

Eficiencia de la harina *Lens culinaris* en el crecimiento de tilapia Efficiency of *Lens culinaris* flour in tilapia growth

Karen Liliana Alvarado Claudett¹ , Jostin Joasyn Joutex Orben¹, Grace Carola Tacuri Cevallos¹, Antonio Ramón Torres Noboa^{1,2}, Geovanna Parra-Ríofrío^{1,2} 

¹Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 090601 Guayaquil, Ecuador

²Laboratorio de Acuicultura, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 090601 Guayaquil, Ecuador

Correspondencia: Geovanna Parra-Ríofrío, **E-mail:** geovanna.parrar@ug.edu.ec

Artículo original | Original article

Palabras clave

L. culinaris
Leguminosa
Alevines
Crecimiento isométrico
Relación talla-peso

RESUMEN | El cultivo de *Oreochromis* spp., representa una base económica en diferentes países debido a que la especie muestra diversos grados de tolerancia a factores físico-químicos y un rápido crecimiento. En esta investigación se evaluó el efecto de la inclusión de *Lens culinaris* en dietas de alevines de tilapia. Los alevines tuvieron pesos y tallas similares de $1,20 \text{ g} \pm 0,01$ y $2,9 \text{ cm} \pm 0,01$, respectivamente. Los alimentos fueron racionados cuatro veces al día donde se determinó el efecto del crecimiento mediante diferentes niveles de sustituciones (0, 80, 50 y 20 %) de harina de lenteja. Los índices productivos analizados fueron: tasa de crecimiento, tasa de eficiencia, factor de condición y conversión alimenticia. Se observaron diferencias significativas entre las dietas en cuanto al peso, talla y tasa de crecimiento específico, siendo el control eficiente con respecto a los demás tratamientos. De acuerdo, a este estudio *L. culinaris* puede ser incluida hasta un 20 % para la alimentación en alevines de *Oreochromis* spp sin afectar los parámetros productivos.

Keywords

L. culinaris
Fingerlings
Legume
Isometric growth
Length-weight relationship

ABSTRACT | The culture of *Oreochromis* spp., represents an economic base in different countries because the species shows various degrees of tolerance to physical-chemical factors and rapid growth. In this study, the effect of the inclusion of *Lens culinaris* in diets of tilapia fingerlings was evaluated. The fingerlings had similar weights and sizes $1.20 \text{ g} \pm 0.01$ and $2.9 \text{ cm} \pm 0.01$, respectively. The feed was rationed four times a day where the effect on growth was determined by different levels of substitutions (0, 80, 50 and 20 %) of lentil flour. The productive indexes analyzed were: growth rate, efficiency rate, condition factor and feed conversion. There were significant differences among diets with respect to weight, length and specific growth rate with the control being efficient with respect to the other treatments. According to this study, *L. culinaris* can be included up to 20% for the feeding of *Oreochromis* spp., fingerlings without affecting the productive parameters.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de peces de uso alimenticio se ha convertido en una plataforma económica en diferentes países, dado que ciertos organismos acuáticos presentan distintos grados de tolerancia a parámetros ambientales, logrando obtener gran producción y poder ser comercializados, además, de un crecimiento rápido, conversión eficiente del alimento y resistencia a enfermedades (AIDA, 2017). Sin embargo, para alcanzar una producción exitosa, es necesario también que se utilicen alimentos comerciales (AC) o fuentes alternas que contengan diferentes niveles proteicos de acuerdo con el ciclo de vida que se encuentre el organismo (Aquatech, 2018; AIDA, 2017).

Carrillo (1995) menciona que los ingredientes de origen animal y vegetal constituyen alrededor del 50 al 70 % del alimento comercial, siendo la alimentación uno de aspectos relevantes en el cultivo dado que forma parte importante de los costos de producción (Barragán *et al.*, 2017). Mediante la utilización de proteína vegetal se busca satisfacer las demandas del sector de la acuicultura, y permitir obtener una alternativa de sustitución de la harina de pescado, debido a que tanto la industria acuícola y áreas de producción animal, sean ganaderas y avícolas, se interesan en este recurso exclusivo para la elaboración de

balanceados, lo que ocasiona una sobrepesca de estos recursos (Toyes, 2016). Por este motivo, se están realizando investigaciones sobre diversas fuentes de harinas vegetales como fuente proteica y entre estas tenemos a la lenteja de agua (*Lemna* sp.) (González *et al.*, 2013), arroz (Khan *et al.*, 2013), hoja de mango (Abarike *et al.*, 2014), entre otras.

El estudio y uso de leguminosas es limitado debido a sus factores antinutricionales, deficiencia de ciertos aminoácidos, altos niveles de carbohidratos, almidón, fibra y dificultades digestivas (Geoff *et al.*, 2001). La lenteja, *Lens culinaris* Medik contiene un alto contenido nutricional de 25 – 33,1 % de proteína (Ayadi *et al.*, 2012), 11 % de fibra, 35 – 53 % hidratos de carbono, vitaminas y oligoelementos (magnesio, potasio, fósforo) que está destinado para el consumo humano y también se considera como alternativa para la nutrición animal (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA], 2019).

En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue evaluar la inclusión parcial de la harina de lenteja (HL) (*L. culinaris*) en el crecimiento de alevines de tilapia (*Oreochromis* spp.), mediante la realización de un análisis para estimar la eficiencia en ganancia de talla y peso con los diferentes tratamientos. Así mismo, determinar la supervivencia, crecimiento y a través de una tabla en relación con el peso que contribuya a la optimización del factor de conversión alimenticia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil específicamente en el laboratorio de Acuicultura y Piscicultura, ubicado en la Av. Raúl Gómez Lince y Av. Juan Tanca Marengo con coordenadas: 02° 14'57.24"S y 79° 91'69.69"O.

Para el ensayo se utilizaron un total de 120 alevines reversados de *Oreochromis* spp., con una masa corporal promedio de $1,18 \text{ g} \pm 0,01$ obtenidos de la granja Proveedores de Alevines de tilapia roja y grises Carlos Gonzabay. Posteriormente, estos fueron aclimatados durante 35 min en un tanque con capacidad de 750 L, con agua previamente declorada proveniente de un tanque de almacenamiento. El estudio tuvo una duración de 70 días entre abril y mayo 2021.

Diseño Experimental

Consistió en evaluar el crecimiento de los alevines con una dieta experimental de harina de lenteja (HL) mezclada con un alimento comercial (AC), con el 35 % de proteína. Se utilizaron 12 peceras con dimensiones: 40 x 40 x 40 cm de ancho, alto y fondo, respectivamente, 4 mm de espesor y 30 cm de lámina de agua, equivalente a 48 L, en las que se colocaron 10 alevines por pecera, seleccionados al azar, con peso y talla promedio $1,20 \text{ g} \pm 0,01$ y $2,9 \text{ cm} \pm 0,01$, respectivamente.

Dieta Experimental

La alimentación estuvo basada en cuatro tratamientos experimentales y tres réplicas cada una partir de una mezcla del AC con diferentes porcentajes de *L. culinaris*. El alimento no consumido y las heces se retiraron diariamente mediante sifoneo antes de cada alimentación. Se realizó análisis de proteínas de cada tratamiento mediante el método colorimétrico propuesto por Lowry *et al.* (1951) (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos y composición proteica de las raciones utilizadas para la alimentación de tilapia.

Tratamientos	Composición	Proteína %
C	100% AC	35
T1	20% AC + 80% HL	19
T2	50% AC + 50% HL	25
T3	80% AC + 20% HL	31

Formulación de la dieta

Para la obtención del alimento se procedió a elaborar pellets mediante el uso de la lenteja comercial molida y complementada con el AC de acuerdo con los tratamientos previamente descritos, luego se sometió a un secado en una estufa a 44 °C hasta alcanzar una humedad de 10 – 12 %. Finalmente, todos los elementos fueron molidos hasta alcanzar un tamaño de partículas de 1,45 mm acorde al tamaño de la boca del pez y que fueron variando a medida que iban creciendo los organismos con un tamaño final de pellet aproximadamente entre 1,65 a 1,8 mm (AIDA, 2017). La cantidad del alimentado suministrado fue a razón del 15 % del peso promedio de los alevines en cada tratamiento, de acuerdo con lo postulado por Baltazar y Palomino (2004) y alimentados cuatro veces al día (09:00, 11:00, 13:00 y 15:00).

Parámetros biométricos

Para el control de la talla (cm) y el peso (g) de los individuos se realizó las mediciones mediante un calibrador con precisión 0,01 mm y una balanza digital con precisión 0,1 g. Así mismo, se utilizó los siguientes métodos de evaluación para determinar el crecimiento de los individuos según lo mencionado por Mirabent *et al.* (2020) (Tabla 2).

Tabla 2. Ecuaciones para el cálculo de los parámetros productivos

Parámetros	Fórmulas
Ganancia de peso (GP)	Peso final-Peso inicial
Ganancia de longitud (cm)	Longitud final-Longitud inicial
Tasa de crecimiento absoluto (%/día) (TCA)	(Peso final-Peso inicial) / Tiempo
Tasa de crecimiento específico (%/día) (TCE)	((Ln peso final-Ln peso inicial) / Tiempo) x 100
Factor de condición (g/cm ³)	(Peso /Longitud total ³) x 100
Sobrevivencia (%)	(# Individuos final / # Individuos inicial) x 100
Tasa de eficiencia alimenticia (%/día) (TEA)	Peso ganado/Peso del alimento suministrado
Factor de conversión de alimento (g) (FCA)	Peso del alimento suministrado/Peso ganado

Modelo de relación longitud-peso

Para esta evaluación se utilizó la ecuación de regresión, donde los datos fueron combinados para la obtención de los coeficientes *a* y *b*.

$$W = a L^b$$

Donde: *W* = es el peso (g), *L* = es la longitud (cm), *a* y *b* son los coeficientes que proporcionaron el tipo de crecimiento. Los coeficientes fueron estimados usando el método de mínimos cuadrados, linealizando la ecuación mediante transformación del peso y la longitud a logaritmo decimal. Según Santoyo *et al.* (2019), se considera un crecimiento isométrico si *b* no difiere significativamente de 3, alométrico positivo (*b*>3) y alométrico negativo (*b* < 3).

Factores fisicoquímicos del agua

Se realizaron recambios de agua del 30% todos los días y un recambio total durante la recopilación de datos de peso y talla. Para mantener la calidad del agua, evitar presencia de patógenos y altas concentraciones de amonio, nitritos y nitratos, estos compuestos fueron evaluados mediante el Kit Api. Los resultados y comparaciones fueron observados en lugares bien iluminados para disminuir el margen de error. La temperatura se mantuvo constante en 27 °C con un termostato Hanna HI 98127 mientras que la concentración de oxígeno se evaluó a través del método Winkler (2013).

Análisis estadístico

Para los resultados obtenidos se les realizó las medias ± desviación estándar. Previo a la evaluación estadística se corroboraron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los datos. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, posteriormente para determinar la diferencia entre

los grupos se realizó la prueba de Tukey. Las diferencias significativas se consideraron cuando ($p < 0,05$). Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico Statistica Versión 7.0.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros pH, temperatura, nitrito y nitrato se mantuvieron constantes y en los intervalos adecuados para la especie, sin evidenciar diferencias entre los tratamientos ($p > 0,05$). Sin embargo, el nitrato, en los tratamientos Control y T3 presentaron durante los primeros 15 días valores de $1,67 \text{ mg L}^{-1}$, en comparación con los tratamientos T1 y T2 que registraron un valor de $3,33 \text{ mg L}^{-1}$ durante los 30 primeros días ($p > 0,05$). El oxígeno disuelto fue disminuyendo conforme avanzaba el estudio, además sus promedios fueron similares en todos los tratamientos ($p > 0,05$). En el caso del amonio, se observó que el control mostró el mayor valor promedio, el cual tuvo diferencias significativas con respecto a los T1 y T2 ($p < 0,05$), mas no con el T3 ($p > 0,05$) (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de parámetros fisicoquímicos del agua en los tratamientos con la inclusión de la harina de *L. culinaris*

Parámetros	Tratamientos			
	C	T1	T2	T3
pH	7,53 ^a	7,53 ^a	7,53 ^a	7,54 ^a
Temperatura (° C)	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a
Oxígeno Disuelto (mg/L^{-1})	6,52 ^a	6,92 ^a	6,78 ^a	6,70 ^a
Nitrito (mg/L^{-1})	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
Nitrato (mg/L^{-1})	0,00 ^a	0,67 ^a	0,67 ^a	0,33 ^a
Amonio (mg/L^{-1})	1,04 ^a	0,55 ^b	0,62 ^b	0,75 ^{ab}

*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Análisis estadísticos de los Indicadores de crecimiento y productividad

Peso y talla

Los resultados obtenidos en cuanto al peso mostraron diferencias significativas entre todos los tratamientos ($p < 0,05$), siendo mayor el C y el tratamiento con 20 % de HL (T1). Además, se observó que a partir del día 12 el T3 y C incrementaron su crecimiento en peso con respecto al T1 y T2. Los pesos finales obtenidos de las dietas experimentales fueron para el T1 ($6,38 \pm 0,03 \text{ g}$) y T2 ($8,57 \pm 0,11 \text{ g}$), siendo el T3 el que registró un mayor incremento de peso con ($13,81 \pm 0,04 \text{ g}$), mientras que en el C se alcanzó ($15,65 \pm 0,06 \text{ g}$) ($p < 0,05$) (Figura 1).

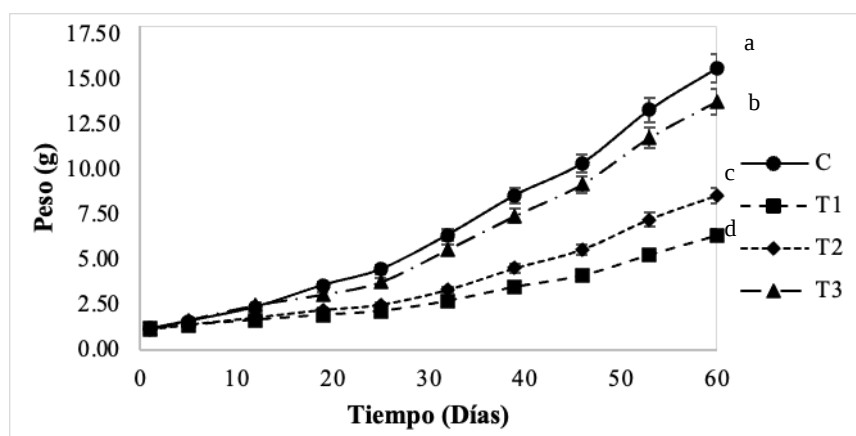


Figura 1. Crecimiento progresivo en peso de acuerdo con los diferentes porcentajes de inclusión de lenteja en las dietas. *Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Por otra parte, la talla reportada del C fue de $7,76 \pm 0,29 \text{ cm}$ que se diferencia del T3 con un 6,2 % de incremento en el día 60 ($p < 0,05$) (Figura 2), donde los valores promedios obtenidos al finalizar la

evaluación en los tres tratamientos experimentales del T1, T2 y T3 fueron de $5,77 \pm 0,05$, $6,51 \pm 0,09$, $7,28 \pm 0,15$ cm, respectivamente.

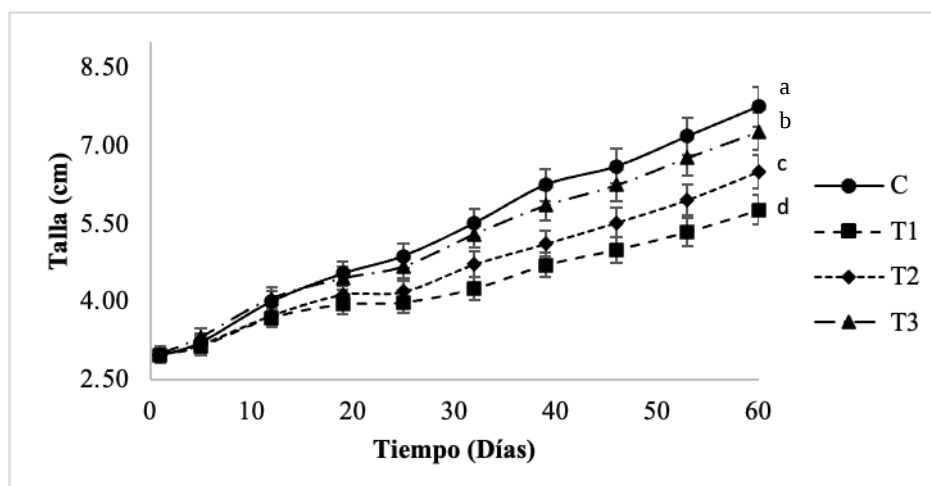


Figura 2. Crecimiento progresivo en talla de acuerdo con los diferentes porcentajes de inclusión de lenteja en las dietas. *Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

La tasa de crecimiento absoluto (TCA) mostró que el T3 fue 2,3 y 1,8 veces mayor con respecto al T1 y T2 ($p < 0,05$), respectivamente. Sin embargo, el C aumentó 1,1 más que el T3 ($p < 0,05$). Para la TCE el C y T3 obtuvieron valores de $4,30 \pm 0,01$ y $4,11 \pm 0,02$, respectivamente, donde se evidenció que hubo una diferencia del 18,28 % ($p < 0,05$). Por otra parte, para el día 60, el T3 presentó un incremento del 32,12 y 19,71 % referente a los T1 y T2, respectivamente ($p < 0,05$), siendo el control el más eficiente. La biomasa presentó diferencias entre todos los tratamientos ($p < 0,05$) el cual el tratamiento que obtuvo mayor ganancia fue el C seguido del T3. Por otra parte, en el factor de condición (FC), no se observó diferencias significativas en ninguno de los tratamientos ($p > 0,05$), no obstante, el tratamiento que presentó mejor condición de aprovechamiento de alimento fue el T3. Finalmente, durante el tiempo del ensayo la sobrevivencia de los individuos no se vio afectada por la inclusión de *L. culinaris*, manteniendo un 100 % de supervivencia (Tabla 4).

Tabla 4. Valores promedios y desviación estándar ($\pm$ DE) de los indicadores de crecimiento

Variables	Tratamientos			
	C	T1	T2	T3
TCA (g)	$0,24 \pm 0,00^a$	$0,09 \pm 0,00^b$	$0,12 \pm 0,00^c$	$0,21 \pm 0,00^d$
TCE (%)	$4,30 \pm 0,01^a$	$2,79 \pm 0,13^a$	$3,30 \pm 0,02^a$	$4,11 \pm 0,02^a$
FC (g/cm ³)	$3,37 \pm 0,39^a$	$3,33 \pm 0,10^a$	$3,11 \pm 0,09^a$	$3,59 \pm 0,23^a$
Biomasa inicial (g)	$11,87 \pm 0,06^a$	$12 \pm 1,04^a$	$11,8 \pm 0,2^a$	$11,73 \pm 0,12^a$
Biomasa final (g)	$157,30 \pm 1,15^a$	$63,80 \pm 0,30^b$	$85,67 \pm 1,10^c$	$137,47 \pm 0,50^d$
Supervivencia %	100	100	100	100

Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Factor de condición (FC), Tasa de crecimiento específica (TCE)

*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Tasa de eficiencia alimenticia (TEA %)

La TEA al día 60 no presentó diferencias significativas entre el C y el T3 ($p > 0,05$). Sin embargo, mediante los tratamientos con inclusión de HL, el T3 ($61,00 \pm 0,07$) con relación al T1 ($54,13 \pm 1,03$) y T2 ($57,48 \pm 0,11$) mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), donde se consideró que el aprovechamiento de alimento fue mayor con la inclusión del 20 % de HL; no obstante, fue menor con respecto al C que presentó mayor TEA ($61,61 \pm 0,02$) (Figura 3).

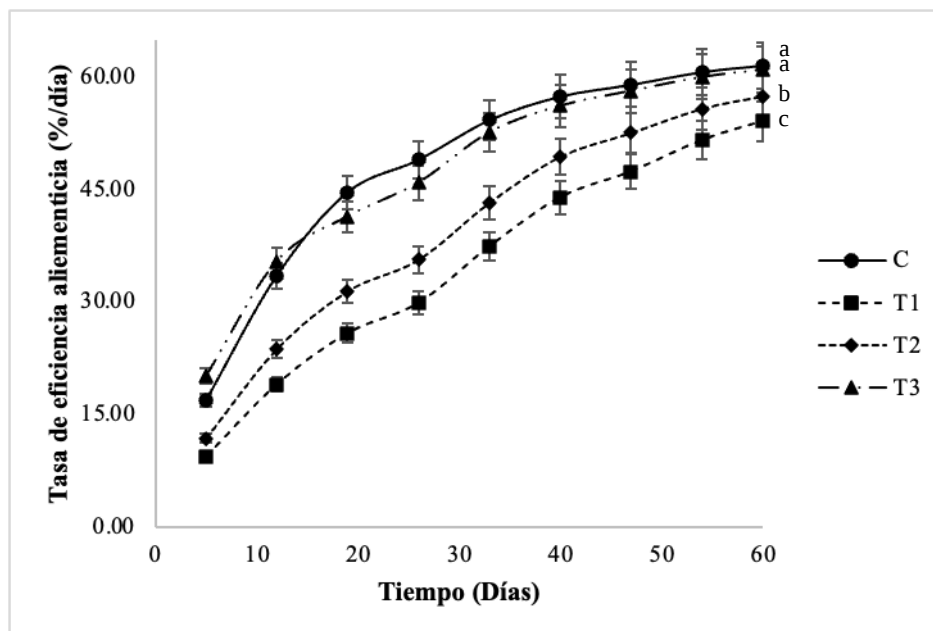


Figura 3. Comportamiento de la eficiencia alimenticia (%) de acuerdo con los diferentes porcentajes de inclusión de lenteja en las dietas. *Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$)

Factor de conversión (FCA)

Al término del ensayo se observó que el FCA no presentó diferencias significativas entre C con $1,62 \pm 0,00$ y T3 con $1,64 \pm 0,00$ ($p > 0,05$). Sin embargo, el T3 tuvo mejor FCA en comparación al T1 con $1,85 \pm 0,04$ y T2 con $1,74 \pm 0,00$ ($p < 0,05$). Se evidenció que el T1 fue el más deficiente entre los tratamientos (Figura 4).

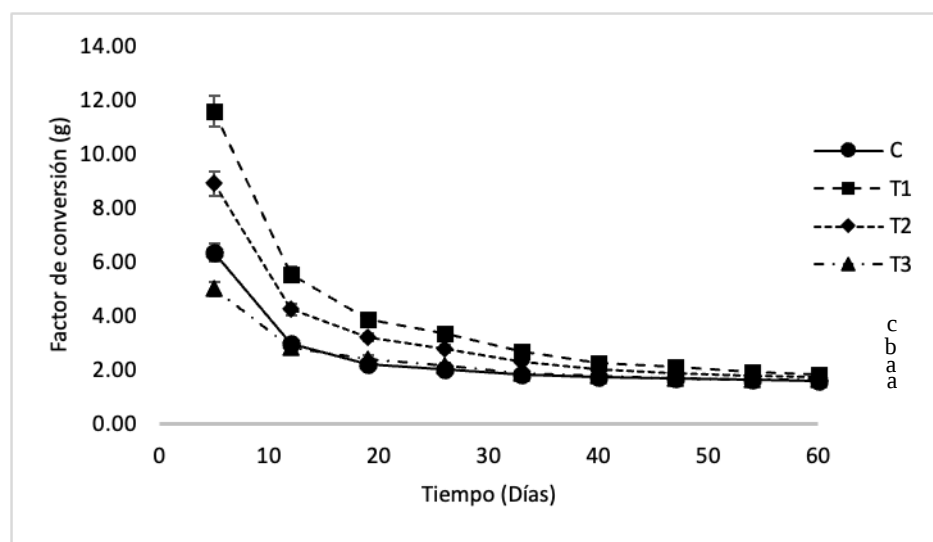


Figura 4. Factor de conversión de acuerdo con diferentes porcentajes de inclusión de lenteja en las dietas. *Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Relación de ASD - peso y tabla alimenticia que optimiza el factor de conversión con relación a la inclusión de la harina de *L. culinaris*

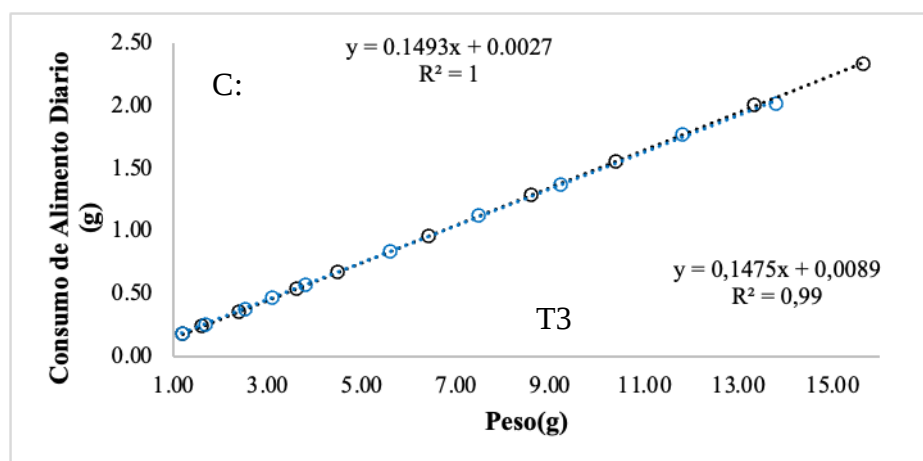
A continuación, se muestra la tabla de alimentación con respecto al C y T3 donde se indica que inicialmente los individuos presentaron valores similares. Sin embargo, el alimento suministrado diario g/pez (ASD) fue ajustado de acuerdo con el promedio de pesos obtenidos semanalmente, el cual resultó ser diferente ($p < 0,05$), debido que a mayor ganancia de peso, el requerimiento de alimento también incrementa (Tabla 5).

Tabla 5. Tabla de alimentación con inclusión de harina de lenteja al 0 % y 20 %.

Días	Peso promedio		ASD (g/pez)		FCA	
	C	T3	C	T3	C	T3
1	1,19	1,18	0,18	0,18		
5	1,60	1,68	0,24	0,25	6,36	5,01
12	2,39	2,51	0,36	0,38	2,98	2,82
19	3,60	3,10	0,54	0,47	2,24	2,41
25	4,48	3,79	0,67	0,57	2,04	2,18
32	6,40	5,59	0,96	0,84	1,84	1,90
39	8,60	7,47	1,29	1,12	1,74	1,78
46	10,39	9,14	1,56	1,37	1,69	1,72
53	13,35	11,80	2,00	1,77	1,65	1,67
60	15,65	13,81	2,33	2,02	1,62	1,64

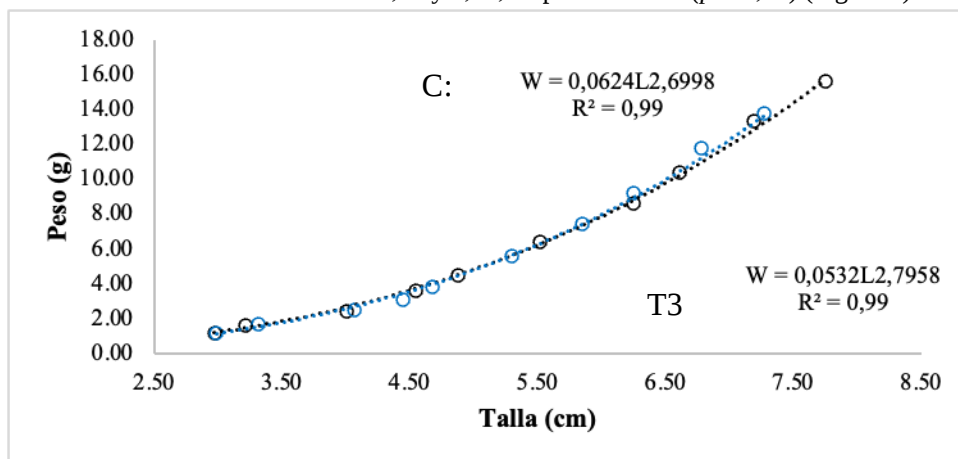
Alimento Suministrado Diario (ASD), Factor de conversión alimenticia (FCA)

Los datos obtenidos en la siguiente figura corresponden a los valores semanales de ASD y el peso donde se observó que de acuerdo con el análisis de las variables, el modelo que mejor se ajustó fue el de tipo lineal donde el C tuvo $W = 0,1493$; ASD $0,0027$ y el T3 $W = 0,1475$; ASD $0,0089$ y el coeficiente de determinación ' r^2 ' de 1 y 0,99, respectivamente (Figura 5).

**Figura 5.** Regresión lineal para el alimento suministrado diario y el peso promedio del C y T3

Relación talla-peso

El modelo que mejor se ajustó a los valores de talla y peso fue de tipo potencial, donde se evidenció que ambos tratamientos C y T3 presentaron un crecimiento isométrico al encontrarse en el intervalo de $(2,5 > b < 3,5)$ en el que la longitud fue proporcional al peso, cuyos coeficientes de ' b ' fueron 2,6998 y 2,7958 y con un coeficiente de determinación ' r^2 ' de 0,99 y 0,99, respectivamente ($p < 0,05$) (Figura 6).

**Figura 6.** Relación talla - peso de alevines *Oreochromis* spp. sometidos a diferentes tratamientos con inclusión de harina de lenteja (20% HL, T3) en comparación con el control (C, sin HL).

DISCUSIÓN

La calidad de agua y el tipo de alimento utilizado está relacionada directamente con el crecimiento de los individuos (Carpio y Fernández, 2019). En este estudio se evaluó los parámetros físicos-químicos en el que se determinó que la temperatura estuvo entre los 27 °C, valores que concuerdan con lo expresado por Carpio y Fernández (2019), en el que mencionan que los rangos óptimos para el crecimiento de tilapia son de 20 – 30 °C.

Por otra parte, el nivel del oxígeno disuelto registrado fue de 6,52 - 7,8 mg/L que, de acuerdo con Landin (2015), se encuentra en el intervalo permisible del cultivo de tilapia que son de 5,0 – 9,0 mg/L. Además, Carpio y Fernández (2019) mencionan que niveles superiores de 4,5 mg/L permiten el crecimiento y supervivencia, debido a que influye en el metabolismo y determina la conversión alimenticia de los organismos, por lo que se ha convertido en un factor relevante en los cultivos. Así mismo, el pH en este estudio se registró en el intervalo 7,53 - 7,54, el cual estuvo dentro de lo establecido por Landin (2015) y Párraga (2021), ya que *Oreochromis* spp. tolera valores neutros o ligeramente alcalinos.

Las variaciones de amonio fueron desde 0,55 a 1,04 mg/L, nitrato (NO₃) de 0,33 – 0,67 mg/L y nitrito (NO₂) de 0,0 mg/L, valores que se encuentran dentro de lo tolerable para la especie de acuerdo a lo mencionado por Párraga (2021). Sin embargo, el no llevar un control de estos factores, puede provocar efectos corrosivos sobre mucosas y branquias, como se observa ante la presencia de elevadas concentraciones de amoníaco y de igual manera los nitritos pueden intervenir en el traspaso del oxígeno.

En la actualidad, se han realizado pocos estudios donde se evalúe la efectividad de sustituir la harina de pescado por leguminosas debido a los antinutrientes que posee. Sin embargo, dependiendo de la cantidad de sustitución, puede convertirse en otra fuente proteica de origen vegetal sin afectar adversamente al crecimiento de los individuos (Geoff *et al.*, 2001).

Abdulrahman y Abdulla (2020) y Abdulrahman *et al.* (2021) reportaron que obtuvieron mejor ganancia de peso y talla en adultos de *C. carpio* con la inclusión del 20 % de harina de *L. culinaris* con respecto a los demás tratamientos y al control. Estos resultados también fueron obtenidos por Guo (2016) que usó almidón de *L. culinaris* en reproductores de tilapia, en los que se mostró una mejor eficiencia en los índices productivos. Las diferencias mostradas con respecto al presente estudio se deben a las distintas especies de peces utilizadas y el estadio en el que se encontraban, ya que en este estudio se utilizaron ejemplares en la etapa de alevines mientras que en los otros estudios se emplearon peces en etapa de engorde. No obstante, Yürüten y Yildiz (2019), y Selcuk *et al.* (2010), evaluando en peso y talla, reportaron que el crecimiento en juveniles de trucha fue menor con la sustitución del 15 % de *L. culinaris* pero con relación a sus tratamientos fue la más eficiente, aunque menor al control. Los resultados concuerdan con los mostrados en este estudio, donde el menor porcentaje de inclusión correspondiente al 20 % mostró una mejor eficiencia a diferencia de sus otros tratamientos, no así, con respecto al control. De acuerdo a lo establecido por Guerrero (2012), el requerimiento de proteína en organismos de menor tamaño es mayor en comparación a los de la fase de engorde.

Por otra parte, la TCA se debe a la velocidad de crecimiento que presentan los individuos. Estos, en periodos iniciales del ciclo de vida, muestran menores valores y van incrementando a medida que crecen, según lo mencionado por Pérez y Sáenz (2015). Esto se verificó en el presente estudio, pues se registró un valor de TCA de 0,24 g para el tratamiento Control y 0,21 g para el de 20 % de inclusión de HL. Estos valores fueron bajos con respecto a los reportados por Muñoz *et al.* (2021) quienes reportan que con el 30 % de inclusión de garbanzo obtuvieron 2,62 g y para el control 2,84 g en juveniles de *O. niloticus*.

Arce y Luna-Figueroa (2003) mencionan que las tasas de crecimiento están influenciadas por factores ambientales y el tipo de alimento. Los resultados de la TCE en este estudio fueron para el C de 4,30 %/día y con la inclusión del 20 % de 4,11 %/día, lo que concuerda con Silva *et al.*, (2020) quienes trabajaron con harina de residuos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) tratadas térmicamente, obteniendo valores altos de 4,7 %/día para el control y 3,5 %/día para el tratado a 35 °C en alevines de *O. niloticus*.

Durante el ensayo, la TEA en alevines de *Oreochromis* spp., presentó con el 20 % de *L. culinaris* un aprovechamiento de 61,00 % y con relación al C el 61,61 %. Valores similares fueron reportados por Khieokhajokhet (2020) que obtuvo para el 10 % de sustitución de harina de hojas de mango el 46,85 % y el control 44,36 %. lo que se evidencia en este trabajo una asimilación y aprovechamiento del alimento. Sin embargo, con relación a Abdulrahman *et al.* (2021) que trabajó con *L. culinaris* al 20 %, reportó el 0,34 % en adultos de *C. carpio*, resultado que está influenciado por la cantidad de proteína encontrada en la dieta, edad y especie del individuo, además que la TEA en alevines es mayor.

El factor de condición (K) indica el estado fisiológico y nutritivo del individuo, que siendo mayor a la unidad representa el bienestar del animal (Asmamaw *et al.*, 2019). Los valores que se presentaron en este estudio, con 3,37 en el control y 3,59 al 20 % de *L. culinaris*, difieren con Babalola *et al.* (2019) quienes obtuvieron valores bajos con harina de *P. biglobosa* fermentada, reportando 0,15 para el control y 0,35 al 100 %. Agregan los autores que los individuos, al estar en estado de cautiverio, el K es deficiente, además que con una elevada inclusión de harina obtuvieron mayor turbidez perjudicando la salud de los animales, lo que no se evidenció con la inclusión del 80 % de *L. culinaris* en el presente estudio.

Por otra parte, la tasa de supervivencia registrada fue del 100 %, resultado que corrobora lo reportado por autores previamente mencionados que trabajaron con *L. culinaris*. Se indicó que la leguminosa no causa mortalidad y presenta buena palatabilidad en adultos de *C. carpio*, juveniles de *O. mykiss* y de acuerdo a este estudio, también en alevines de *Oreochromis* spp. Sin embargo, según Babalola *et al.* (2019) quienes trabajaron con alevines de *Oreochromis* spp., reportaron una mortalidad con el 25 y 100 % de inclusión con harina de *P. biglobosa*, debido a que se presenció un alto nivel de turbidez y acción bacteriana.

Con relación al FCA, de acuerdo con Yürüten y Yildiz (2019, y Selcuk *et al.* (2010) se indica que con la sustitución del 15 % de *L. culinaris* no se obtienen diferencias significativas entre el control y los tratamientos, resultados que se confirman en este estudio con la inclusión del 20 %, en el que a una menor inclusión de proteínas de origen vegetal se demuestra que se requiere menos alimento para producir un kilogramo de pescado. Sin embargo, con los estudios de Tiril *et al.* (2009) con el 30 % de harina de *L. culinaris*, Muñoz *et al.* (2021) con la inclusión del 30 % de harina de garbanzo y Khieokhajokhet (2020) con el 50 % de harina de mango, se determina que el FCA fue mayor con respecto al control. Esto es debido a que una sustitución mayor del 30 % de harina de pescado puede afectar la relación del alimento consumido y biomasa, lo que se evidenció en este estudio con *Oreochromis* spp. con la inclusión del 50 y 80 % de la leguminosa. Se infiere que a medida que aumentan las sustituciones se incrementa los factores antinutricionales, así mismo el nivel de fibra cruda que afecta negativamente al crecimiento y no favorece la digestibilidad de los nutrientes, además, que los niveles de fibras superiores al 10 % no son los deseados para la dieta de las tilapias (Anderson *et al.*, 1984).

Para determinar el tipo de crecimiento que presentan los individuos fue necesario el análisis de relación talla y peso, en el que se registró un crecimiento isométrico, al encontrarse el exponente *b* de dicha relación en el intervalo de ($2,5 > b < 3,5$), lo cual fue verificado por Santoyo *et al.* (2019) y García *et al.* (2012). Sin embargo, Asmamaw *et al.* (2019) reportaron un crecimiento alométrico positivo ($b > 3$) para machos y negativo ($b < 3$) para hembras, en lo que el crecimiento alométrico negativo obtenido se debe a que el entorno estuvo influenciado por la contaminación de aguas residuales y no permitió un adecuado crecimiento y reproducción isométrica. Por lo que se menciona en este estudio que los valores obtenidos de *b* se encuentran dentro del intervalo mencionado, siendo estos: C (2,6998) y T3 (2,7958) además de indicar que los organismos no presentaron estrés ni condiciones desfavorables, permitiéndoles tener un crecimiento del cuerpo proporcional.

CONCLUSIONES

La inclusión hasta un 20 % de *L. culinaris* puede considerarse como suplemento alimenticio en la dieta de alevines de *Oreochromis* spp., debido a que se obtiene una alta eficiencia alimenticia, además, en contraste con las otras sustituciones experimentales, reflejó mayor crecimiento en la ganancia de peso y

talla. Sin embargo, estos beneficios fueron menores con respecto al control de una dieta comercial con 35% de proteínas. Así mismo, la inclusión del 20, 50 y 80 %, de harina de lenteja en la dieta, no ocasionó mortalidad a los peces, pero con una sustitución por encima de 20% disminuye la palatabilidad en la especie y afecta la tasa de crecimiento específica.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Abarike, E., Atsu, C., y Alhassan, E. (2014). Novel feed for fingerlings of *Oreochromis niloticus*. *Fauna and Biological Studies*, 1(4), 25–29.
https://www.researchgate.net/publication/263275407_Novel_feed_for_fingerlings_of_Oreochromis_niloticus
- Abdulrahman, N., y Abdulla, Z. (2020). Effect of raw lentil seed meal in common carp (*Cyprinus carpio*) diets as an alternative source of fish meal protein. *Basrah Journal of Veterinary Research*, 19(3), 163–176. <https://basjvet.org/uptodes/pdf/1607957454.pdf>
- Abdulrahman, N., Ahmad, V., Hassan, B., Adulla, Z., Muhammed-Ramzi, D., Hamma-Salih, H., y Nohammed, H. (2021). Effect of fish meal replacement with lentil seed (*Lens culinaris*) in common carp (*Cyprinus carpio*) L. diet. *OMINI-AKUTIKA*, 17(1), 1–9.
<http://ojs.omniakutika.net/index.php/joa/article/view/886/338>
- AIDA. (2017). Alimentación Optimizada Para Tilapia Nilótica (*Oreochromis Niloticus*) De Senegal. CTAQUA, 46. <https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentación-Tilapia-v2.pdf>
- Anderson, J., Jackson, A., Matty, A. J., y Capper, B. (1984). Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Aquaculture*, 37(4), 303–314.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0044848684902965>
- Aquatech, S.A. (2018). *Alimentos extruidos para peces tropicales*. <https://aquatech.pe/wp-content/uploads/2018/01/catalogo-peces.pdf>
- Arce, E., y Luna-Figueroa, J. (2003). Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *AquaTIC*, 18, 39–47.
<http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/234/222>
- Asmamaw, B., Beyene, B., Tessema, M., y Assefa, A. (2019). Length-weight relationships and condition factor of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (Cichlidae) in Koka Reservoir, Ethiopia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 4(January), 5–6.
https://www.researchgate.net/publication/331438089_Length-weight_relationships_and_condition_factor_of_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_Linnaeus_1758_Cichlidae_in_Koka_Reservoir_Ethiopia/link/5c792c78458515831f79e974/download
- Ayadi, F. Y., Rosentrater, K., y Muthukumarappan, K. (2012). Alternative Protein Sources for Aquaculture Feeds. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 4(1), 1–26.
<https://doi.org/10.3923/joafsnu.2012.1.26>
- Babalola, O., Adam, O., y Ogunyomi, O. (2019). Effects of replacing soya bean meal with fermented African locust bean (*Parkia biglobosa*) meal on the growth performance and condition factor of Tilapia

- zilli fingerlings. *Global Journal of Fisheries Science*, 1(February), 9–14. <https://doi.org/10.31248/GJFS2019.005>
- Baltazar Guerrero, P., y Palomino Ramos, A. (2004). *Manual de Cultivo de Tilapia*. FONDEPES, Perú. 114 pp. http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf
- Barragán, A., Zanazzi, N., Gorosito, A., Cecchi, F., Prario, M., Imeroni, J., y Mallo, J. (2017). Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)-Using vegetable meal diets for developing pre-fattening and fattening of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1–15. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009025.pdf>
- Carpio, M., y Fernández, Ó. (2019). *Análisis de la calidad del agua para el manejo de tilapia (Oreochromis sp.) y chame (Dormitator latifrons) en el km 27,5 vía a Daule*. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39894>
- Carrillo, L. (1995). Uso de la soya en acuicultura. *Nutrición Animal Tropical*, 2, 67–93. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13504/11100-16485-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coronel, S. (2015). *Beneficio de la harina de pescado en la elaboración de dietas balanceadas para organismos acuáticos y terrestres*. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2946>
- FAO. (2013). *Desarrollo de la acuicultura: Uso de peces silvestres como alimento en acuicultura*. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable, Número de serie: 1020-5314. <http://www.fao.org/publications/card/es/c/0da1e568-958d-55e4-b9c7-fe308256dbf4/>
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). (2019). *Ingredientes para piensos. Lentejas*. Tablas FEDNA de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos Para La Fabricación de Pienso Compuestos. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_pienso/lentejas
- García, A., Tume, J., y Juárez, V. (2012). Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. *Ciencia y Desarrollo*, 15(2), 47. <https://doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2012.v15i2.05>
- Geoff, A., Booth, M., y Scott, P. (2001). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. *Aquaculture*, 186(3–4), 327–340. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00578-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00578-0)
- González, R., Romero, O., Valdiviá, M., y Ponce, J. (2013). Lenteja de agua, una opción en dietas para tilapias. *AquaTIC*, 38, 85–93. <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/101>
- Khan, M. S. K., Siddique, M. A. M., y Zamal, H. (2013). Replacement of fish meal by plant protein sources in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet: Growth performance and utilization. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(4), 855–863. <http://jifro.ir/article-1-1345-en.pdf>
- Khieokhajonkhet, A. (2020). Mango seed meal as partial replacement in diet for red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*): Growth performance, feed utilization and economic efficiency. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(4), 831–844. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203465719>
- Landin, S. (2015). *Producción de Tilapia en criaderos en el Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro para su exportación*. Tesis de Maestría. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11050>

- Lowry, O., Rosebrough, N., Farr, A., y Randall, R. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265–275. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(19)52451-6)
- Mirabent, M., Toledo, S., Castro, F., y Jaime, B. (2020). Commercial Cuban feed evaluation for red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) fry culture in seawater. *Revista de Producción Animal*, 32(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-79202020000200049&lng=es&nrm=iso
- Moreno, M., Hernández, J., Rovero, R., Tablante, A., y Rangel, L. (2000). Alimentación de tilapia con raciones parciales de cascara de naranja. *Asociación de Licenciados en Ciencia y Tecnología de Los Alimentos de Galicia (ALTAGA)*, 3(1), 29–33. <https://www.redalyc.org/pdf/724/72430204.pdf>
- Muñoz-Peñuela, M., García-Ulloa, M., Medina-Godoy, S., y Rodríguez-, G. H. (2021). Cull-chickpea meal as a partial substitute for fishmeal in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Aquatic Science*, 12(02), 1791–1796. http://www.journal-aquaticscience.com/article_132769_68182d699037fc75fc8cf0314e33c70d.pdf
- Párraga, R. (2021). *Evaluación nutricional de “Oreochromis spp.” con alimentación complementario de harina de soya al 5 %*. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52912>
- Pérez, M., y Sáenz, I. (2015). *Crecimiento de las tilapias Oreochromis niloticus en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi - intensivos*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. <https://repositorio.cnu.edu.ni/Record/RepoUNANL3501>
- Salman, A., y Alkhafaji, K. (2020). Use of treated lentil *Lens culinaris* Medik. with phytase enzyme in diets of common carp *Cyprinus Carpio* L. *Plant Archives*, 20, 941–944. [http://www.plantarchives.org/SPLISSUE 20-2/143__941-944_.pdf](http://www.plantarchives.org/SPLISSUE%20-2/143__941-944_.pdf)
- Santoyo, F., Mariscal, J., Gómez, C., y Gutiérrez, H. (2019). Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. *CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 8(16), 82–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>
- Selcuk, Z., Tiril, S. U., Alagil, F., y Salman, M. (2010). Effects of Extruded Red Lentil Meal on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Dorsal Muscle Composition in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The Israeli Journal of Aquaculture*, 62(3), 163–171. <https://www.researchgate.net/publication/259785014>
- Silva, M., da Silva, F., Dos Santos, M., Cavalcante, J., Yuji, R., y de Almeida, Á. (2020). Heat-treated bean (*Phaseolus vulgaris*) residue meal as an alternative protein source in pelleted diets for Nile tilapia fingerlings: growth, body composition, and physical characteristics of diets. *Tropical Animal Health and Production*, 52(5), 2443–2450. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02266-x>
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2009). Fishing for Feed or Fishing for Food: Increasing Global Competition for Small Pelagic Forage Fish *AMBIO*, 38(6), 294–302. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1579/08-A-574.1>
- Tiril, S. U., Karayucel, S., Alagil, F., Dernekbasi, S., y Yagci, F. B. (2009). Evaluation of extruded chickpea, common bean and red lentil meals as protein source in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(10), 2079–2086. <https://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2009.2079.2086>

Toyes, E. (2016). *Aprovechamiento de Subproductos Marinos para la Alimentación de Camarón de Cultivo y Gallinas Ponedoras*. Tesis doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/531?show=full>

Yürüten, K., y Yıldız, M. (2019). Effects of Dietary Fish Meal Replacement by Red Lentil Meal on Growth and Amino Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 2, 194–203. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/904081>

Recibido: 23-02-2022

Aprobado: 28-04-2022

Versión final: 28-04-2022

