



Efecto del contenido lipídico dietario y densidad de cultivo sobre el desempeño en crecimiento, canal y calidad de carne de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Effect of dietary lipidic content and culture density on growth performance, carcass and meat quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Manuel Paredes*; Kelly Ticlla

Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca. Ciudad Universitaria, Av. Atahualpa 1050, Cajamarca, Perú.

*Autor correspondiente: mepaunc@gmail.com (M. Paredes).

ID ORCID de los autores

M. Paredes:  <https://orcid.org/0000-0002-4717-3393>

RESUMEN

Este estudio evaluó el efecto del nivel dietético de lípidos y densidad de cultivo sobre parámetros de desempeño, características de carcasa y composición nutricional de la carne de trucha arco iris alimentada con dos piensos, conteniendo dos niveles de lípidos, 12 y 18%, y dos densidades de cultivo, 5 y 15 kg/m³. Las truchas fueron distribuidas en 12 estanques con cuatro combinaciones de tratamientos, tres repeticiones por tratamiento. Se evaluó durante 112 días divididos en dos fases de engorde y acabado. Se determinó que el mejor peso final y conversión alimenticia ($p < 0,05$) de la trucha arco iris se obtiene con un nivel de lípidos en la dieta de 18% y una densidad de cultivo de 5 kg/m³. Se encontró que los dos factores evaluados no influyen ($p > 0,05$) en el rendimiento de carcasa, peso de hígado e índice hepático-somático, pero sí en otras características de la carcasa. Del mismo modo el nivel de lípidos de 18% en la dieta genera mayor contenido lipídico ($p < 0,05$) en el músculo de la trucha.

Palabras clave: Trucha; nutrición lipídica; densidad de cultivo; crecimiento; carne.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of the dietary level of lipids and culture density on performance parameters, carcass characteristics and nutritional composition of rainbow trout meat fed with two feeds, containing two lipid levels, 12 and 18%, and two culture densities, 5 and 15 kg/m³. The trout were distributed in 12 tanks with four combinations of treatments, three repetitions per treatment. It was evaluated for 112 days divided in two phases of fattening and finishing. It was determined that the best final body weight and feed conversion ($p < 0.05$) of rainbow trout is obtained with a lipid level in the diet of 18% and a culture density of 5 kg/m³. It was found that the two factors evaluated do not influence ($p > 0.05$) the carcass performance, liver weight and hepatic somatic ratio, but other characteristics of the carcass. In the same way the level of lipids of 18% in the diet generates greater lipid content ($p < 0.05$) in the trout muscle.

Keywords: Trout; lipid nutrition; culture density; productivity; meat.

Recibido: 22-02-2020.
Aceptado: 15-03-2020.

INTRODUCCIÓN

El cultivo intensivo de trucha en Latinoamérica se realiza en estanques construidos con diversos materiales, bajo régimen alimenticio en base a pienso

comercial (Zárate *et al.*, 2018), con densidades de cultivo variables en fase de engorde, diferentes a la densidad de carga óptima que sugiere FAO (2014).

Las truchas cultivadas a alta densidad, para no afectar negativamente el rendimiento productivo, requieren mayor concentración energética en la dieta, la que puede ser cubierta con carbohidratos y lípidos; por otro lado, factores como la densidad de cultivo y el nivel de lípidos dietarios pueden influenciar también en algunos indicadores de rendimiento y calidad de carne (Suárez *et al.*, 2014). Niveles altos de lípidos en la dieta de la trucha inducen a mayor producción de lipasa y menor producción de proteasas en desmedro de la digestión y absorción de la proteína alimentaria, afectando el crecimiento; sin embargo, cuando la densidad de cultivo sobrepasa los 20 kg de trucha por metro cúbico, un nivel alto de lípidos en la dieta contribuye a mantener buenos indicadores de crecimiento (Trenzado *et al.*, 2018).

El aceite y la harina de pescado son dos ingredientes alimenticios considerados indispensables en acuicultura; pero, su disponibilidad es limitada, debido al decremento productivo de la actividad pesquera de captura y el incremento de la actividad acuícola, que hacen que se reduzca su inclusión en piensos para peces (OCDE-FAO, 2017). Por lo que se vienen desarrollando investigaciones para sustituir el aceite de pescado (AP) por aceites de origen vegetal en la dieta de truchas (Yildiz *et al.*, 2018; Wing-Keong *et al.*, 2010) o por otras fuentes energéticas como el aceite de larvas de insectos (Dumas *et al.*, 2018). Otros estudios están dirigidos a evaluar el efecto de diferentes niveles de lípidos en la dieta de la trucha sobre indicadores productivos, parámetros fisiológicos y perfil de ácidos grasos en la carne (Eya *et al.*, 2013; Fontagné-Dicharry *et al.*, 2018), considerando niveles de inclusión mínimos de AP o el reemplazo

total del AP en etapa de crecimiento e inclusión sólo en la fase de engorde (Cleveland *et al.*, 2018).

En la formulación de piensos para truchas también se considera, que altos niveles de lípidos en la dieta incrementan la deposición de grasa en todo el cuerpo del pez, lo cual depende de la edad, así los depósitos de grasa se pueden ubicar en diferentes tejidos u órganos, pudiendo encontrarse estos depósitos principalmente en la cavidad visceral, disminuyendo el rendimiento de carcasa y provocando disfunción hepática (Bar y Volkoff, 2012). Además, los lípidos se almacenan en el músculo, pudiendo alterar la calidad de la carne y su composición química (Davidson *et al.*, 2013).

El interés actual del hombre al consumir pescado es ingerir un alimento rico en ácidos grasos omega 3, promotores de buena salud cardiovascular, sin embargo, la trucha alimentada con aceites vegetales no tiene el mismo contenido de ácidos grasos omega 3, por lo que se debe considerar en la fabricación de piensos para truchas los niveles de inclusión y tipo de aceites convenientes, por su repercusión directa en la calidad del producto acuícola (Meng *et al.*, 2019).

Considerando que cada vez la industria de piensos para truchas oferta alimentos conteniendo menores cantidades de aceite de pescado, y por otro lado el truchicultor varía la densidad de cultivo; se llevó a cabo el presente estudio para evaluar el efecto combinado del nivel dietético de lípidos y densidad de cultivo sobre parámetros biométricos de desempeño, características de carcasa y composición nutricional de la carne de trucha arco iris alimentada con dos piensos conteniendo dos niveles de lípidos, 12 y 18%, provenientes principalmente del aceite de pescado obtenido de anchoveta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del experimento

Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de aproximadamente 9 meses de edad, con 90 g de peso inicial, 19 cm de longitud inicial fue cultivada y evaluada bajo un sistema de flujo continuo de agua, en la granja piscícola Trucha de la Loma, Campamento Túnel Conchano, provincia de Chota, Perú, ubicado a en las coordenadas 6° 33' 37" S y 78° 38' 59" O.

Los peces fueron criados en estanques con un volumen efectivo de 8,5 m³ en la fase de engorde y 15 m³ en la fase de acabado, con suministro continuo de 5 L/s de agua a 13 ± 0,8 ° C; con oxígeno disuelto de 7,4 ± 1,9 mg / L. Se utilizó un régimen de fotoperíodo natural de aproximadamente 12 h de luz: 12 h de oscuridad durante todo el experimento.

Distribución y manejo de las truchas

Los especímenes de truchas arco iris fueron distribuidos en 12 estanques con cuatro combinaciones de tratamientos (tres lotes experimentales/tratamiento). Dos Factores se evaluaron: nivel de lípidos en la dieta (NDL) al 12% (L12) y 18% (L18)

y densidad de cultivo (DC) al inicio del experimento, 5 kg/m³ (D5) y 15 kg/m³ (D15). Las combinaciones de tratamientos se designaron como L18/D5, L18/D15, L12/D5 y L12/D15.

Después de 56 días de engorde se extrajeron muestras de cada estanque para mediciones biométricas y las truchas pasaron a un estanque de mayor capacidad para una fase final de acabado que duró también 56 días, luego de lo cual se determinó mediciones biométricas, parámetros de calidad y de composición proximal de la carne.

Dos dietas comerciales, peletizadas e isoproteicas (fórmulas cerradas) fueron utilizadas. El fabricante garantizó en ambos piensos la presencia de harina y aceite de pescado, como base en cuanto a composición de ingredientes. La composición nutricional se indica en la Tabla 1. Las dietas difieren en la cantidad de lípidos, extracto libre de nitrógeno y contenido de energía total, siendo la dieta de lípidos más alta (L18) con mayor energía, también.

Los peces fueron alimentados dos veces al día, a las 9:00 y a las 15:00 h, con una ración diaria total estimada de acuerdo a la biomasa.

Tabla 1

Composición proximal (g/kg de alimento fresco) de las dietas experimentales

	Engorde		Acabado	
	L12	L18	L12	L18
Humedad	110,1	109,2	112,2	111,7
Proteína cruda	449,2	451,2	419,5	421,1
Lípidos	120,6	181,5	120,3	180,9
Extracto no nitrogenado	162,6	116,4	206,3	145,1
Cenizas	127,5	111,7	111,7	111,2
Energía (Mcal/kg)	4,24	4,81	4,21	4,75
Ratio proteína/energía (g/Mcal)	105,9	93,8	121,9	88,6

Parámetros biométricos de crecimiento

Cada período de 14 días, los peces fueron pesados en balanza electrónica para ajustar la densidad de cultivo y la ración; se midió la talla con un ictiómetro. Se calculó los parámetros: Ganancia de peso (GP), coeficiente de variación (CV) del peso, tasa de crecimiento específico (TCE), ingesta total (IT), conversión alimenticia (CA), ganancia de longitud (GL), índice de condición (IC), sobrevivencia (S). Se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$GP (\%) = [(PF-PI) / PI] \times 100 \quad (1)$$

Donde PF, es el peso final de la trucha y PI es el peso inicial de la trucha.

$$CV (\%) = (DS \text{ del PF} / \text{media de pesos}) \times 100. \quad (2)$$

Donde DS del PF, es la desviación estándar del peso final.

$$TCE (\%) = [(\ln PF - \ln PI) / \text{días}] \times 100 \quad (3)$$

Donde ln PF, es el logaritmo natural del peso final y ln PI, es el logaritmo natural del peso inicial.

$$IT (\text{g/pez}) = AS/N^\circ \text{ de peces} \quad (4)$$

Donde AS, es el alimento suministrado por estanque durante todo el experimento.

$$CA = IT/GP \quad (5)$$

Donde GP, es la ganancia de peso promedio de una trucha (g/pez).

$$GL (\text{cm}) = LF - LI \quad (6)$$

Donde LF, es la longitud de la trucha al final del experimento y LI es la longitud de la trucha al inicio del experimento.

$$IC = (PF / LF^3) \times 100 \quad (7)$$

$$S (\%) = (N_{pf}/N_{pi}) \times 100 \quad (8)$$

Donde N_{pf}, es Número final de peces y N_{pi} es el número inicial de peces.

Características de carcasa

De cada estanque, se muestrearon 10 peces al azar (30 por tratamiento) al final del periodo experimental, después de 24 h de privación del alimento se sacrificaron los peces y se colocaron rápidamente en recipientes con hielo y se llevaron de la granja a las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca para su análisis.

Se utilizaron cinco peces por estanque (15 por tratamiento) para la determinación de

composición muscular, mientras que los cinco peces restantes (15 por tratamiento) se utilizaron para estudiar la calidad de carcasa. Las mediciones se realizaron en todos los peces muestreados.

Todos los peces muestreados fueron pesados, medidos y eviscerados. El hígado, el músculo, las vísceras completas y la grasa perivisceral se diseccionó y pesó. Se determinó rendimiento de carcasa, índice hepatosomático (IHS), índice viscerosomático (IVS), índice digestivo-somático (IDS) mediante las siguientes ecuaciones:

$$RC (\%) = (PF/Ppe) \times 100 \quad (9)$$

Donde Ppe, representa el peso del pez eviscerado.

$$IHS (\%) = (PH/PF) \times 100 \quad (10)$$

Donde PH, es el peso del hígado de la trucha.

$$IVS (\%) = (PV/PF) \times 100 \quad (11)$$

Donde PV, es el peso de las vísceras de la trucha.

$$IDS (\%) = (POD/PF) \times 100 \quad (12)$$

Donde POD, es el peso de los órganos digestivos de la trucha.

Composición de las dietas y muscular

La composición química de las dietas y músculo, se determinó siguiendo el procedimiento estándar de contenido de agua por desecación en una estufa a 105 ° C; proteína cruda por el método Kjeldhal (proteína cruda = N × 6,25) y extracción total de lípidos por el método de Soxhlet. Los lípidos totales en músculo fueron extraídos por gravimetría después de homogenizar dos veces en cloroformo.

Análisis estadístico

El efecto de los factores “densidad de cultivo” y “Nivel de lípidos en la dieta”, así como sus interacciones fue determinado para cada parámetro mediante el ajuste de un estadístico según modelo lineal general (análisis GLM) que relaciona parámetros medidos con factores predictivos. Para cada tratamiento, los datos fueron analizados utilizando un ANOVA unidireccional. Se utilizó el sistema de análisis estadístico versión 9.0 software (SAS Institute Inc, Cary, North Carolina, USA). Cada estanque fue usado como una unidad experimental (n=3). Una posterior comparación de medias se realizó mediante la prueba de rango múltiple de Tukey (P <0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Crecimiento**

Los parámetros de crecimiento y supervivencia medidos al final del engorde y acabado se presentan en la Tabla 2. Al final del periodo experimental las truchas del L18/D5 alcanzaron

mayor peso corporal que los peces de los demás tratamientos (p<0,05). La ganancia de peso relativa fue mayor en el tratamiento L18/D5 seguido del L18/D15, siendo inferior en las truchas alimentadas con menor contenido lipídico,

reflejándose estas diferencias estadísticas ($p < 0,05$) también en la tasa de crecimiento específico y en el CV del peso final, con mayores CV en los tratamientos con mayor densidad de cultivo y menor CV en las truchas alimentadas con un contenido lipídico de 18% respecto de las alimentadas con 12%.

En cuanto a parámetros alimenticios como ingesta total, esta fue mayor en los tratamientos L18/D5, L18/D15 y L12/D5, observándose un menor consumo en toda la fase experimental en el tratamiento L12/D15, lo que a su vez generó conversiones alimenticias diferentes, no atribuyéndose las diferencias en CA precisamente a las ligeras diferencias en consumo sino a las marcadas diferencias de ganancias de peso entre tratamientos; así el tratamiento L18/D5 fue mejor en CA que los otros tres tratamientos, siendo el L12/D15 el que alcanzó una conversión con menor eficiencia. En cuanto a talla o longitud de la trucha, índice corporal y sobrevivencia no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) por efecto del nivel lipídico dietario ni por las dos diferentes densidades de cultivo.

El peso final de las truchas en las diferentes combinaciones de tratamientos de nuestro estudio coincide con la respuesta productiva de la trucha, reportada en algunas investigaciones, en las que se observa que a mayor densidad de cultivo se ve afectado inversamente el incremento de peso y por tanto el peso corporal final, tal como se indican en las evaluaciones de truchas a densidades de 15 y 40 kg/m^3 (Suárez *et al.*, 2014; Suárez *et al.*, 2015; Trenzado *et al.*, 2018).

También se determinó que el nivel creciente en el contenido de lípidos dietarios de 12 a 18% favoreció el buen desempeño de la trucha arcoíris en crecimiento, lo cual coincide con lo reportado en la trucha arcoíris triploide, que mostró mejores pesos finales, tasa de crecimiento específico, ingesta de alimento y conversión alimenticia, con niveles de lípidos en la dieta de hasta 22.8%. Este efecto benéfico de los niveles crecientes de lípidos en la dieta está fundamentado debido a que el sistema digestivo de la trucha se ve estimulado a una mayor actividad de la proteasa estomacal, actividad de la lipasa y amilasa en el intestino (Meng *et al.*, 2019), que favorecen una mejor digestibilidad de los nutrientes.

Características de carcasa

Las características de la carcasa de la trucha arcoíris medidos al final del engorde y acabado se presentan en la Tabla 3. Las truchas del tratamiento L18/D5 alcanzaron mayor peso de trucha eviscerada que los peces de los tratamientos con NL de 12% ($p < 0,05$). Tales diferencias guardan estrecha correlación con el peso corporal de la trucha al final del experimento, lo cual se corrobora con el rendimiento de carcasa o peso relativo de la carcasa, que no se vio afectado por NL dietario ni DC ($p > 0,05$). El peso del hígado y su correspondiente índice hepato-somático no se vieron afectados por los tratamientos en estudio ($p > 0,05$). Los pesos de vísceras, estructuras digestivas y grasa abdominal, los índices IVS e IDS si muestran diferencias estadísticas relacionadas al NL y DC ($p < 0,05$).

Tabla 2

Desempeño en crecimiento de la trucha arcoíris alimentada con dos niveles de lípidos y criada en dos densidades de cultivo diferentes

Variable	Tratamientos				Significancia		
	L18/D5	L18/D15	L12/D5	L12/D15	NL	DC	NL*DC
Peso inicial (g)	90,1±0,1	90,8±0,1	91,1±0,1	90,7±0,1	0,872	0,214	0,382
Peso final (g)	252,1±21,9 ^a	239,3±42,2 ^b	227,2±32,6 ^c	219,9±53,1 ^{cd}	0,001	0,042	0,124
Ganancia de peso (%)	179,8±2,7 ^a	163,5±3,8 ^{ab}	149,4±3,1 ^c	142,4±2,6 ^c	0,044	0,067	0,251
CV del peso final (%)	8,7±4,4 ^c	17,6±7,7 ^b	14,3±8,5 ^b	24,1±10,7 ^a	0,019	0,004	0,089
TCE (%)	0,91±0,1 ^a	0,86±0,1 ^b	0,81±0,1 ^c	0,79±0,1 ^c	0,036	0,048	0,163
Ingesta total (g/pez)	187,3±3,8 ^a	177,7±4,7 ^{ab}	181,1±4,6 ^a	171,1±5,9 ^b	0,047	0,025	0,361
Conversión alimenticia	1,15±0,1 ^c	1,23±0,1 ^b	1,24±0,1 ^b	1,37±0,1 ^a	0,016	0,038	0,252
Longitud inicial (cm)	19,8±0,1	19,5±0,2	19,9±0,1	19,1±0,3	0,923	0,736	0,623
Longitud final (cm)	28,4±0,8	28,2±1,1	27,7±1,3	27,1±1,3	0,065	0,097	0,327
Índice de condición	1,1±0,1	1,1±0,1	1,1±0,2	1,1±0,2	0,081	0,162	0,451
Sobrevivencia (%)	96,6±0,3	96,1±0,3	97,2±0,4	95,4±0,5	0,058	0,093	0,362

Valores con letras diferentes (a,b,c) en la misma fila indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$)

CV: Coeficiente de variación. TCE: Tasa de crecimiento específico.

Tabla 3

Características de carcasa de la trucha arcoíris alimentada con dos niveles de lípidos y criadas en dos densidades de cultivo diferentes

Variable	Tratamientos				Significancia		
	L18/D5	L18/D15	L12/D5	L12/D15	NL	DC	NL*DC
Peso de carcasa (g)	220,7±19,3 ^a	209,2±23,6 ^{ab}	198,5±35,5 ^b	191,7±37,8 ^b	0,047	0,058	0,251
Peso de hígado (g)	2,6±0,6	2,5±0,7	2,2±0,9	2,4±0,5	0,097	0,162	0,362
Peso de vísceras (g)	24,9±3,2 ^a	22,5±3,3 ^{ab}	21,1±3,6 ^b	17,7±3,6 ^c	0,042	0,049	0,215
Peso digestivo (g)	18,3±3,1 ^a	17,0±3,5 ^{ab}	15,4±3,8 ^b	13,2±4,2 ^c	0,031	0,039	0,276
Grasa visceral (g)	2,3±0,3 ^a	2,1±0,5 ^{ab}	1,7±0,4 ^b	1,2±0,7 ^c	0,007	0,021	0,216
RC(%)	87,6±0,5	87,4±0,8	87,4±0,7	87,1±0,9	0,172	0,211	0,312
IHS (%)	1,0±0,2	1,0±0,4	0,9±0,9	1,1±0,1	0,463	0,251	0,439
IVS (%)	9,9±0,9 ^a	9,4±0,8 ^a	9,3±1,1 ^a	8,4±1,2 ^b	0,049	0,043	0,176
IDS (%)	7,2±0,7 ^a	7,1±1,1 ^a	6,8±0,9 ^a	6,0±1,3 ^b	0,048	0,032	0,153

Valores con letras diferentes (a,b,c) en la misma fila indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$)

RC: Rendimiento de carcasa. IHS: Índice hepato-somático. IVS: Índice víscero-somático. IDS: Índice digestivo-somático.

El peso de estructuras digestivas de la trucha arcoíris pudo verse afectada debido a que niveles altos de lípidos dietarios pueden variar la morfología intestinal engrosando la capa muscular y la densidad de las células caliciformes (Meng *et al.*, 2019). Sin embargo, el hígado no cambió su tamaño, aun cuando tuvo que desarrollar mayores actividades metabólicas básicas; sobre todo en las truchas criadas bajo condiciones extremas de niveles bajos de energía dietaria y densidades altas de crianza, lo cual puede incrementar la actividad enzimática de las deshidrogenasas y transaminasas para mantener buenas tasas de crecimiento y sobrevivencia (Suárez *et al.*, 2015).

Composición muscular

En relación con la composición muscular, estos se indican en la Tabla 4. El nivel de lípidos en la dieta influyó significativamente en el contenido de humedad y lípidos, siendo su influencia opuesta, por lo tanto, el agua muscular fue más alta y los lípidos menores a medida que los niveles de lípidos dietarios de las truchas disminuyeron de 18 a 12%. En estos peces, el contenido de lípidos del filete no fue influenciado por la densidad de cultivo ($p > 0,05$), aunque se encontró la tendencia que los peces criados en densidad más alta exhibieran un menor nivel de grasa muscular. El aumento de lípidos en músculo de trucha fue proporcional al

nivel de lípidos dietarios ($p < 0,05$). La proteína del filete de trucha no se vio afectado por el NL ni por la DC ($p > 0,05$).

El mayor contenido lipídico en músculo de trucha puede haberse generado posiblemente debido a una mayor lipogénesis promovida por la hormona ghrelina (Velasco *et al.*, 2016) y no por la insulina, por cuanto la dieta con más lípidos tuvo menor proporción de carbohidratos, condición que no estimula actividad lipogénica de la insulina (Jin *et al.*, 2014). Del mismo modo se puede inferir una mayor calidad de filete por la mayor cantidad de lípidos en su composición, provenientes de dietas con 18% de lípidos de pescado ricos en ácidos grasos omega 3 como el ácido eicosapentanoico y ácido docosahexanoico (Codabaccus *et al.*, 2013). La proteína muscular no se vio afectada posiblemente por la dieta, debido a que ambos programas evaluados fueron iso nitrogenados, por lo que las truchas de los diferentes tratamientos tuvieron actividades de tripsina y quimotripsina en el intestino también similares (Ma *et al.*, 2019) y, aunque no se realizó el análisis de lisina contenida en el pienso, posiblemente no hubo diferencias entre ambos programas alimenticios, lo cual no generó diferencias en la proteína del filete de trucha arcoíris, que tiende a mejorar con ingestas altas de lisina (Lee *et al.*, 2020).

Tabla 4

Composición muscular de la trucha arcoíris alimentada con dos niveles de lípidos y criadas en dos densidades de cultivo diferentes

	Humedad %	Proteína %	Lípidos %
<i>Media de los tratamientos</i>			
L12D5	74,5 ^a	20,5	4,3 ^b
L12D15	74,2 ^a	20,6	4,0 ^b
L18D5	73,1 ^b	20,4	5,2 ^a
L18D15	73,4 ^b	20,5	4,9 ^a
SEM	2,4	0,8	0,2
<i>Efectos principales</i>			
L12	74,4	20,5	4,2
L18	73,4	20,4	5,1
D5	73,8	20,5	4,7
D15	73,7	20,5	4,5
<i>Significancia Estadística</i>			
NL	0,047	0,096	0,009
DC	0,341	0,231	0,073
NL*DC	0,463	0,341	0,126

Valores con letras diferentes (a,b,c) en la misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$)

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio conllevan a concluir que el mejor peso final y conversión alimenticia de la trucha arcoíris en engorde y acabado se obtiene con un nivel de lípidos en la dieta de 18% y una densidad de cultivo de 5 kg/m³. También se encontró que los dos factores

evaluados no influyen en el rendimiento de carcasa, peso del hígado e índice hepatosomático. Del mismo modo el nivel de lípidos de 18% en la dieta genera mayor contenido lipídico en el músculo de la trucha.

AGRADECIMIENTOS

Al propietario de la Granja piscícola Trucha de la Loma, Campamento Túnel Conchano, provincia de Chota, Perú,

por facilitarnos el uso de sus instalaciones y proporcionar el material biológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bar, N.; Volkoff, H. 2012. Adaptation of the Physiological, Endocrine, and Digestive System Functions to Prolonged Food Deprivation in Fish. In: Comparative Physiology of Fasting, Starvation, and Food Limitation. Springer Berlin Heidelberg. 69-89 pp.
- Cleveland, B.M.; Hanson, B.K.; Wickramaratne, A.; Picklo, M.J. 2018. Deposition and mobilization of lipids varies across the rainbow trout fillet during feed deprivation and transition from plant to fish oil-based diets. *Journal Aquaculture* 491: 39-49.
- Codabaccus, M.B.; Wing-Keong, N.; Nichols, P.D.; Carter, C.G. 2013. Restoration of EPA and DHA in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using a finishing fish oil diet at two different water temperatures. *Journal Food Chemistry* 141: 236-244.
- Davidson, J.W.; Kenney, P.B.; Manor, M.; Good, C.M.; Weber, G.M.; Aussanasuwannakul, A.; Turk, P.J.; Welsh, C.; Summerfelt, S.T. 2014. Growth performance, fillet quality, and reproductive maturity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured to 5 kilograms within fresh water recirculating systems. *Journal Aquaculture, Research & Development* 5(4): 2-9.
- Dumas, A.; Raggi, T.; Barkhouse, J.; Lewis, E.; Weltzien, E. 2018. The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal Aquaculture* 492: 24-34.
- Eya, J.; Yossa, R.; Ashame, M.F.; Pomeroy, C.F.; Gannam, A.L. 2013. Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization and mitochondrial function in low- and high- feed efficient families of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal Aquaculture* 416-417: 119-128.
- FAO. 2014. Manual práctico para el cultivo de la trucha arco iris. 1ª Edición. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 39 pp.
- Fontagné-Dicharry, S.; Larroquet, L.; Dias K.; Cluzeaud, M.; Heraud, C.; Corlay, D. 2018. Effects of dietary oxidized fish oil supplementation on oxidative stress and antioxidant defense system in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal Fish and Shellfish Immunology* 74: 43-51.
- Jin, J.; Panserat, S.; Kamalam, B.S.; Aguirre, P.; Véron, V.; MÉDALE, F. 2014. Insulin regulates lipid and glucose metabolism similarly in two lines 4 of rainbow trout divergently selected for muscle fat content. *Journal General and Comparative Endocrinology* 204: 49-59.
- Lee, S.; Small, B.C.; Patro, B.; Overturf, K.; Hardy, R.W. 2020. The dietary lysine requirement for optimum protein retention differs with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) strain. *Journal Aquaculture* 514: 734483.
- Ma, R.; Liu, X.; Meng, Y.; Wu, J.; Zhang, L.; Han, B.; Qian, K.; Luo, Z.; Wei, Y.; Li, D. 2019. Protein nutrition on sub-adult triploid rainbow trout: Dietary requirement and effect on anti-oxidative capacity, protein digestion and absorption. *Journal Aquaculture* 507: 428-434.
- Meng, Y.; Qian, K.; Ma, R.; Liu, X.; Han, B.; Wu, J.; Zhang, L.; Zhan, T.; Hu, X.; Tian, H.; Li, C. 2019. Effects of dietary lipid levels on sub-adult triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): 1. Growth performance, digestive ability, health status and expression of growth-related genes. *Journal Aquaculture* 513: 734394.
- OCDE-FAO. 2017. Perspectivas agrícolas 2017-2026. París, Francia. 149 pp.
- Suárez, M.D.; Trenzado, C.E.; García-Gallego, M.; Furnéa, M.; García-Mesa, S.; Domezaind, A.; Alba, I.; Sanz, A. 2015. Interaction of dietary energy levels and culture density on growth performance and metabolic and oxidative status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal Aquacultural Engineering* 67: 59-66.
- Suárez, M.D.; García-Gallego, M.; Trenzado, C.E.; Guil-Guerrero, J.L.; Furné, M.; Domezaine, A.; ALBA, I.; SANZ, A. 2014. Influence of dietary lipids and culture density on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) flesh composition and quality parameter. *Aquacultural Engineering* 63:16-24.
- Trenzado, C.E.; Carmona, R.; Merino, R.; García-Gallego, M.; Furné, M.; Domezain, A.; SANZ, A. 2018. Effect of dietary lipid content and stocking density on digestive enzymes profile and intestinal histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal Aquaculture* 496: 10-16.
- Velasco, C.; Librán-Pérez, M.; Otero-Rodiño, C.; López-Patiño, M.A.; Míguez, J.M.; Soengas J.L. 2016. Intracerebro-ventricular ghrelin treatment affects lipid metabolism in liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal General and Comparative Endocrinology* 228: 33-39.
- Wing-Keong, N.; Codabaccus, B.M.; Carter, C.G.; Nichols, P.D. 2010. Replacing dietary fish oil with palm fatty acid distillate improves fatty acid digestibility in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, maintained at optimal or elevated water temperature. *Journal Aquaculture* 309: 165-172.
- Yildiz, M.; Eroldoğan, T.O.; Ofori-Mensah, S.; Engin, K.; Baltacı, A. 2018. The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. *Journal Aquaculture* 488: 123-133.
- Zárate, I.; Sánchez, C.; Palomino, H.; Smith, C. 2018. Caracterización de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 29(4): 1310-1314.