

EFECTO DE LA ESTRATEGIA ALIMENTICIA EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE LA TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

Effects of the Feeding Strategy on Productive Performance in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Daniel Antonio Perdomo ¹, Katuska Josefina Castellanos ¹, Mario González-Estopiñán ² y Fernando Perea-Ganchou ^{3*}

¹Departamento de Ciencias Agrarias. Núcleo Universitario "Rafael Rangel" (NURR). Universidad de Los Andes (ULA). Trujillo, Venezuela. ²Unidad de Investigaciones en Recursos Subutilizados (UNIRS). Departamento de Ciencias Agrarias. Núcleo Universitario "Rafael Rangel" (NURR). Universidad de Los Andes (ULA). Trujillo, Venezuela. ³Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA). Departamento de Ciencias Agrarias. Núcleo Universitario "Rafael Rangel" (NURR). Universidad de Los Andes (ULA). Trujillo, Venezuela. * ferromi@ula.ve

RESUMEN

Se realizó un experimento en el estado Trujillo, Venezuela, para evaluar el desempeño productivo de alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) afectados por restricción social de peces de mayor tamaño, a dos estrategias de alimentación. Durante 90 días (d), dos grupos de peces fueron alimentados con un alimento balanceado comercial de la forma siguiente: T₁, 5 d de alimentación y 2 d de restricción (5A-2NA) y T₂, 2 d de alimentación y 1 d de restricción (2A-1NA). Cada 15 d se determinaron el peso (g), la longitud (cm) y la biomasa íctica (kg) de los peces. Se consideraron variables de respuesta, la conversión alimenticia (CA), la ganancia diaria de peso (GDP), la tasa de crecimiento específica (TCE), y tasa de sobrevivencia (S). La CA no varió entre tratamientos (T₁: 1,28 ± 0,05; T₂: 1,37 ± 0,05) aunque la GDP y la TCE fue superior en T₁ comparado con T₂ (GDP: 1,93 ± 0,07 versus 1,68 ± 0,07 para T₁ y T₂, respectivamente; P<0,03; TCE: 2,28 ± 0,04 versus 2,14 ± 0,03 para T₁ y T₂, respectivamente; P<0,02). Por otra parte, una mayor proporción de peces sobrevivieron en el grupo T₂ comparado al T₁ (92,8 versus 94,2%, respectivamente; P<0,01). La evaluación de la relación peso-talla indicó que, los peces de ambos tratamientos mostraron un crecimiento alométrico minorante (T₁: P=0,046 L^{2,573}, r=0,928; T₂: P=0,028 L^{2,722}, r=0,933). En conclusión, la combinación de 5 d de alimentación y 2 d de ayuno produjo el mejor desempeño productivo.

Palabras clave: Trucha arco iris, tasa crecimiento, tasa de crecimiento específico, estrategia alimenticia.

ABSTRACT

An experiment was conducted in the Trujillo State, Venezuela, to evaluate the productive response of two different fed strategies in rainbow trout fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*) affected by social restrictions due to size differences. During 90 days (d), two groups of fish were fed with a commercial balanced feed as follows: T₁, five d feeding and two d fasting (5A-2NA) and T₂, two d feeding and one d fasting (2A-1NA). Every 15 d the fish weight and length, and the total biomass (kg) were registered. As response variables were considered the feed conversion efficiency (CA), daily growth rate (GDP), specific growth rate (TCE) and survival rate (S). The CA was similar between treatments (T₁: 1.28 ± 0.05; T₂: 1.37 ± 0.05), although GDP and TCE were greater in T₁ than in T₂ (GDP: 1.93 ± 0.07 versus 1.68 ± 0.07 for T₁ y T₂, respectively; P<0.03; TCE: 2.28 ± 0.04 versus 2.14 ± 0.03 for T₁ y T₂, respectively; P<0.02). In another hand, greater proportion of fish survived in T₂ compared to T₁ (92.8 versus 94.2 % respectively; P<0.01). The weight-size relationship in both treatments indicated a minorant allometric growth (T₁: P=0.046 L^{2.573}, r=0.928; T₂: P=0.028 L^{2.722}, r=0.933). In conclusion, the combination of five d feeding with two d fasting (T₁) determined the better productive performance.

Key words: Rainbow trout, growth rate, specific growth rate, feeding strategy.

INTRODUCCIÓN

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie íctica perteneciente a la familia de los salmónidos, nativa de la vertiente pacífica de América del Norte. A nivel andino

existen buenas perspectivas para la producción comercial de truchas [6], lo cual se demuestra por el establecimiento de granjas truchícolas, que aún están lejos de satisfacer la demanda nacional. Los costos del alimento concentrado y de la infraestructura piscícola son los problemas que más han limitado la producción de esta especie piscícola [26], debido a que representan una inversión considerable para pequeños y medianos truchicultores.

Los elevados costos de los alimentos empleados en la piscicultura intensiva han propiciado la formulación y experimentación de nuevas alternativas alimenticias, así como también la aplicación de estrategias de alimentación que reduzcan la inversión económica debido a este rubro [18, 32]. La privación de alimentos seguido de una fase de realimentación ha sido indicada como una estrategia alimenticia económicamente viable en piscicultura, debido a la capacidad de los peces de experimentar crecimiento compensatorio luego de un período variable de restricción de alimentos [8]. Esto ha conllevado a que la alimentación continúa, está siendo progresivamente reducida debido al costo económico que representa comparado con programas de alimentación restringida.

El crecimiento compensatorio (CC) ha sido recomendado para reducir el alto costo de la producción piscícola, pudiendo ser empleado para optimizar la tasa de crecimiento, disminuir el tiempo de engorde y mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia [1, 20, 21, 23]. La mayoría de las investigaciones [8, 13, 35] han propuesto periodos de ayuno y posterior realimentación, con el fin de verificar el grado de compensación alcanzado. Si el incremento del crecimiento durante la fase de realimentación iguala o supera el valor logrado en condiciones normales de alimentación, se dice que el animal muestra crecimiento compensatorio.

Igualmente, esta estrategia ha sido utilizada para favorecer el rápido crecimiento de peces pequeños cuando son afectados por restricciones sociales originadas por dominio de peces de mayor tamaño [1, 19, 34]. Esta condición es muy frecuente en salmónidos y suele ocurrir en poblaciones con altas densidades y/o con tallas corporales desiguales, generando problemas de competencia, agresiones sociales y reducción en las tasas de crecimiento, principalmente debido a la reducción del acceso al alimento [2, 16, 19].

En base a estos antecedentes, se estableció como objetivo del presente estudio evaluar el efecto de dos estrategias de alimentación sobre el desempeño productivo de alevines de trucha arco iris afectados por restricciones alimenticias generadas por efectos de dominación social.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en una granja truchícola comercial ubicada en el municipio Boconó del estado Trujillo, Venezuela,

entre las coordenadas geográficas 9°16'36" LN y 70°13'05" LO (datos no publicados obtenidos *in situ* mediante un GPS garmin 60). La zona de vida corresponde a un área de transición entre bosque húmedo pre-montano y bosque montano bajo [14]. La unidad piscícola se encuentra a una altitud 1.600 msnm (datos no publicados obtenidos *in situ*), con temperatura diaria promedio de 18°C y una precipitación de 1.595 mm/anales (datos obtenidos de la Estación Meteorológica "Aeropuerto de Boconó" del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente).

Manejo de los peces

Los alevines de trucha arco iris empleados durante el ensayo provenían de un lote hermano de 15.000 alevines procedentes del Campo Experimental Truchícola La Mucuy, Tabay, estado Mérida. Estos fueron seleccionados del lote general y clasificados como "colas", por presentar atraso en su crecimiento, debido a la competencia y dominancia de los lotes de mayor tamaño (cabezas y núcleos). De este grupo (colas) se seleccionaron de manera aleatoria 556 alevines con una edad aproximada de 3,5 meses al momento de iniciarse el ensayo. Estos se dividieron aleatoriamente en dos tratamientos, sin que fueran previamente sometidos a un período de acostumbamiento alimenticio.

El tratamiento 1 (T₁) consistió en 278 peces seleccionados al azar, con un peso y longitud promedio de 14,96 ± 0,23 g y 9,53 ± 0,35 cm, respectivamente, alimentados tres veces al día (08:00 am, 12:00 m y 04:00 pm) con un alimento comercial tipo expandido con 40% de proteína bruta (PB) y 12% de grasa cruda (GC). Se aplicó una estrategia de cinco días (d) de alimentación y dos d de restricción alimenticia (5A-2NA), a razón de 4% del peso vivo (PV). La densidad de siembra (DS) fue de 13,23 peces/m².

El tratamiento 2 (T₂) incluyó 278 peces con un peso y longitud promedio de 13,78 ± 0,22 g y 10,19 ± 0,34 cm, respectivamente. Estos recibieron un alimento comercial en una cantidad (4% PV), calidad (40% PB, 12% GC) y frecuencia alimenticia similar a T₁, pero con dos d de alimentación y un d de restricción alimenticia (2A-1NA). En este caso la DS fue de 13,23 peces/m².

Los peces fueron colocados en dos tanques diferentes de concreto de 3x7 m (área: 21 m² cada uno). Cada tanque se dividió a la mitad con malla Trical® (0,5 mm de luz), para un área efectiva de 10,5 m² para cada subdivisión (n=139 alevines por división). Para reducir posibles efectos de los parámetros físico-químicos del agua, los peces se colocaron en los tanques de manera cruzada, tal como se muestra en la FIG. 1. Los tanques se sometieron a renovación continua del agua, que provino de la Quebrada El Caote.

Los muestreos con reposición, para determinar el comportamiento productivo de los alevines de *O. mykiss*, se realizaron a intervalos de 15 d durante un período de tres meses (desde el 22/09/2010 hasta el 22/12/2010), seleccionando de manera aleatoria un 10% de la biomasa íctica. En cada mues-

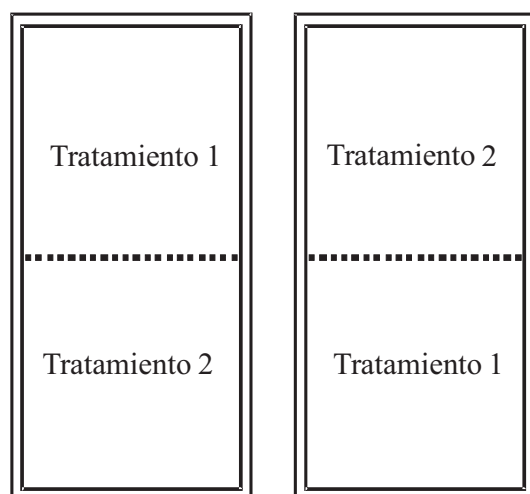


FIGURA 1. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS DURANTE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) SOMETIDAS A DOS ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DURANTE 90 DÍAS.

treo se determinó el peso (g), la longitud (cm), la biomasa (kg) y se ajustó la cantidad de alimento. Las longitudes corporales se determinaron mediante un ictiómetro convencional (precisión de 0,1 mm). Para establecer los pesos corporales se empleó una balanza semi-analítica (precisión de 0,01 g; marca: Ohaus, modelo: SP 402, New Jersey, EUA). Diariamente se registró la mortalidad recolectando los peces muertos en el fondo y superficie de los estanques.

Asimismo, se determinaron quincenalmente los valores de oxígeno disuelto (OD) y temperatura del agua (°C) con un medidor digital portátil (marca: YSI, modelo: 850, Ohio, EUA) y pH (marca: YSI, modelo: 63, Ohio, EUA). Los parámetros de nitrato (NO₃-), dureza y alcalinidad se midieron mediante un kit de acuicultura (marca: La Motte, modelo: PLN, Maryland, EUA).

Variables estudiadas

Los índices biométricos y parámetros del comportamiento productivo y crecimiento de los alevines se evaluaron mediante las siguientes variables:

Conversión Alimenticia (CA): kilogramos de alimento aportado dividido entre los kilogramos de PV.

Ganancia diaria de peso (GDP): peso final (PF) menos peso inicial (PI) dividido entre el periodo experimental (d).

Tasa de crecimiento específica (TCE): logaritmo del PF menos logaritmo del PI dividido entre periodo experimental (d) y multiplicado por 100.

Sobrevivencia (S): número de peces al final entre número de peces al inicio del período de evaluación multiplicado por 100.

Relación talla-peso: se determinó en base a la siguiente ecuación: $P = a \cdot L^b$; donde P= peso del pez (g); a= intercepto; b= pendiente; L= longitud del pez (cm) [4].

Análisis estadístico

Para evaluar el comportamiento productivo de los grupos de peces se utilizó un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza (sobrevivencia, conversión alimenticia, TCE) y varianza-covarianza (GDP y pesos en los diferentes periodos de evaluación), aplicando el procedimiento GLM del SAS [30]. La relación entre el peso corporal y la longitud de los peces se determinó mediante el análisis de regresión del SAS. Para comparar las medias entre tratamientos se aplicó el procedimiento LSmeans del SAS [30].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros físico-químicos

Los parámetros físicos-químicos del agua presentaron los siguientes rangos y promedio (entre paréntesis): OD: 7,65-10,3 mg/L (8,79), temperatura: 16,61-17,81 °C (17,01), pH: 6,8-8,5 (7,02), Dureza: 71,30-97,90 mg/L (83,68), Alcalinidad: 44,25-64,20 mg/L (53,89), NO₃-: 0,11-0,25 mg/L (0,15). Estos valores pueden ser considerados apropiados para la producción de trucha arco iris, y son similares a los reportados por otros autores en distintos sistemas de producción [2, 24].

Índices biométricos

La TABLA I muestra los índices biométricos de los dos grupos de truchas arco iris sometidos a estrategias de alimentación distintas. Aunque no hubo diferencias significativas en la longitud inicial (LI) entre grupos, la longitud final (LF) tendió a ser superior ($P < 0,07$) en T₁. Asimismo, las truchas de T₁ al inicio del estudio fueron en promedio 1,18 g más pesadas que las de T₂ ($P < 0,01$). El PF ajustado por el peso inicial en el análisis de varianza, indica que los peces de T₁ fueron significativamente más pesados que los de T₂ ($P < 0,03$). Similarmente, la biomasa inicial y final fueron estadísticamente superiores en T₁ comparado con T₂.

Lo anterior indica que, la estrategia alimenticia de T₁ produjo mejor desempeño productivo que la de T₂, aunque ambos grupos recibieron durante todo el período experimental la misma frecuencia de alimentación (3 veces/d) y tasa alimenticia (4%). Esta última se ajustó durante los muestreos quincenales según el PV promedio de las truchas de cada tratamiento. La frecuencia de alimentación debe estar correspondida con la cantidad del alimento ofertado, para asegurar que todos los peces tengan iguales oportunidades de alimentarse y así como de crecer en forma constante.

Como muestra, la FIG. 2 en general, el peso de los peces fue ligeramente superior en el T₂ durante los primeros 60 d del experimento. A partir de ese momento, el ritmo de crecimiento de los peces de este grupo disminuyó, mientras que el del T₁ continuó con la misma intensidad resultando un peso final superior que el de los peces del grupo 2 (TABLA I; FIG. 2).

TABLA I
ÍNDICES BIOMÉTRICOS DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) SOMETIDAS A DOS ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DURANTE 90 DÍAS

| Tratamiento* | LI (cm) | LF (cm) | PI (g) | PF (g) | BI (kg) | BF (kg) |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| T ₁ | 9,53 ± 0,35 ^a | 25,30 ± 0,37 ^a | 14,96 ± 0,23 ^b | 188,17 ± 6,06 ^c | 4,16 ± 0,07 ^d | 48,46 ± 1,58 ^e |
| T ₂ | 10,19 ± 0,34 ^a | 24,23 ± 0,36 ^b | 13,78 ± 0,22 ^c | 165,60 ± 5,91 ^d | 3,84 ± 0,07 ^e | 43,71 ± 1,53 ^f |

Letras diferentes en la misma columna difieren: ^{ab}P<0,07; ^{bc}P<0,01; ^{cd}P<0,03; ^{de}P<0,01; ^{ef}P<0,05. LI: longitud inicial; LF: longitud final; PI: peso inicial; PF: peso final; BI: biomasa inicial; BF: biomasa final. *número de peces en cada tratamiento: 278.

Aunque la estrategia alimenticia que combinó dos d seguidos de alimentación con uno de restricción fue más efectiva durante los 2/3 iniciales del experimento, en el último tercio cuando ambos grupos de peces habían sobrepasado los 100g de peso corporal (118,9 ± 5,3 g y 131,0 ± 5,2 g, T₁ y T₂, respectivamente) y habían logrado una proporción del peso final de 68 y 79% (T₁ y T₂, respectivamente), un periodo de alimentación más prolongado (5 d seguidos) combinado con dos d de ayuno permitió mantener el ritmo de crecimiento constante y alcanzar un peso final superior.

En tal sentido, Dobson y Holmes [12] estudiaron el crecimiento compensatorio de truchas arco iris luego de un período de restricción alimenticia y reportaron que, el mismo se manifestó cuando los peces alcanzaron un peso superior a los 100g. Similarmente, estos mismos autores [12] evidenciaron una considerable mejoría en el crecimiento durante la fase de recuperación, en respuesta a la intensidad de la restricción experimentada por estos salmónidos.

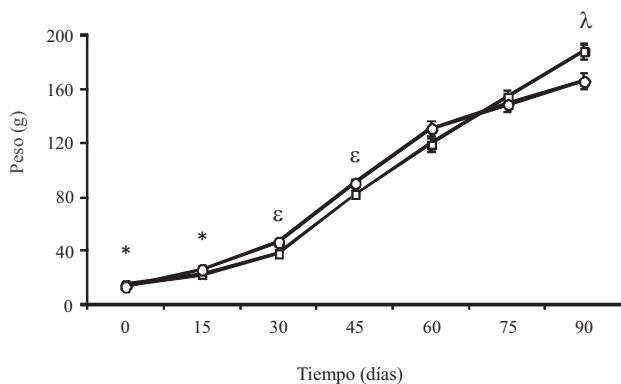


FIGURA 2. PROGRESIÓN DEL PESO CORPORAL DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) SOMETIDAS A DOS ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DURANTE 90 DÍAS. DIFERENCIAS ENTRE LOS TRATAMIENTOS 1 (-□-) Y 2 (-○-) FUERON DIFERENTES: * P<0,01; ε P<0,08; λ P<0,03.

Crecimiento de los peces

Como se observa en la TABLA II, aunque la conversión alimenticia no varió entre tratamientos, el T₁ tuvo una GDP y TCE significativamente superior a T₂. Asimismo, en este último grupo una proporción ligeramente mayor de peces sobrevivió durante el periodo experimental comparado con el grupo 1.

Conversión alimenticia

La CA fue estadísticamente similar entre tratamientos (T₁: 1,28 ± 0,05; T₂: 1,37 ± 0,05). Los valores de la CA obtenidos en este estudio indicaron que los peces requirieron una mayor cantidad de alimento que otros de la misma especie de salmónidos criados en jaulas [23], en los que se encontraron valores entre 1,06 (2 d de ayuno a la semana) y 1,16 (alimentación a la saciedad; P<0,05). Según los autores citados [23], los ciclos de restricción de dos d a la semana promovieron un crecimiento similar al grupo control (alimentación a la saciedad), pero con leve mejora en la CA coincidiendo con otro estudio [35], donde truchas arco iris se sometieron a periodos de dos d de restricción y cinco de realimentación, sin encontrarse diferencias en el peso final con respecto al grupo alimentado a saciedad.

En el presente estudio, un periodo de alimentación más prolongado seguido por dos d de ayuno (5A-2NA) fue más efectivo para promover el crecimiento de los peces que periodos más cortos y frecuentes de alimentación combinados con un solo d de ayuno. Si bien no se evidenció diferencia de la CA entre tratamientos, hubo una conversión numéricamente más baja en los peces del T₁ (1,28 ± 0,05) comparado con T₂ (1,37 ± 0,05), que pudiera haber favorecido un aprovechamiento más eficiente del alimento aportado, y por lo tanto, una mejor respuesta productiva durante el tercio final del ensayo, como se observa en la FIG. 2. Otros estudios en *O. mykiss* con diferentes densidades de siembra y tipos de estanque de producción, reportaron promedios intermedios de CA, con valores que variaron ente 1,44 a 2,45 en estanques de tierra y 1,46 a 2,51 en estanques de concreto [2], indicando que los peces requirieron mayor cantidad de alimento, en comparación al suministrado en los grupos de la presente investigación.

Ganancia diaria de peso

Como indica la TABLA II, la GDP entre ambos tratamientos resultó estadísticamente diferente (P<0,03). La tasa de crecimiento durante el ciclo de 90 d fue estadísticamente superior en T₁ (1,93 ± 0,07 g/d) que en T₂ (1,68 ± 0,07 g/d), lo cual indica que los peces de T₁ respondieron mejor a la estrategia alimenticia empleada (5A-2NA), particularmente en los últimos 30 d del experimento cuando crecieron a un ritmo considerablemente superior (FIG. 2), siendo, por lo tanto, el grupo de peces con mayor longitud y peso al final del ensayo, en contraposición a lo ocurrido en T₂.

TABLA II
PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)
SOMETIDAS A DOS ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DURANTE 90 DÍAS

| Tratamiento | CA | GDP (g/día) | TCE (%/día) | S (%) |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T ₁ | 1,28 ± 0,05 ^a | 1,93 ± 0,07 ^a | 2,28 ± 0,04 ^b | 92,8 ^c |
| T ₂ | 1,37 ± 0,05 ^a | 1,68 ± 0,07 ^b | 2,14 ± 0,03 ^c | 94,2 ^d |

Letras diferentes en la misma columna difieren: ^{ab}P<0,03; ^{bc}P<0,02; ^{cd}P<0,01. CA: conversión alimenticia; GDP: ganancia diaria de peso, TCE: tasa de crecimiento específico; S: sobrevivencia.

Esta tasa de crecimiento posiblemente fue influenciada por la DS, la cual fue adecuada en virtud de que, densidades altas ocasionan problemas en el crecimiento y reducen la sobrevivencia de la población [2, 16, 19]. Vergara y col. [33] evaluaron una dieta expandida y otra peletizada, logrando una GDP de 2,1 y 1,8 g/d con la primera y segunda, respectivamente; si bien es cierto que la dieta expandida fue superior a la obtenida por los grupos experimentales del presente ensayo, éstos a su vez fueron superiores a los obtenidos con la dieta peletizada. Probablemente, el procesamiento de extrusión permitió mayor disponibilidad y aprovechamiento del alimento y como consecuencia, mejor GDP en el grupo que recibió este tipo de alimento.

Tasa de crecimiento específico

El análisis de la TCE arrojó diferencias estadísticas (P<0,02) con valores promedios de 2,28 y 2,14% diarios para T₁ y T₂, respectivamente (TABLA II). La progresión de la TCE durante el periodo experimental (FIG. 3) muestra que, en los primeros 15 d del estudio, la TCE de los peces fue diferente (P<0,01) entre tratamientos (3,01 ± 0,2 versus 4,0 ± 0,19 %/d para T₁ y T₂, respectivamente). En T₁, la TCE incrementó sostenidamente desde el d 15 hasta el 45, mientras que en T₂, esta variable disminuyó ligeramente en la segunda comparación para luego aumentar hasta el d 45, momento en que ambos tratamientos alcanzaron la TCE más alta, que difirió estadísticamente entre sí (P<0,03). A partir de este momento, la TCE disminuyó progresivamente en ambos grupos hasta el d 75 del estudio. Durante el último periodo de evaluación, T₁ experimentó una TCE significativamente superior (P<0,02) a T₂ (1,38 ± 0,16 versus 0,70 ± 0,16 %/d, respectivamente).

Los hallazgos anteriores corroboran que T₁ experimentó mejor desempeño productivo en respuesta a los períodos de ayuno establecidos para cada régimen alimenticio. Esto puede considerarse favorable teniendo en cuenta que los engordes truchícolas en explotaciones venezolanas abarcan períodos que varían entre 7 y 15 meses, dependiendo de las condiciones climáticas, calidad del agua y del alimento suministrado, y condición sexual, lográndose pesos comerciales entre 250 y 300 g/pez [7, 9, 22].

Los resultados de la TCE de este estudio fueron superiores a las reportadas con anterioridad por diferentes autores. Así, Bórquez y col. [10] en *O. mykiss* informaron valores de 1,07 y 1,17 %/d mediante dietas peletizada y expandida, res-

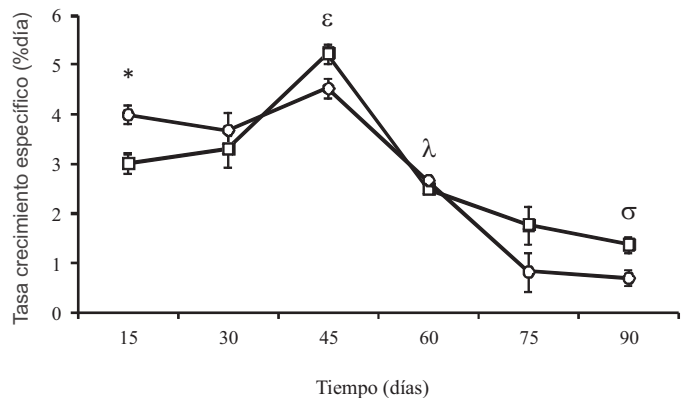


FIGURA 3. TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) SOMETIDAS A DOS ESTRATEGIAS ALIMENTICIAS DURANTE 90 DÍAS. DIFERENCIAS ENTRE LOS TRATAMIENTOS 1 (□) Y 2 (○) FUERON DIFERENTES: *P<0,02; εP<0,03; λP<0,03; σP<0,08;

pectivamente, mientras que Pokniak y col. [27] en la misma especie (*O. mykiss*) encontraron valores que oscilaron entre 1,30 y 1,39 %/d, suministrando dietas con diferentes niveles de proteína. En el salmón del pacífico (*Oncorhynchus kisutch*), Pokniak y col. [28] encontraron valores que variaron entre 1,11-1,12 %/d. Asimismo, las TCE de este estudio fueron intermedias respecto a las encontradas por Morales y Quirós [24], en especímenes de la misma especie criados en jaulas flotantes, con valores de 0,07; 1,94 y 3,35%/d, siendo este último, correspondiente al grupo alimentado a saciedad.

Estos últimos autores [24] evidenciaron que, someter grupos de truchas a raciones alimenticias de mantenimiento provocó que la TCE fuera prácticamente cero, en virtud de que comprobaron que a mayores niveles de ofertas de alimento, la TCE se vio favorecida, mientras que el grupo que recibió la ración de mantenimiento mostró crecimiento solo en la longitud total, pero con una notable disminución de la condición corporal, lo cual determinó una baja TCE (0,07 %/d).

Adicionalmente, las TCE de este estudio fueron mejores a las indicadas en *O. mykiss*, la cual disminuyó a medida que se incrementó la DS, hasta estabilizarse en 1,52 %/d en estanques de tierra y 1,54 %/d en los de concreto [2]; y además, a las señaladas por Bastardo y Sofía [7], quienes reportaron promedios de 1,70 %/d en ejemplares de truchas hembras, obte-

nidas a través de reversión sexual. Estas últimas han sido consideradas superiores en crecimiento a grupos de ejemplares de ambos sexos.

En contraposición a esto, los resultados de esta variable fueron ligeramente inferiores a las reportadas por Bhat y col. [8] quienes encontraron una TCE que osciló entre 2,83 y 3,54 %/d, y varió según las estrategias alimenticias aplicadas. Asimismo, difirieron de la obtenida en cachama (*Colossoma macropomum*) bajo condiciones intensivas de crianza, cuyo valor fue de 2,6 %/d [3], probablemente debido a que las especies de aguas cálidas, como la anteriormente citada, presentan un metabolismo más acentuado, influenciado por la temperatura.

Las evidencias indican que el incremento de la TCE es seguido de un aumento en el consumo de alimento, en la eficiencia alimenticia y en el crecimiento, cuando las truchas arco iris experimentan ciclos cortos de restricción alimenticia con posterior realimentación [18, 19, 24, 25], lo que posiblemente sucedió con los peces de la presente experiencia que crecieron bajo un régimen alimenticio que incluyó periodos cortos de ayuno.

Este mismo comportamiento ha sido observado en otras especie piscícolas como el sargo picudo (*Diplodus puntazo*) [13] y tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) [11], corroborándose los resultados de la TCE obtenida por los grupos experimentales de este estudio, que pueden considerarse altos y que indudablemente favorecieron el PF logrado luego de 90 d de crecimiento. De esta manera, la elevada TCE demuestra que el tenor de proteína (40%) utilizado durante la fase experimental aportó los nutrientes adecuados para que los peces experimentaran un rápido desarrollo; coincidiendo con una experiencia anterior donde se evidenció que *O. mykiss*, presenta mejores pesos finales con niveles proteicos similares a la dieta empleada durante el presente ensayo [27].

En general, los resultados de crecimiento obtenidos en esta investigación pueden estar atribuidos, además de la calidad del alimento y la tasa de alimentación utilizada (4%), a la DS empleada, ya que se ha demostrado que altas densidades pueden afectar la producción piscícola, debido a la aglomeración de los peces que genera competencia y reducción de la disponibilidad del alimento. Del hallazgo anterior pudiera inferirse que la DS durante la fase experimental (13,23 peces/m²) favoreció el crecimiento de los peces, ya que fue inferior a las densidades empleadas en cultivo comercial de trucha en Venezuela (30-120 peces/m²), lo cual probablemente influyó en el comportamiento productivo mostrado por ambos tratamientos.

En tal sentido, se han reportado importantes ganancias compensatorias en cultivos truchícolas después de una reducción en la DS, lo que incrementa la disponibilidad de alimentos para los peces sometidos a engorde [19]. En relación a la DS, también hay que tener en cuenta que restricciones alimenticias muy intensas, pueden generar importantes pérdidas en la condición corporal de los salmónidos [24].

Como se indicó anteriormente, la aplicación de la restricción alimenticia para reducir las cantidades de alimento ofertados a los peces permite lograr tasas de crecimiento similares a las obtenidas cuando se suministra una alimentación continua en condiciones normales de engorde [18, 31, 32]. Por lo tanto, la estrategia de alimentación aplicada al T₁ (5A-2NA) favoreció su desempeño productivo, en contraposición a los resultados de T₂, cuyos peces tendieron a disminuir su ritmo de crecimiento en el último tercio del periodo experimental (TABLA II). Asimismo, los hábitos y el instinto de alimentación también pueden explicar estos resultados, ya que en las especies carnívoras como es el caso de los salmónidos, la ingesta de alimento es menos frecuente que en las especies herbívoras. Como ejemplo, Holm y col. [19] encontraron mejores tasas de crecimiento en truchas arco iris alimentadas a intervalos diferentes, en comparación con las alimentadas continuamente.

Las especies piscívoras están adaptadas a la restricción alimenticia ya que en forma natural ellos experimentan periodos de escasez de alimentos. Cuando los periodos de ayuno son cortos se produce una rápida movilización de las reservas disponibles, así como mayor consumo y aprovechamiento del alimento durante la fase de realimentación [34]. De manera que el incremento de peso, luego de un periodo de ayuno es resultado de ciertas estrategias biológicas adoptadas en forma natural por los peces, dentro de las cuales se incluyen un mayor consumo de alimento ofertado (condición conocida como hiperfagia) y un aumento de la eficiencia alimenticia debido a la mayor absorción de nutrientes, reducción de gastos metabólicos y disminución de la locomoción, lográndose con ello un menor gasto de reservas corporales, principalmente glucógeno, y mayor disponibilidad de nutrientes para el crecimiento [1, 15, 21, 25].

Sobrevivencia

La Sobrevivencia (S) fue diferente entre tratamientos, siendo el T₂, el grupo con mayor proporción de peces vivos al final del estudio (94,2% versus 92,8%; para T₂ y T₁, respectivamente) (P<0,01). Las tasas de S pudieron estar determinadas por la manipulación de los peces al momento de realizar las mediciones biométricas. Se ha encontrado en *O. mykiss* que, las mayores tasas de mortalidad ocurren cuando los alevines presentan menor tamaño que los empleados en el presente ensayo [6], aunque DS mayores pueden provocar igualmente alta mortalidades [2]. Sin embargo, existen experiencias en las cuales, luego de aplicarse diferentes estrategias alimenticias y DS mayores a la del presente estudio (20 peces/m²) se encontró un 100% de sobrevivencia en los diferentes tratamientos durante todo el periodo de evaluación [18].

Relación talla-peso

Para evaluar la relación entre el peso y la longitud de los peces durante el periodo experimental, los datos de estas dos variables se usaron para elaborar las curvas de regresión de cada grupo (FIG. 4). La ecuación de regresión de T₁ fue

$P=0,046 L^{2,573}$ ($r=0,928$), mientras que la de T_2 fue $P=0,028 L^{2,722}$ ($r=0,933$). Se aprecia que ambos tratamientos mostraron un crecimiento de tipo alométrico minorante, lo cual significa que ambos grupos de animales experimentaron un ritmo de crecimiento diferencial en distintas partes del cuerpo. El crecimiento involucra cambios relativos en la talla y el peso de los animales que no siempre progresan a un ritmo similar. Desde el punto de vista práctico y bajo las condiciones en las cuales se desarrolló el estudio, estos salmónidos crecieron proporcionalmente más en tamaño que en peso. Así, T_2 mostró un valor de la pendiente ($b=2,722$) más cercano al crecimiento isométrico ($b=3$), situación hipotética en la que ambas variables progresarían a un ritmo similar [17].

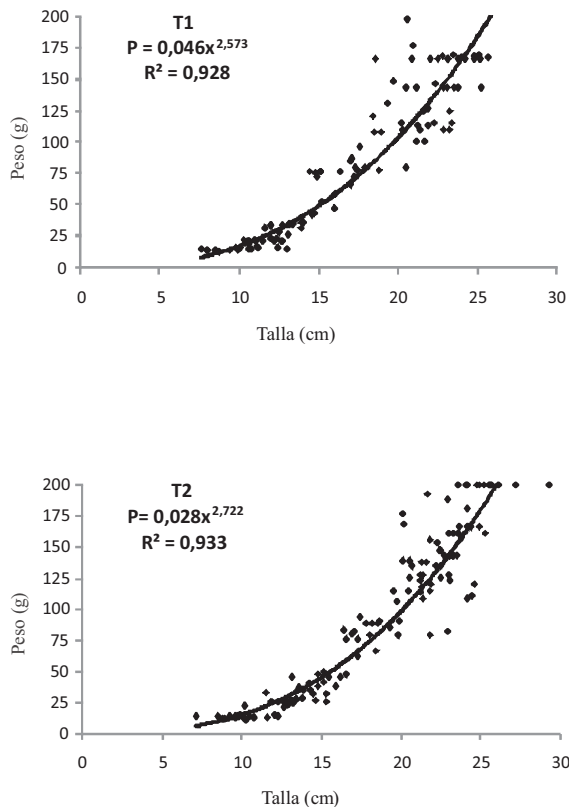


FIGURA 4. RELACIÓN TALLA-PESO DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) BAJO DOS ESTRATEGIAS ALIMENTICIAS DURANTE UN PERÍODO DE 90 DÍAS.

En base a las curvas de regresiones obtenidas, Virzi [35] encontró una condición corporal similar, tanto para truchas alimentadas a saciedad (T_1) como en aquellas donde se produjo restricción alimenticia de 2 d a la semana (T_2), mostrando ambos tratamientos crecimientos isométricos (T_1 : $P=0,013 L^{3,001}$; T_2 : $P=0,013 L^{3,000}$); no obstante, cuando aplicó una restricción alimenticia de una semana (T_3), se produjo crecimiento alométrico minorante ($P=0,021 L^{2,843}$), coincidiendo con los resultados hallados en la presente investigación.

El crecimiento alométrico minorante se ha encontrado también en poblaciones naturales de trucha arco iris [5] y en especies de aguas cálidas [3, 29], indicando con estas evidencias que los peces pueden crecer de manera desproporcionada durante los ciclos de engorde, independientemente de las estrategias y tasas alimenticias empleadas, fórmulas nutricionales aplicadas, especies piscícolas y sistemas de producción; aunque hay que aclarar que estas experiencias fueron realizadas con ejemplares que no habían experimentado ningún tipo de restricción alimenticia.

CONCLUSIONES

La estrategia alimenticia que alternó cinco d de alimentación y dos d de ayuno favoreció el desarrollo de los peces en el tercio final del periodo experimental cuando el peso de los animales en ambos grupos había sobrepasado los 100 g. Esto produjo una mejor respuesta productiva que se reflejó en una tasa de crecimiento (GDP, TCE) e índices biométricos superiores, a los peces sometidos a periodos más breves de alimentación y ayuno.

En las condiciones experimentales del presente estudio, las dos estrategias alimenticias empleadas son viables por favorecer el crecimiento de alevines de truchas arco iris.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R.J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and Fisheries**. 4:147-190. 2003.
- [2] ALVARADO, H. Crecimiento y sobrevivencia de la trucha arco iris cultivada en diferentes tipos de estanques y densidades. **Vet. Trop.** 24(2):121-129. 1999.
- [3] ANDRADE, G.; MÉNDEZ, Y.; PERDOMO, D.A. Engorde experimental de cachama (*Colossoma macropomum*) en la Estación Local El Lago, estado Zulia, Venezuela. **Zoot. Trop.** 29(2): 213-219.2011.
- [4] BAGENAL, T.; TESCH, F. Age and growth. In: Ricker, W.E. (Ed.). **Methods for assessment of freshwater fish production**. Handbook N° 3. Blackwell Scientific Publication. Oxford and Edinburgh. Pp 101-103. 1968.
- [5] BARROS, S.E.; GONZO, G.M. Poblaciones naturalizadas de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Puna de Argentina: bases ecológicas para su manejo. **VI Congreso Internacional sobre manejo de la fauna silvestre en la Amazonia y Latinoamérica**. Iquitos, 09/5-10. Perú. Pp 125-135. 2004.
- [6] BASTARDO, H. Sobrevivencia de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en condiciones de cultivo, en Mérida Venezuela. **Zoot. Trop.** 12(1):77-97. 1994.

- [7] BASTARDO, H.; SOFÍA, S. Crecimiento de truchas todas hembras y de ambos sexos en un criadero venezolano. **Zoot. Trop.** 21(1):17-26. 2003.
- [8] BHAT, S.A.; CHALKOO, S.R.; SHAMMI, Q.J. Nutrient utilization and food conversion of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, subjected to mixed feeding schedules. **Turk. J. Fish. Aquat. Sci.** 11: 273-281. 2011.
- [9] BÓRQUEZ, R.A.; VALDEBENITO, I.N.; DANTAGNAN, H.P.; BARILES, S.J. Producción y alimentación de Salmónidos cultivados en América Latina y el Caribe. FAO Circular de Pesca. N° 918. Roma, FAO. Pp 1-88. 1996.
- [10] BÓRQUEZ, R.A.; VALDEBENITO, I.N.; DANTAGNAN, H.P.; BARILES, S.J. Rendimientos productivos de dietas extruidas y peletizadas en cultivo intensivo de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*. **Rev. Invest. Cient. Tecnol.**, Ser. Cienc. Mar. 5:50-55. 1999.
- [11] DELGADO-VIDAL, F.K.; GALLARDO-COLLÍ, A.; CUEVAS-PÉREZ, L.; GARCÍA-ULLOA, M. Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. **Avanc. en Invest. Agrop.** 13(2):55-70. 2009.
- [12] DOBSON, S.H.; HOLMES, R.M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdnerii* Richardson. **J. Fish Biol.** 25:649-656.1984.
- [13] EGEA, M.A.; RUEDA, F.; LÓPEZ, M.; GARCÍA, B. Efecto de la realimentación tras un periodo de ayuno sobre el crecimiento en el sargo picudo *Diplodus puntazo* (Cetti, 1777). **Bol. Inst. Esp. Océanogr.** 18:357-362.2002.
- [14] EWEL, J.; MADRIZ, A.; TOSI, J. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. MAC-FONAIAP. Maracay, Aragua. 256 pp. 1968.
- [15] FARBRIDGE, K.J.; FLETT, P.A.; LEATHERLAND, J.F. Temporal effects of restricted diet and compensatory increased dietary intake on thyroid function, plasma growth hormone levels and tissue lipid reserves of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquacult.** 104: 157-174.1992.
- [16] GILMOUR, K.M.; DIBATTISTA, J.; THOMAS, J. Physiological causes and consequences of social status in Salmonid fish. **Integr. Comp. Biol.** 45:263-273.2005.
- [17] GRANADO, C.L. Estrategias de vida. En: **Ecología de peces**. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. Serie Ciencia, Num. 45. 1ra Reimp. 353 pp. 2002.
- [18] GUZEL, S.; ARVAS, A. Effects of different feeding strategies on the growth of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Afr. J. Biotechnol.** 25: 5048-5052. 2011.
- [19] HOLM, J.C.; REFSTIE, T.; BØ, S. The effect of fish density and feeding regimes on individual growth rate and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquacult.** 89:225-232. 1990.
- [20] HORNICK, J.L.; VAN EENAEME, C.; GÉRARD, O.; DUFRASNE, I.; ISTASSE, L. Mechanism of reduced and compensatory growth. **Dom. Anim. Endocrinol.** 19:121-132. 2000.
- [21] JOBLING, M.; KOSKELA, J. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. **J. Fish Biol.** 49:658-667. 1996.
- [22] MAIZ-PADRON, A.R.; VALERO, L.; BRICEÑO, D. Elementos prácticos para la cría de truchas en Venezuela. **Mund. Pec.** VI (2):157-168. 2010.
- [23] MORALES, G.A.; QUIRÓS, R. Efecto del ayuno sobre el crecimiento compensatorio y eficiencia alimentaria en el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas. **Rev. Arg. Prod. Anim.** 27:9-11.2007.
- [24] MORALES, G.A.; QUIRÓS, R. Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 15(4):119-127.2007.
- [25] NIKKI, J.; PIRHONEN, J.; JOBLING, M.; KARJALAINEN, J. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. **Aquacult.** 235: 285-296. 2004.
- [26] PERDOMO, D.A.; TESORERO, M. Cultivo de la trucha arco iris en Venezuela: una reseña histórica. **INIA Divulga.** 15:21-25.2010.
- [27] POKNIAK, J.; ESPINOZA, M.; HAARDT, E.; GALLEGUILLOS, C. Dietas de engorda con diferentes niveles de proteína para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). **Avanc. Cien. Vet.** 9(2): 93-100.1994.
- [28] POKNIAK, J.; MUÑOZ, S.; DÍAZ, N.; GONZÁLEZ, C.; DÍAZ, I. Efecto de dietas con diferentes proporciones de proteínas y lípidos sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmón del Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*). **Arch. Med. Vet.** XXXVI (2):163-172.2004.
- [29] SILVA-ACUÑA, A.; GUEVARA, M. Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido *Collossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. **Zoot. Trop.** 20(4):449-459.2002.
- [30] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. User's Guide. University North of Caroline, USA. Version 9. 2002.
- [31] SUMPTER, J.P. Control of growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquacult.** 100: 299-320.1992.
- [32] ŞAHÍN, T.; AKBULUT, B.; AKSUNGUR, M. Compensatory growth in sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turk. J. Zool.** 24: 81-86. 2000.

- [33] VERGARA, V.; BAZAN, H.; LOOK, M. Evaluación comparativa de dos dietas balanceadas elaboradas mediante los procesos extruido y peletizado en el crecimiento de juveniles de truchas arco iris. En: Vergara, V.J. (Ed.). **Aspectos aplicados sobre alimentación de truchas.** Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Pp 11-14. 1998.
- [34] VIGLIANO, F.; QUIROGA, M.I.; NIETO, J.M. Adaptaciones metabólicas al ayuno y realimentación en peces. **Rev. Ictiol.** 10(1):79-108. 2002.
- [35] VIRZI, H. Evaluación del crecimiento compensatorio de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo un sistema de cultivo intensivo en jaulas flotantes. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. 40 pp. 2007.