimiento o, dicho de otra manera, cuando se decide “frenar” un lote, hay que tener en cuenta que no se lo debería hacer por un período prolongado. Este aspecto se encuentra bien representado en la Figura 4, en donde una dieta de mantenimiento genera una constante pérdida de condición corporal. Es decir, a pesar de que el peso corporal individual medio de las truchas se mantiene constante cuando se suministra una dieta de mantenimiento (Figura 3), la longitud total individual media aumenta (Figura 2), generando una constante pérdida de condición corporal.

A partir de los resultados de crecimiento y del alimento suministrado durante el transcurso del ensayo, se obtuvo la ecuación que relaciona el crecimiento específico con la conversión alimentaria (Figura 8). De la misma manera que la ecuación de crecimiento en función de la ración suministrada (Figura 7), la curva de conversión obtenida fue similar a la

publicada por otros autores (Brett, 1979; Lovell, 1988). Cuando se trabaja con tasas bajas de crecimiento, el factor de conversión es elevado, es decir, la eficiencia alimentaria es menor (Figura 8). A medida que la tasa de crecimiento aumenta, el factor de conversión disminuye, aumentando la eficiencia alimentaria hasta que alcanza un óptimo biológico, como se observa en el mínimo de la Figura 8. En este punto de inflexión, se obtiene la mejor eficiencia alimentaria, siendo ésta la tasa de crecimiento a la cual se obtiene la mejor eficiencia de conversión del alimento suministrado (2.6 %). Luego del óptimo biológico, en la medida que aumenta la tasa de crecimiento, el factor de conversión lo hace en el mismo sentido, por lo que la eficiencia de conversión empeora, como se observa en la etapa ascendente de la Figura 8.

A los fines del presente trabajo, es importante destacar que tanto la sub-alimentación como la sobre-alimentación son decisiones que resultan en una baja eficiencia alimentaria. Mientras más se acerque la ración suministrada al óptimo biológico mayor será la eficiencia de conversión que se obtendrá.

Cuando se frena un lote de truchas es inevitable que se produzcan pérdidas en la eficiencia alimentaria, simplemente porque el alimento que se está suministrando sólo alcanza para cubrir los requerimientos de mantenimiento. Dicho de otra manera, no se convierte alimento en carne, sólo se alimenta para mantener viable a un lote de peces. De la misma manera, cuando se lleve a cabo una sobre-alimentación se generarán pérdidas de alimento entre el suministro y la retención por parte de las truchas en forma de carne. Dichas pérdidas pueden generarse a distintas escalas. Por un lado, cuando se sobre-alimenta, se producen pérdidas de alimento por deriva, es decir, las truchas se sacian y la agresividad por tomar los pellet disminuye. Como consecuencia de ello, se pierde alimento por los lados y el fondo de la jaula. Por otro lado, también se generan pérdidas a nivel digestivo. Al pasar a una sobre-

alimentación, el consumo aumenta lo suficiente como para que la velocidad de tránsito digestivo se incremente. Este aumento produce una asimilación deficiente, por cuanto los peces defecan alimento poco o no digerido.

Otro aspecto importante que se ha observado en el presente estudio corresponde al comportamiento alimentario de las truchas cuando se las alimenta *ad-libitum*. Tal como se muestra en la Figura 6, dicho comportamiento resultó ser oscilante, de manera tal que un día las truchas consumieron una elevada cantidad de alimento y al otro día el consumo disminuyó marcadamente. Este comportamiento lo mantuvieron a lo largo de todo el período que duró el ensayo. Inicialmente, se creyó que tales variaciones en el consumo estaban dadas por los cambios diarios de temperatura, sin embargo dicho comportamiento no tuvo relación con la temperatura diaria del agua (Figura AII.3). Por lo que se podría hipotetizar que el comportamiento alimentario oscilante está explicado por la variación en el apetito de las truchas. Es decir, un día consumen gran cantidad de alimento y al otro día su tracto digestivo se encuentra lo suficientemente lleno como para que no se desencadenen los mecanismos fisiológicos involucrados en la generación de apetito, o lo hagan en mucha menor medida. Luego, a las 48-72 hs recuperarían el apetito “normal” y volverían a consumir mayor cantidad de alimento.

La mejor eficiencia alimentaria ($FCA = 1.1$) se obtuvo cuando las truchas poseían una tasa específica de crecimiento igual a 2.6% del peso corporal (Figura 8). Por lo tanto, la ración diaria óptima se encontraría cercana al 2.9% del peso corporal (Figura 7). Al comparar los resultados globales de conversión alimentaria, se observó que el factor de conversión correspondiente al grupo experimental alimentado *ad-libitum*, luego de la primera semana de tratamiento, se mantuvo por encima del alimentado con una ración de crecimiento. Sin embargo, a pesar de que las medias de ambos grupos difirieron en sus valores, éstas no fueron

significativamente diferentes. De esta manera, los resultados nos estarían indicando que cuando se trabaja con temperaturas cercanas al óptimo de la especie, no habría diferencias en la eficiencia alimentaria al suministrar alimento *ad-libitum* o a tasas levemente menores. Una hipótesis que explique la falta de diferencias entre las conversiones alimentarias de ambos grupos de truchas podría ser que durante la estación cálida, donde las temperaturas se encuentran cerca del óptimo de la especie, las truchas tienen su metabolismo lo suficientemente activo como para que la digestión del alimento sea completa, a pesar de las altas tasas de consumo que se observaron en las truchas alimentadas *ad-libitum*.

Recomendaciones de Manejo

Gran parte de la eficiencia productiva de un criadero comercial de peces está determinada por el manejo de la alimentación. Para que éste sea exitoso, es fundamental que los criaderos elaboren una base de datos en donde se registren los parámetros indispensables para un correcto manejo de la alimentación. Entre estos se encuentran: el número de individuos correspondientes a cada lote, la mortalidad, el peso corporal promedio, la evolución del crecimiento de las truchas, el suministro de alimento y la temperatura del agua. De esta manera se podrá calcular la ración a suministrar a cada lote y la eficiencia de alimentación que posee el criadero.

Semanalmente o cada dos semanas según la disponibilidad de mano de obra con la que cuente el criadero, se deberían hacer muestreos de los lotes en cultivo. De esta manera, se corregirían las variables utilizadas para calcular la ración a suministrar. El número de truchas dentro de cada jaula puede ser calculada por diferencia entre el número inicial de individuos menos el número de peces muertos. Es fundamental que la mortalidad sea registrada diariamente, ya que de otra manera no se conocerá exactamente el número de individuos que integran un lote. Con el número actualizado de individuos por lote y el peso corporal promedio registrado (o estimado a partir de la Tabla AI.1) se podrá determinar la biomasa total del lote. Luego de varios muestreos, por diferencia de pesos medios se podrá calcular la tasa de crecimiento de las truchas. Este parámetro le servirá al productor para estimar cuándo será el momento en que se llegue a una determinada talla. Es decir, conociendo el peso promedio del lote y su tasa de crecimiento se puede determinar cuánto tiempo debe transcurrir para llegar a una determinada talla, y por lo tanto, definir el momento de la cosecha.

Para una determinación optimizada de la ración a suministrar a un lote de truchas, se debe conocer la biomasa, la temperatura del agua y el peso corporal individual promedio del

lote. Inicialmente, el productor puede utilizar como guía las tablas de alimentación comúnmente difundidas para la especie. Sin embargo, una vez desarrollada su propia experiencia empresarial y cuando haya recopilado la suficiente cantidad de información sobre crecimiento, alimento suministrado y eficiencia alimentaria en las distintas etapas del cultivo, y bajo diferentes temperaturas, debería elaborar sus propias tablas de alimentación bajo las condiciones particulares de su propio criadero.

De acuerdo con los resultados generales obtenidos en el presente estudio, no se recomienda aplicar ningún tipo de restricción alimentaria cuando las truchas estén creciendo dentro del rango óptimo de temperatura para la especie, es decir, se las debería alimentar *ad libitum*.

Sin embargo, al analizar con mayor detalle la eficiencia alimentaria en función del crecimiento (Figura 8), tampoco se recomienda que se tome la decisión de restringir o “frenar” un lote, básicamente por dos motivos: uno tiene que ver con la baja eficiencia alimentaria que genera suministrar alimento a un lote sólo para mantenerlo viable en el tiempo, y el otro motivo son los riesgos que se corren al mantener truchas con un mismo peso corporal pero que al mismo tiempo aumentan en longitud. Ello genera una constante disminución de la condición corporal de las truchas, siendo altamente recomendable que esa situación no se prolongue por mucho tiempo.

Según el régimen alimentario que lleve a cabo el criadero, se debe tener en cuenta que la distribución de tallas dentro de un lote en engorde será diferente según la ración suministrada. En el presente trabajo se observó que, en la medida que la ración de alimento entregada era mayor, la dispersión de tallas aumentaba. Por lo tanto, se considera importante resaltar que, al utilizar mayores intensidades de alimentación, la clasificación de los lotes en las etapas intermedias del engorde deberá ser más frecuente. De otra manera, lotes muy

dispersos en tamaño resultarían en una peor conversión alimentaria. Además, si se obtienen lotes más homogéneos al momento de la cosecha se podrán seleccionar un mayor número de individuos que cumplan con el rango de talla que demande el comprador.

Consideraciones Económicas

Si se tiene en cuenta el impacto del alimento en los costos de producción de un criadero comercial, es fundamental que el productor conozca su eficiencia alimentaria por medio del cálculo del factor de conversión alimentaria para los distintos lotes que componen el criadero. En términos productivos, lo que el productor debe buscar es la mayor eficiencia alimentaria. Sin embargo, desde el punto de vista económico es importante que se evalúe cuál es la decisión más conveniente a la hora de determinar el nivel de alimentación a utilizar.

Para esto, tendrá que decidir que opción tomar: a) alimentar hasta la saciedad con una menor eficiencia alimentaria o b) alimentar a menores tasas pero con alguna mejora en la conversión del alimento. Según los resultados encontrados, alimentar a saciedad sería la opción más correcta en la estación cálida y siempre que se esté dentro del rango óptimo para la especie, ya que no se perjudica significativamente la conversión alimentaria y se obtienen mayores tasas de crecimiento, con lo cual se puede llegar a la talla comercial en menor tiempo. De ésta manera, se reducirían los costos fijos asociados a un ciclo de producción más prolongado. Además, se estaría reduciendo el riesgo de mantener un lote de truchas en el agua, con lo cual se evitarían potenciales pérdidas por enfermedades, escapes y mortalidad.

Una decisión que definitivamente tendría que ser evitada es la alimentación de lotes para mantener su peso corporal, es decir, cuando la ración suministrada sólo cubre los requerimientos de mantenimiento de las truchas. El único resultado que se desprende de éste manejo es una pérdida económica para el criadero generada por el alimento que se suministra y no se convierte en el producto de interés económico, la carne. Una forma de evitar esta situación es mediante una buena planificación, tanto de las ventas como de la disponibilidad de alimento a lo largo del año. Sin embargo, en muchos casos los lotes de truchas se deben “frenar” por no haber demanda constante por parte del mercado o por precios estacionalmente

bajos, por lo que se debe tomar la decisión de mantener a las truchas con el mismo peso corporal hasta que el cliente lo requiera o que el precio de del producto en el mercado mejore. Otra situación que determina el frenado de los lotes es la falta de provisión de alimento, por lo que no queda otra opción que alimentar a las truchas sólo para mantenerlas viables. Queda claro que en ambas situaciones es evidente que ha fallado la planificación de la producción. Sin embargo, es importante destacar que no siempre los aspectos de mercado, ya sea la demanda del producto o su precio, pueden ser manejados por las decisiones gerenciales de un criadero. Con lo cual, muchas veces los criaderos se ven obligados a frenar sus lotes de truchas.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta es la dispersión de tallas generadas según la estrategia de alimentación que se elija. Cuando se suministre alimento a saciedad, la dispersión de tallas será mayor que con menores tasas de alimentación, por cuanto si lo que se busca es llegar al momento de cosecha con lotes relativamente homogéneos, la clasificación de dichos lotes deberá ser más frecuente. De esta manera, se estaría entregando un producto terminado con una talla uniforme, con lo cual su valor sería más elevado. Si no se tiene en cuenta este aspecto y se llega a la cosecha con lotes muy heterogéneos, la clasificación final insumirá mucho tiempo, destinando muy probablemente a cosecha sólo una pequeña proporción del lote que cumple con los requerimientos de talla por parte del comprador.

Por todo lo dicho anteriormente, es recomendable que el productor elabore una amplia pero sencilla base de datos con la cual podrá controlar y planificar las estrategias de alimentación y el crecimiento de sus lotes de truchas. De esta manera contará con una mayor cantidad de herramientas que le permitirán lograr una producción más eficiente y más rentable.

Finalmente, se considera que los datos aportados por el presente trabajo contribuyen al desarrollo de los sistemas de producción de truchas en jaulas. Si bien el estudio realizado sólo contempla algunas de las variables en juego que integran a los sistemas productivos, se debe destacar que los datos fueron tomados bajo las condiciones normales de funcionamiento de un criadero comercial y los ensayos fueron realizados a escala productiva, con lo cual los resultados y las recomendaciones serían directamente aplicables a todos los criaderos comerciales.

Desde ya, el presente trabajo deja abiertas futuras líneas de investigación, de las cuales se espera que sigan contribuyendo con la búsqueda de producciones acuícolas eficientes y económicamente sustentables.

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis no se hubiera llevado a cabo sin la ayuda de personas e instituciones que contribuyeron significativamente al desarrollo de la investigación, a las cuales quiero expresar mi agradecimiento.

A mi Director de Tesis, el Dr. Rolando Quirós. Quien desde el comienzo me ha guiado, enseñado y ayudado a elaborar este trabajo. El haberme dejado trabajar de manera independiente me ha permitido aprender de mis propios errores, contribuyendo más aún con mi desarrollo profesional, lo cual valoro mucho y quiero agradecerlo.

A mi consultor, el Lic. Cristian Petracchi y al Med. Vet. Hugo Von Bernard, por sus comentarios y aportes significativos en la corrección del texto del presente trabajo.

A la empresa Truchas Alicurá S.R.L., por permitirme realizar este estudio y contar con todo su apoyo durante la realización de las experiencias.

Al Dr. Francisco J. Moyano López, a la Ing. Agr. Marisa Wawrzkieicz y a la Ing. Agr. María Boveri por los comentarios y sugerencias realizadas, las cuales fueron utilizadas como herramientas para el desarrollo de esta tesis.

A mi compañero y amigo Hernán Virzi, quien me ha acompañado y ayudado con el armado de la experiencia y la toma de datos durante el período experimental del presente estudio.

Finalmente, quiero agradecer la ayuda, apoyo y paciencia, constante e incondicional, de mi familia, mi novia y amigos. Gracias a ellos no solo pude realizar esta tesis, sino que pude concluir con mis estudios de grado.

REFERENCIAS

- ARZEL J., METAILLER R., LE GALL P. & GILLAUME F. 1998. Relationship between ration size and dietary protein level varying at the expense of carbohydrate and lipid in triploid brown trout fry, *Salmo trutta*. *Aquaculture*, 162: 259-268.
- AZEVEDO, P.A., CHO, C.Y. & BUREAU, D.P 1997. Satiation vs. restricted feeding on growth and feed efficiency of rainbow trout at four temperatures. XVI International Congress of Nutrition, 27 July - 1 August 1997, Montréal, Canada. p.80.
- BRETT, J.R. 1979. Environmental factors and growth. In Hoar, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R.. (Eds.) *Fish Physiology*, Vol.VIII, Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York, pp. 599-667 .
- BRETT, J.R. & GROVES, T. D. D. 1979. Physiological energetics. In W. W. Hoar, D.J. Randall & J.R. Brett (Eds.) *Fish physiology*, vol. 8. Pp. 279 – 352. Nueva York: Academic Press.
- BRYANT, P.L. & A.J. MATTY. 1981. Adaptation of carp (*Cyprinus carpio*) larvae to artificial diets. 1. Optimum feeding rate and adaptation age for a commercial diet. *Aquaculture*, 23:275–286.
- CERDÁ, M. J. 2000. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Revista AquaTIC* n° 9, marzo 2000.
- CHARLON, N. & BERGOT, P. 1986. An improved automatic dry food dispenser for fish larvae. *Prog. FishCult.*, 48:156–158.
- CHO, C.Y. & BUREAU, D.P. 1997. Bioenergetics in diet formulation and feeding standard for salmonid aquaculture: Principles, methods and applications. In: Cruz-Suarez, L.E., D.M. Ricque and R. Mendoza (Editors). *Proceedings of the Third International Symposium on Aquatic Nutrition*, 11-13 November 1996, Monterrey, Mexico.
- CHO, C.Y., COWEY, C.B. & WATANABE, T. 1985. *Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development*. Ottawa, Ont., IDRC-233e, IDRC, 1985. 154 p.
- CHUA, T.E. & TENG, S.K. 1980. Economic production of estuary grouper, *Ephinephelus salmoides maxwell*, reared in floating net cages. *Aquaculture*, 20:187– 228.
- DABROWSKI, K. 1984. The feeding of fish larvae: present 'state of art' and perspectives. *Reprod. Nutr. Dev.* 24:807–833
- FAO. 2000. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2000*. FAO, Rome, Italy.
- FAO, 2002. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA)*. Grupo editorial de la dirección de Información-FAO, edición electrónica.
- FOLKE C. & KAUTSKY N. 1989. The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture. *Ambio*, 18 (4) : 234-243

- HASKELL, D. C. 1959. Trout growth in hatcheries. *New York Fish and Game Journal*. 6:204-237.
- HIGGS, D.A., MACDONALD, J.S., LEVINGS, C.D. y DOSANJH, B.S. 1995. Nutrition and feeding habits in relation to the life history. *Physiological Ecology of Pacific Salmon*, C Groot, L. Margolis and W.C. Clark, eds. UBC Press, Vancouver, pp.159-315
- HUGUENIN, J.E. & ANSUINI, F.J. 1978. A review of the technology and economics of marine fish cage system. *Aquaculture*, 15:151-170.
- KAUSHIK S. & MÈDALE F. 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*, 124: 81-97.
- KIM, Y.C. 1981. Economics of feeding fish. In *The role of feed in 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, pp. 15-24.
- LE CREN, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20:201-219.
- LOVELL, T. 1988. *Nutrition and feeding of fish*. Ed. Van Nostrand Reinhold. New York, 260 páginas.
- LUQUET, O. 1982. Aspects du métabolisme des poissons particulièrement importants pour la qualité de léau. In *Razionale utilizzo delle risorse idriche in Acquacoltura*. Atti del Convegno Internazionale Verona, Salone regionale tutela e sperimentazione Pesca e Acquacoltura dell'E.S.A.V., Italy., pp. 30-38
- MURPHY, B.R. & WILLIS, D.W. 1996. *Fisheries Techniques*. Second edition. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA. Chapter 15 (732 pp.)
- SAGPyA. 2001. *Perspectivas del comercio mundial, regional y local para el Nuevo siglo*.
- SEAFOOD INT., Jan 14, 2000: Chile Sees Jump in Fish Landings, But Fall in Value.
- SEDGWICK, S.D. 1985. *Trout Farming Handbook*. 4th ed. Fishing News Books, England, 160pp.
- SHANG, Y.C. 1983. The economics of marine shrimp farming. A survey. Paper presented at the 1. st. International Conference on warmwater Aquaculture-shrimp, Brigham Young University Honolulu, Hawaii, February 9-11, 1983 21 p.
- SUNGKASEM, P. 1982. The economics of seabass production. Contribution to the FAO/UNDP Training Course on Seabass Spawning and larval rearing held at the National Institute Coastal Aquaculture (NICA), Songkhla, Thailand, 1-20 June 1982- Report No. SCS/82/SBT/LEC. 18., Manila, Philippines, South China Sea Fisheries Programme pp. 53-58.
- UYS, W. & HECHT, T. 1985. Evaluation and preparation of an optimal dry feed for the primary nursing of *Clarias gariepinus* Larvae (Pisces: Clariidae). *Aquaculture*, 47:173-183.

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, 82 p.

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, pp. 365-376. Washington, DC, June 24-29, 1995.

ANEXO I

Tabla AI.1. Peso corporal esperado (gr) de truchas de diferente Longitud total según la ración diaria utilizada.

Longitud total (cm)	Ración diaria (% peso corporal)							
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
15	35	35	35	35	35	35	35	35
15,5	38	38	38	38	38	38	39	39
16	41	42	42	42	43	43	43	43
16,5	44	46	46	47	47	47	48	48
17	48	50	51	51	52	52	53	54
17,5	52	54	55	56	57	58	59	59
18	56	59	60	61	62	64	65	66
18,5	60	63	66	67	68	70	71	72
19	64	69	71	73	75	76	78	79
19,5	68	74	77	79	81	83	85	87
20	73	80	83	86	88	91	93	95
20,5	78	85	90	93	96	98	101	104
21	83	92	97	100	103	107	110	113
21,5	88	98	104	108	112	116	119	123
22	94	105	112	116	120	125	129	134
22,5	99	112	120	125	130	135	140	145
23	105	119	128	134	139	145	151	156
23,5	111	127	137	143	150	156	162	169
24	117	135	146	153	160	167	174	182
24,5	124	143	155	163	171	179	187	195
25	130	152	165	174	183	192	201	210
25,5	137	161	176	186	195	205	215	225
26	144	170	187	197	208	219	230	241
26,5	152	180	198	210	222	234	246	258
27	159	190	209	223	236	249	262	275
27,5	167	200	222	236	250	265	279	294
28	175	211	234	250	266	281	297	313
28,5	183	222	247	264	282	299	316	333
29	191	233	261	280	298	317	335	354
29,5	200	245	275	295	315	336	356	376
30	209	258	290	311	333	355	377	399

ANEXO II

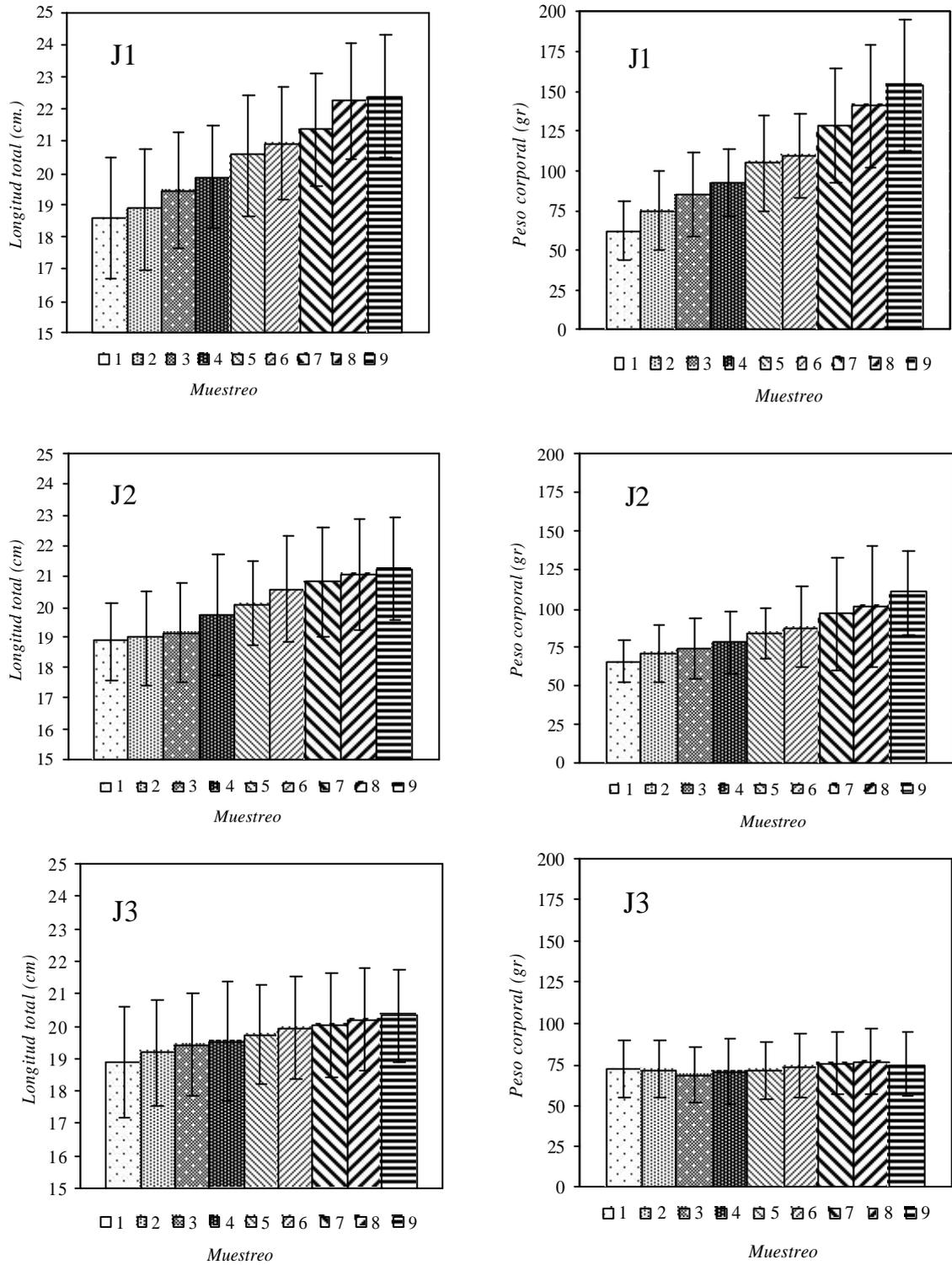


Figura AII.1. Longitud total y el Peso corporal de las truchas de acuerdo con el nivel de alimentación empleado, siendo J1: “Alimentación ad-libitum”, J2: “Ración de crecimiento” y J3: “Ración de mantenimiento”. Las líneas verticales corresponden a una desviación estándar por encima y por debajo de la media.

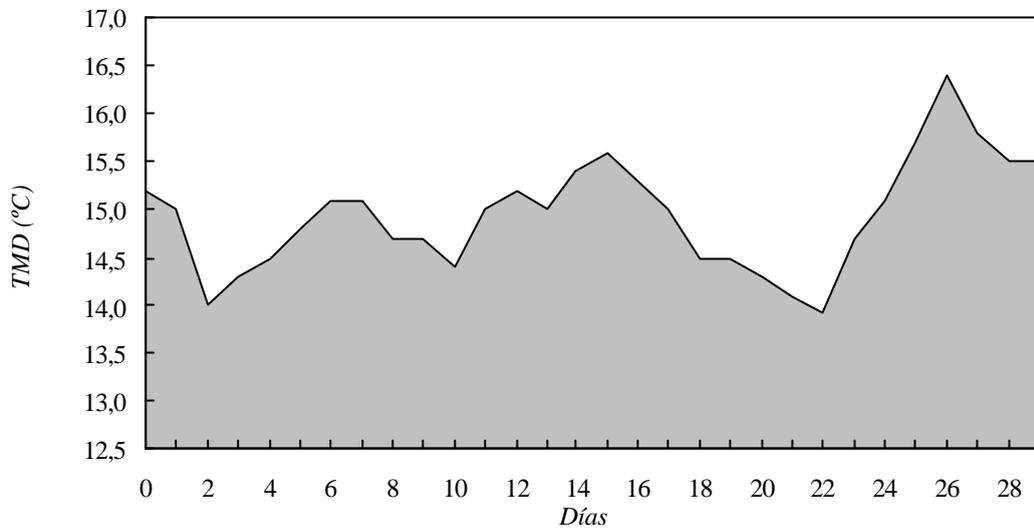


Figura AII.2. Temperatura media diaria del agua (TMD) durante las cuatro semanas de tratamiento.

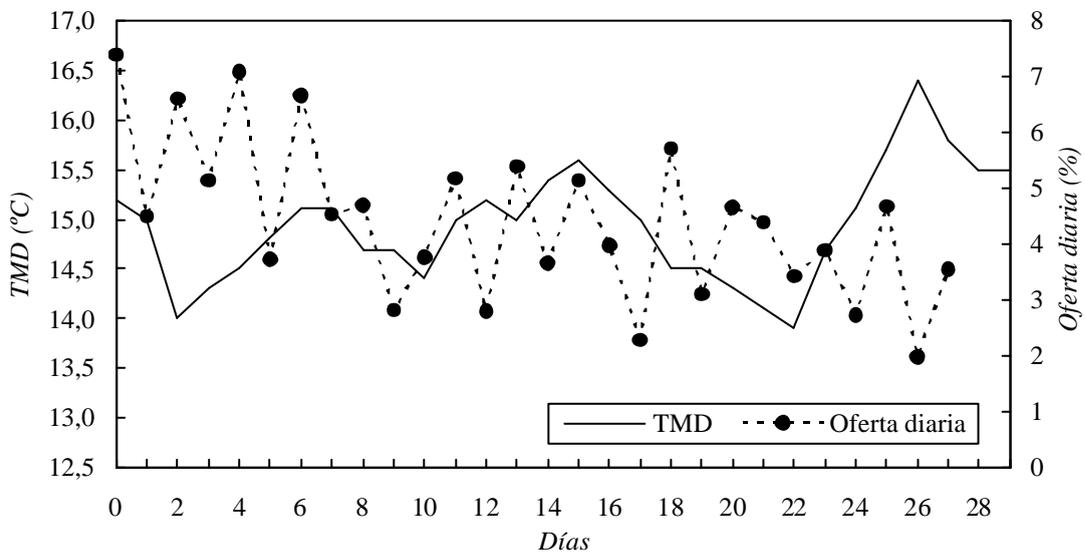


Figura AII.3. Oferta diaria de alimento de J3, expresada como % del peso corporal de las truchas, y Temperatura media diaria del agua (TMD) durante las cuatro semanas de tratamiento.