

Efecto del nivel de proteína en el crecimiento de *Goodea atripinnis* (Pisces: Goodeidae)Effect of protein level on growth of *Goodea atripinnis* (Pisces: Goodeidae)

Angélica Vásquez-González¹, José L. Arredondo-Figueroa², Germán D. Mendoza-Martínez¹, María Teresa Viana-Castrillón³
y Fernando X. Plata-Pérez¹

¹ Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, col. Villa Quietud, CDMX. 04960, México

² Departamento de Zootecnia, Centro de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, Villas de la Universidad, Aguascalientes. 20131. México

³ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Ensenada-Tijuana 3917, Fraccionamiento Playitas, Ensenada, Baja California. 22860. México

e-mail: ppx2221@correo.xoc.uam.mx

Recibido: 02 de febrero de 2017.

Aceptado: 27 de marzo de 2018.

Vásquez-González A., J. L. Arredondo-Figueroa, G. D. Mendoza-Martínez, M. T. Viana-Castrillón y F. X. Plata-Pérez. 2018. Efecto del nivel de proteína en el crecimiento de *Goodea atripinnis* (Pisces: Goodeidae). *Hidrobiológica* 28 (1): 121-127.

RESUMEN

Antecedentes. *Goodea atripinnis* es un pez omnívoro que sólo se localiza en el estado de Aguascalientes y su población se encuentra en estatus de amenaza. Para evitar su extinción se están implementando programas de reproducción *ex situ*; sin embargo, para lograrlo es necesario contar con planes de alimentación que permitan satisfacer las necesidades nutricionales de la especie. **Objetivos.** Evaluar los efectos de 5 niveles de proteína (25, 30, 35, 40 y 45% PC) en la dieta, velocidad de crecimiento y parámetros productivos de *G. atripinnis*. **Métodos.** Se utilizó un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos (niveles de proteína) y 3 acuarios por tratamiento, cada uno contenía 20 peces (peso medio: 0.47 ± 0.02 g). El experimento duró 150 días, durante los cuales se registraron el consumo de alimento diariamente y los cambios en peso y longitud de cada pez cada 15 días. **Resultados.** Se encontraron diferencias en peso final y ganancia de peso total ($p < 0.05$) entre los niveles de proteína. Tanto la tasa de crecimiento como la ingesta total de alimento aumentaron con el nivel alto de proteína. La tasa de conversión de alimento, la eficiencia proteínica y el factor de condición corporal de Fulton (K) mejoraron. El modelo de Gompertz mostró que los altos niveles de proteína aumentaron el peso estándar y que el punto de inflexión se produce en el mismo peso. **Conclusiones.** Con los niveles altos de proteína el peso estándar se alcanza a una edad más temprana y permite un mayor desarrollo de los peces.

Palabras clave: conversión alimenticia, eficiencia proteínica, modelo de Gompertz

ABSTRACT

Background. *Goodea atripinnis* is an omnivorous fish that is only found in the state of Aguascalientes. Its population is being drastically reduced and its survival is considered to be threatened. To avoid its extinction, *ex situ* breeding programs are being implemented. To implement these programs, however, it is necessary to have feeding plans that allow the nutritional needs of this species to be met. **Goals.** To evaluate the effects of different protein levels in the diet (25, 30, 35, 40 and 45 % PC) on the growth of *G. atripinnis*. **Methods.** A randomized complete-block design with five treatments (protein levels) and 3 aquariums per treatment was used, each aquarium containing 20 fish. The experiment lasted 150 days. Daily feed intake and changes in weight and length of each fish were recorded every 15 days. **Results.** We found differences in final weight and total weight gain ($p < 0.05$) depended on protein levels. Both the growth rate and the total food intake increased with higher levels of protein. As a result, the feed conversion rate, protein efficiency, and Fulton (K) body condition factor improved. The Gompertz model showed that high protein levels increased standard weight and that the inflection point occurred at the same weight. **Conclusions.** With higher protein levels, the standard weight is reached at an earlier age, leading to greater development of the fish.

Keywords: feed conversion Rate, Gompertz model, protein efficiency ratio

INTRODUCCIÓN

La familia Goodeidae es un grupo de peces de agua dulce distribuidos principalmente en la mesa central de México. Se le considera como “tesoro natural” porque tiene adaptaciones morfológicas asociadas a sus atípicas estrategias de reproducción y desarrollo embrionario (Domínguez & Pérez, 2007). Está compuesta por 45 especies vivíparas divididas en dos subfamilias Empetrichthyinae y Goodeinae. Dentro de la segunda subfamilia, dos especies se consideran extintas, ocho en peligro de extinción y cuatro amenazadas (Domínguez & Pérez, 2007). La familia tiene una amplia distribución a lo largo de la vertiente del Pacífico mexicano, incluida la cuenca Lerma-Grande de Santiago, el río Ameca, el lago Magdalena y las cuencas de Balsas y Armería (Domínguez *et al.*, 2008; Miranda *et al.*, 2010). Dentro de esta subfamilia se encuentra *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880), que es un pez omnívoro cuyo tamaño va desde pequeño —longitud estándar (LS) de 50 mm— hasta mediano —150 mm de LS— (Webb *et al.*, 2004) y una relación peso-longitud de 5.2 a 13 (Miranda *et al.*, 2009). Una de las características más importantes de este pez es que sólo se localiza en el estado de Aguascalientes, pero su población se está reduciendo drásticamente y se encuentra en un estatus de amenazada (Martínez & Rojas, 2008), por lo que se están implementando programas de reproducción *ex situ* (Silva-Santos *et al.*, 2016). Sin embargo, para concretar estos proyectos de conservación es necesario encontrar planes de alimentación que permitan satisfacer las necesidades nutricionales de la especie durante sus diferentes etapas fisiológicas, debido a que se ignora la mayoría de los requerimientos nutricionales de esta familia. Así, el objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de proteína en la dieta (25 a 45% de CP), la velocidad de crecimiento y otros parámetros productivos de *G. atripinnis*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Colecta y reproducción de organismos. Se realizó una colecta de organismos (*G. atripinnis*) en Potrero de los López, San José de Gracia, Aguascalientes (22° 07' 13" N, 102° 30' 19" O). Los organismos fueron recibidos en estanques y mantenidos en aislamiento por 20 días. Los peces se trataron con una solución de azul de metileno y NaCl y se mantuvieron en tanques con 20 individuos, bajo las siguientes condiciones: temperatura 20-22 °C, oxígeno disuelto 5-7 mg L⁻¹, pH 8-9, alcalinidad 192 ppm y dureza del agua 88.5 ppm. Se utilizó un sistema cerrado de recirculación en todas las fases experimentales y se monitoreó la calidad del agua con un equipo Hass® en todos los acuarios. Se indujo la reproducción de los organismos colectados con temperatura y fotoperiodo (12 h de luz y 12 h de oscuridad) para obtener la primera generación. Estos organismos se utilizaron para el ensayo de crecimiento.

Ensayo de crecimiento. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorio con cinco niveles de proteína, para lo cual se formularon dietas experimentales isoenergéticas pero con diferente nivel de proteína. Los niveles de inclusión calculados de este nutriente fueron de 250, 300, 350, 400 y 450 g kg⁻¹ (Tabla 1). El análisis proximal (AOAC, 1990) de la dieta se presenta en la Tabla 1.

Cada dieta experimental fue asignada aleatoriamente a tres tanques (bloques) de 20 L que contenían 20 peces (peso medio: 0.47 ± 0.02 g) por tanque. Los peces fueron alimentados a saciedad una vez al día durante 165 días. Durante ese periodo se registraron el consumo

diario de alimento, los cambios en peso y longitud cada 15 días, así como el peso y longitud final de cada pez. La ganancia total de peso se estimó como la diferencia entre el peso final e inicial de cada tanque dividida entre el número de peces que contenía.

Los parámetros productivos se evaluaron utilizando las fórmulas empleadas por Bonaldo *et al.* (2015).

Las estimaciones incluyeron:

1. Tasa de crecimiento específico (TEC; % día⁻¹):

$$\text{TEC, \% d}^{-1} = (100 \times (\ln\text{PVF} - \ln\text{PVI})) / \text{días}$$

Donde PVF y PVI representan los pesos promedio finales e iniciales de cada tanque, respectivamente, y *días* se refiere al número de días que duró el experimento (150).

2. Tasa de consumo de alimento (TCA) (% día⁻¹).

$$\text{TCA \% día}^{-1} = 100 \times \text{AtPmD}$$

At = alimento total proporcionado

Pm = peso promedio

D = número de días

3. Conversión alimenticia (CA)

$$\text{CA} = \text{AtGP}$$

GP = ganancia de peso.

4. Eficiencia proteínica (EPr)

$$\text{EPr} = \text{GPCPc}$$

CP_c = consumo de proteína cruda

5. Factor de condición de Fulton (K)

$$\text{K} = \text{Px}100\text{xL}^{-3}$$

P = peso

L = longitud

El peso de los peces se utilizó para estimar los parámetros del modelo de Gompertz:

$$Y = a \times \exp(-\exp(b - c \times t))$$

Dónde:

Y = peso del organismo en el tiempo *t*

a = peso maduro calculado, que se obtiene cuando la curva se convierte en asintótica *t* va al infinito

b = peso alcanzado cuando ocurre la inflexión de la curva

c = tasa de crecimiento

t = edad en días

Análisis estadístico. Para realizar los análisis estadísticos, los datos fueron transformados utilizando su logaritmo natural, pero los resultados se presentan en su forma original para facilitar su interpretación biológica. Después de la transformación, la normalidad de las variables se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de las varianzas de los resultados se analizó con la prueba de Bartlett. Los resultados del experimento se analizaron de acuerdo con un di-

Tabla 1. Composición de dietas experimentales (base seca, %) para el pez *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880).

Nivel de proteína	(%)				
	25	30	35	40	45
Harina de pescado	315	378	441	505	567
Harina de soya	147	176	206	235	263
Aceite de pescado	15	3	0	0	0
Aceite de soya	75	75	64	50	42
Almidón	403	323	244	165	83
Gelatina	5	5	5	5	5
Premezcla mineral	10	10	10	10	10
Premezcla vitamínica	10	10	10	10	10
Carboxyl celulosa	20	20	20	20	20
Composición de aminoácidos calculada					
	(%)				
Metionina	0.0104	0.0125	0.0146	0.0167	0.0188
Lisina	0.0303	0.0364	0.0425	0.0486	0.0545
Arginina	0.0323	0.0387	0.0452	0.0517	0.0580
Treonina	0.0183	0.0220	0.0256	0.0293	0.0329
Leucina	0.0327	0.0392	0.0458	0.0524	0.0588
Isoleucina	0.0211	0.0253	0.0296	0.0338	0.0379
Valina	0.0226	0.0271	0.0317	0.0363	0.0407
Histidina	0.0114	0.0137	0.0160	0.0182	0.0205
Composición proximal					
Proteína cruda (%)	25.05	29.99	34.34	38.99	43.49
Grasa (%)	15.41	15.03	15.06	15.56	15.96
Fibra cruda (%)	0.42	2.13	3.66	5.31	7.62
Cenizas (%)	8.5	9.11	11.56	13.71	15.19
Extracto libre de nitrógeno (%)	50.55	46.42	33.54	27.827	19.71

*Rovimix® Premix, DSM Nutritional Products Colombia S. A.: vit A 7.5x10⁶ UI, vit. D3, 3.75x10⁶ UI, vit. E 10.83 g, vit. B1 1.83 g, vit. B2 2.91 g, vit. B6 1.83 g, ácido pantoténico 8.33 g, biotina 166.66 mg, ácido fólico 833.33 mg, ácido ascórbico 41.66 g, niacina 7.5 g, vit. B12 3.33 mg, vit. K3 1.66 g, magnesio 91.66, zinc 21.66, hierro 28.33 g, cobre 2.5, yodo 0.17, selenio 66.66 g, manganeso 2.5 g, inositol F.G. 58.33 g, luctanox E 25 g.

seño completamente al azar (usando el acuario como repetición), y la interacción repetición por tratamiento se utilizó como término de error. El análisis de varianza se realizó a través de un diseño de mediciones repetidas considerando el nivel de proteína dietética como tratamiento. Los datos se analizaron con el programa JMP 7. Cuando se encontraron diferencias significativas, se realizó una prueba de Tukey para comparar las medias, que se consideraron diferentes con un nivel de significancia igual a 0.05.

RESULTADOS

Se encontraron diferencias tanto en el peso final como en la ganancia de peso total ($p < 0.05$) entre los niveles altos (45 y 40%) y bajos de

proteína (Tabla 2). Este aumento representó 18% de diferencia entre la dieta más baja y la más alta. Como resultado del incremento en la ganancia de peso, la tasa específica de crecimiento aumentó en el tratamiento con mayor nivel de proteína. Este incremento en la velocidad de crecimiento proviene de un aumento significativo ($p < 0.05$) en la tasa de consumo y el aumento de la ingesta total de alimento. Como resultado, la conversión alimenticia (CA) se redujo ligeramente, pero la eficiencia de utilización de la proteína (EPc) y el factor de condición corporal (K) mejoraron.

El modelo de Gompertz (Tabla 3) mostró que el peso final aumenta en forma significativa ($p < 0.05$) con el nivel alto de proteína, mientras que la velocidad de crecimiento se redujo de 0.016 a 0.015, lo cual no puede tener grandes implicaciones biológicas, puesto que el punto de

inflexión b se alcanzó con el mismo peso en todos los casos. Sin embargo, el análisis de mediciones repetidas (Fig. 1) mostró que, con los niveles altos de proteína, el peso al punto de inflexión se alcanza a una edad más temprana y permite un mayor desarrollo de los peces, lo que explica el mayor peso a la madurez obtenido en el modelo de Gompertz.

DISCUSIÓN

En contraste con otros trabajos donde la alimentación *ad libitum* fue proporcionada durante dos o tres veces al día (Shiau & Lan, 1996; Teófilo & Davies, 2001) en éste sólo se administró el alimento una vez al día, lo cual pudo impactar en los resultados. No obstante, de acuerdo con Kulczykowska y Sánchez-Vázquez (2010), si el alimento se proporciona siempre a la misma hora, los peces se sincronizarán con dicho momento y desarrollarán una adaptación que se conoce como actividad anticipada a la alimentación. Dicha adaptación les permite a los peces acoplar sus ciclos circadianos a la alimentación y reduce el estrés que sufren como consecuencia de la falta de alimento durante el resto del día.

La respuesta de la GP al incremento de la proteína en la dieta fue similar a la reportada por Catacutan y Coloso (1995), quienes encon-

traron un comportamiento similar al evaluar el crecimiento de Barra-mundi (*Lates calcalifer* Bloch, 1790), peces que alcanzaron su mayor crecimiento con una dieta con 50% de PC. También Uscanga-Martínez *et al.* (2012) observaron el mejor peso final y la mejor tasa de crecimiento al utilizar dietas con 50% de PC en *Petenia splendida* (Günther, 1862); sin embargo, en esa misma especie, Arredondo-Figueroa *et al.* (2012) encontraron una respuesta similar cuando administraron dietas con 45% de PC, lo que sugiere que la interacción con la energía en la dieta y el tipo de fuente de proteína utilizadas en el alimento modifican el requerimiento de proteína (Catacutan *et al.*, 2001). Thoman *et al.* (1999) y Chou *et al.* (2001) encontraron una relación entre el aumento de peso corporal y la cantidad de proteínas y lípidos incluidos en las dietas experimentales cuando evaluaron diferentes especies, como la corvina roja (*Scianops ocellatus* Linnaeus, 1766) y la cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766). En el caso la corvina roja, un análisis de regresión múltiple que incluyó el peso vivo del pez, el nivel de proteína de la dieta y la energía digestible de ésta, mostró que la tasa de consumo de alimento estaba influenciada, aparentemente, por el peso vivo del pez y no por el contenido energético de la dieta, por lo que recomendaron una dieta con 44% de proteína cruda y 9.2% de lípidos; mientras tanto, la cobia requirió una dieta con 44.5% de proteína cruda y 5.76% de grasa.

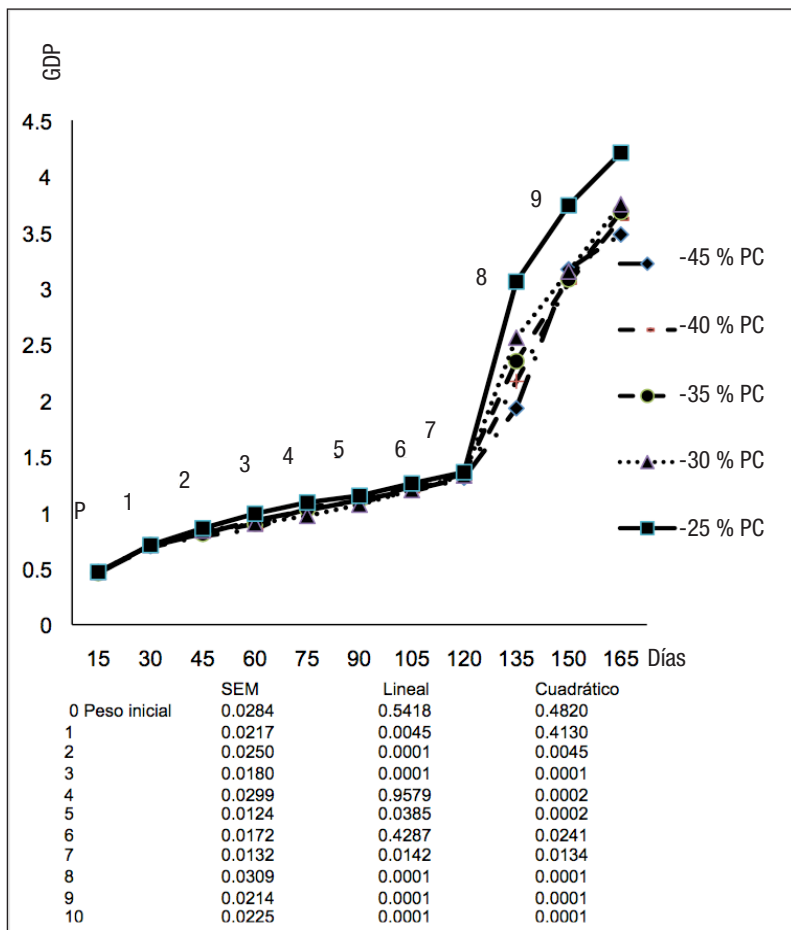


Figura 1. Efecto del nivel de proteína en la ganancia de peso (mg) de *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880).

Tabla 2. Índices biológicos de *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880), en crecimiento alimentados con dietas con diferente nivel de proteína

Índices biológicos	250	300	350	400	450	EEM
Peso inicial (g)	0.469 ^a	0.476 ^a	0.469 ^a	0.472 ^a	0.472 ^a	0.013
Peso final (g)	3.50 ^c	3.64 ^{bc}	3.70 ^{bc}	3.77 ^b	4.23 ^a	0.058
GPT (g)	3.01 ^c	3.15 ^{bc}	3.21 ^{bc}	3.28 ^b	3.74 ^a	0.045
TEC (%d ⁻¹)	1.344 ^b	1.359 ^b	1.379 ^{ab}	1.388 ^{ab}	1.461 ^a	0.021
TCA (% d ⁻¹)	1.01 ^b	1.02 ^b	1.03 ^b	1.02 ^b	1.10 ^a	0.007
Consumo total de alimento (g)	48.71 ^b	48.61 ^b	49.93 ^b	50.88 ^b	56.75 ^a	0.041
CA (Kg/kg)	0.83 ^a	0.77 ^b	0.77 ^b	0.76 ^b	0.75 ^b	0.005
EP	4.80 ^a	3.63 ^b	3.67 ^c	3.23 ^d	2.92 ^e	0.021
K	1.18	1.11	1.10	1.03	0.88	0.021

GPT = ganancia de peso total; TEC = tasa específica de crecimiento; TCA = tasa de consumo de alimento; CA = conversión alimenticia; PER = eficiencia proteínica; K = condición corporal SEM= error estándar de la media.

^{abc} Medias con diferente literal en el mismo renglón son diferentes ($p < 0.05$).

El aumento en la tasa específica de crecimiento con el nivel más alto de proteína se relacionó con el incremento en la tasa de consumo y la cantidad total de alimento consumido en una forma similar a la reportada por Luo *et al.* (2004), quienes en *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822) encontraron que el consumo de alimento aumentó con niveles altos de proteína, mientras que los niveles reducidos de este nutrimento la disminuyeron. A su vez, los cambios en las tasas de consumo en este trabajo fueron similares a los de Bonaldo *et al.* (2015), quienes evaluaron el efecto del nivel de proteína en el crecimiento de rodaballo (*Psetta maxima* Linnaeus, 1758). Estos autores mostraron que, al aumentar la inclusión de harina de pescado para incrementar el porcentaje de proteína en la dieta en una forma indirecta, se incrementó su palatabilidad (Bonaldo *et al.*, 2015). Sin embargo, el aumento en el consumo voluntario de las dietas altas en proteína puede estar relacionado con una reducción de los carbohidratos no fibrosos (CNF; Tabla 1), los cuales, en humanos han sido asociados con una reducción en el consumo voluntario al activar los centros de saciedad en el cerebro (Benelam, 2009). También se ha demostrado que esta reducción de CNF se asocia en el pez dorado (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) con una disminución de la concentración del polipéptido Y, el cual se encarga de estimular el consumo de alimento, por lo que una menor

concentración de este polipéptido reduce el consumo de carbohidratos (Narnaware & Peter, 2002).

La ingesta más alta de proteína redujo su eficiencia de utilización (EP) en forma similar a la reportada por Walter *et al.* (2010). En el trabajo de estos investigadores la EP disminuyó cuando aumentó el nivel de proteína en las dietas. Dicha reducción puede explicarse debido a que el exceso de proteína no puede almacenarse como tal, por lo que es desaminada mediante el ciclo de la urea carnitina y eliminada como urea (Ip *et al.*, 2014). Esta desaminación permite utilizar los carbonos para formar ATP, que es aprovechado como fuente de energía en los músculos (Jia *et al.*, 2017) y favorece el almacenamiento de energía en forma de ácidos grasos (Wu, 2009), por lo que la energía retenida en los peces alimentados con dietas ricas en proteínas fue significativamente mayor que en aquellos alimentados con niveles bajos. Esto se confirma en otros experimentos donde la EP aumentó cuando se disminuyó la proteína dietética al mismo nivel de lípidos (Lee *et al.*, 2002; Kim & Lee, 2005; Kim *et al.*, 2012). También debe considerarse que el uso de la proteína puede verse afectado por diversos factores, como el estado de desarrollo del pez, la fuente de proteína y, más significativamente, por el contenido energético, de ácidos grasos y azúcares en la dieta (Barreto-Curiel *et al.*, 2016).

Tabla 3. Efecto del nivel de proteína en los parámetros del modelo de Gompertz describiendo los cambios de peso de *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880)

Nivel de proteína (g/Kg MS)/ Parámetros	250	300	350	400	450	EEM
a (g)	22.01 ^b	22.90 ^{ab}	23.95 ^{ab}	24.75 ^{ab}	26.88 ^a	0.96
b (g)	1.21 ^a	1.22 ^a	1.23 ^a	1.22 ^a	1.22 ^a	0.013
c	.016 ^a	.016 ^{ab}	.016 ^{ab}	.015 ^{ab}	.015 ^b	0.00001
R ²	0.95	0.96	0.95	0.96	0.94	
p-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	

a = peso calculado a la madurez, b = peso alcanzado en el punto de inflexión de la curva, c = tasa de crecimiento; EEM = error estándar de la media con diferente literal en el mismo renglón son diferentes ($p < 0.05$).

El factor de condición de Fulton permite describir la condición individual de un pez (Froese, 2006), por lo que, diferentes valores de K indican diferencias en la calidad de las fuentes de alimento (Sarkar et al., 2013). Sin embargo, los resultados de este experimento mostraron que el factor de Fulton no se modificó estadísticamente, lo que sugiere que la relación peso-longitud de los peces se mantuvo uniforme entre tratamientos, aunque el nivel de proteína limitó el crecimiento.

Los modelos de crecimiento permiten establecer una relación entre el peso y la edad a la madurez; es decir, permiten predecir el tamaño máximo del animal en un tiempo dado y se han establecido como un requisito previo para la determinación de los requerimientos nutricionales de una especie (Lima et al., 2014). Dentro de los modelos con mayor precisión, en algunos tipos de peces se encuentra el modelo de Gompertz (Lima et al., 2014). Bajo las condiciones de este trabajo, este modelo mostró (Tabla 3) que con el nivel alto de proteína el peso final aumenta en forma significativa ($p < 0.05$), mientras que la velocidad de crecimiento se reduce de 0.016-0.015, lo cual no tiene grandes implicaciones biológicas, y el punto de inflexión se alcanza con el mismo peso en todos los casos. No obstante, el análisis de mediciones repetidas (Fig. 1) muestra que con los niveles altos de proteína el peso al punto de inflexión se alcanza a una edad más temprana y permite un mayor desarrollo de los peces, lo que explica el mayor peso a la madurez obtenido con el modelo de Gompertz. Este modelo se ha utilizado para describir el crecimiento de otros peces, como la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758), y ha mostrado un mejor ajuste que otros modelos (Lima et al., 2014). Los cambios en el punto de inflexión antes de alcanzar la mitad del peso maduro en la fase lineal de crecimiento, confirman que la reducción de la proteína dietética para *Goodea atripinnis* retrasará el tiempo para alcanzar el peso maduro, pero con los niveles utilizados el crecimiento no se compromete. Por lo tanto, se puede concluir que es posible alimentar a los peces de la especie *G. atripinnis* en fase de crecimiento con niveles de proteína entre 40 y 45% y el uso de los niveles más altos de proteína resultará en organismos de mayor tamaño.

REFERENCIAS

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed., vol. 1. Arlington, VA, USA. Association of Official Analytical Chemists.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J. J., J. MATSUMOTO-SOULÉ, J. T. PONCE-PALAFIX, K. SHIRAI-MATSUMOTO & J. L. GÓMEZ-MÁRQUEZ. 2012. Effects of protein and lipids on growth performance, feed efficiency and survival rate in fingerlings of bay snook (*Petenia splendida*) *International Journal of Animal and Veterinary Advances* 4 (3): 204-213.
- BARRETO-CURIEL, F., G. PARÉS-SIERRA, G. CORREA-REYES, E. DURAZO-BELTRÁN & M. T. VIANA. 2016. Total and partial fishmeal substitution by poultry by-product meal (petfood grade) and enrichment with acid fish silage in aquafeeds for juveniles of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44 (2): 327-335. DOI:10.3856/vol44-issue2-fulltext-13
- BENELAM, B. 2009. Satiation, satiety and their effects on eating behavior. *Nutrition Bulletin* 34 (2): 126-173. DOI:10.1111/j.1467-3010.2009.01753.x
- BONALDO, A., P. DI MARCO, T. PETOCHI, G. MARINO, L. PARMA, R. FONTANILLAS, W. KOPPE, F. MONGILE, M. G. FINOIA, & P. P. GATTA. 2015. Feeding turbot juveniles *Psetta maxima* L. with increasing dietary plant protein levels affects growth performance and fish welfare. *Aquaculture Nutrition* 21 (4): 401-413. DOI:10.1111/anu.12170
- CHOU, R. L., M. S. SU, & H. Y. CHEN. 2001. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 193 (1-2): 81-89. DOI:10.1016/S0044-8486(00)00480-4
- CATACUTAN, M.R. & R. M. COLOSO. 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 131 (1-2): 125-133. DOI:10.1016/0044-8486(94)00358-U
- CATACUTAN, M. R., G. E. PAGADOR & S. TASHIMA. 2001. Effect of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). *Aquaculture* 32 (10): 811-818. DOI:10.1046/j.1365-2109.2001.00618.x
- DOMÍNGUEZ, D. O. & P. PÉREZ. 2007. The goodeids, endemic fish of central Mexico. *CONABIO. Biodiversitas* 75: 12-15.
- DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ, O., R. PÉREZ-RODRÍGUEZ, R. & I. DOADRIO. 2008. Análisis comparativo morfológico y genético de diferentes poblaciones de *Zoogoneticus quitzeoensis* (Cyprinodontiformes Goodeidae) del Centro de México, con la descripción de una especie nueva. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79 (2): 373- 383. DOI:10.22201/ib.20078706e.2008.002
- FROEZE, R. 2006. Cube law. Condition factor and weight-length relationships. History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22 (4): 241-253. DOI:10.1111/j.1439-0426.2006.00805.xlp, Y. K., C. K. Lim, S. L. M. Lee, W. P. Wong & S. F. Chew. 2004. Postprandial increases in nitrogenous excretion and urea synthesis in the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri*. *The Journal of Experimental Biology* 207: 3015-3023. DOI:10.1242/jeb.01137
- JIA, S., X. LI, S. ZHENG & G. WU. 2017. Amino acids are major energy substrates for tissues of hybrid striped bass and zebrafish. *Amino Acids* 49 (12): 2053-2063. DOI:10.1007/s00726-017-2481-7.
- KIM, L. O., & S. M. LEE. 2005. Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. *Aquaculture* 243 (1-4): 323-329. DOI:10.5713/ajas.2011.11089
- KIM, K. D., S. G. LIM, Y. J. KANG, K. W. KIM & M. H. SON. 2012. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile far eastern catfish *Silurus asotus*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25 (3): 369-374. DOI:10.5713/ajas.2011.11089
- KULCZYKOWSKA, E. & F. J. SÁNCHEZ VÁZQUEZ. 2010. Neurohormonal regulation of feed intake and response to nutrients in fish: aspects of feeding rhythm and stress. *Aquaculture Research* 41 (5): 654-667. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02350.x
- LEE, S. M., D. J. KIM & S. H. CHO. 2002. Effects of dietary protein and lipid level on growth and body composition of juvenile ayu (*Plecoglossus altivelis*) reared in seawater. *Aquaculture Nutrition* 8 (1): 53-58. DOI:10.5713/ajas.2011.11089

- LIMA, A., J. VILAR, J. BATISTA, N. KAZUE & G. BELTRÃO. 2014. Use of mathematical models in the study of bodily growth in GIFT strain Nile tilapia. *Revista Ciencia Agronómica* 45 (2): 257-266.
- LUO, Z., I. J. LIU, K. S. MAI, L. X. TIAN, D. H. LIU & X. Y. TAN. 2004. Optimal dietary protein requirement of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isoenergetic diet in floating net cages. *Aquaculture Nutrition* 10 (4): 247-252. DOI:10.1111/j.1365-2095.2004.00296.x
- MARTÍNEZ, M. J. & P. A. ROJAS. 2008. 3.1 Peces: In: *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. pp. 132-135. Disponible en línea en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/ESTUDIO%20DE%20BIODIVERSIDAD%20EN%20AGUASCALIENTES.pdf> (consultado el 3 de abril 2018).
- MIRANDA, R., D. GALICIA, S. MONKS & G. PULIDO-FLORES. 2009. Weight-length relationships of some native freshwater fishes of Hidalgo State, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 25 (5): 620-621. DOI:10.1111/j.1439-0426.2009.01319.x
- MIRANDA, R., D. GALICIA, S. MONKS & G. PULIDO-FLORES. 2010. First record of *Goodea atripinnis* (Cyprinodontiformes: Goodeidae) in the state of Hidalgo (Mexico) and some considerations about its taxonomic position. *Hidrobiológica* 20 (2): 185-190.
- NARNWARE, Y. K. & R. E. PETER. 2002. Influence of diet composition on food intake and neuropeptide Y (NPY) gene expression in goldfish brain. *Regulatory Peptides* 103 (2-3): 75-83. DOI:10.1016/S0167-0115(01)00342-1
- SARKAR, U. K., G. E. KHAN, A. DABAS, A. K. PATHAK, J. I. MIR, S. C. REBELLO, A. PAL & S. P. SINGH. (2013). Length weight relationship and condition factor of selected freshwater fish species found in river Ganga, Gomti and Rapti, India. *Journal of Environmental Biology* 34 (5): 951-956.
- SHIAU, S. Y. & C. W. LAN. 1996. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture* 145 (1-4): 259-266. DOI:10.1016/S0044-8486(96)01324-5
- SILVA-SANTOS, J. R., M. C. MARTÍNEZ-SALDAÑA, R. RICO-MARTÍNEZ, J. L. GÓMEZ-MÁRQUEZ & J. L. ARREDONDO-FIGUEROA. 2016. Reproductive biology of *Goodea atripinnis* (JORDAN, 1880) (CYPRINODONTIFORMES: GOODEIDAE) under controlled conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 4 (2): 180-193. DOI:10.18006/2016.4(2).180.193
- TEKINAY, A. A. & S. J. DAVIES. 2001. Dietary carbohydrate level influencing feed intake, nutrient utilization and plasma glucose concentration in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 25: 657-666.
- THOMAS, S. E., A. D. DAVIS, & R. C. ARNOLD. 1999. Evaluation of grow out diets with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 176 (1-4): 343-353. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00118-0
- USCANGA-MARTÍNEZ, A., C. A. ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, W. M. CONTRERAS-SÁNCHEZ, G. MÁRQUEZ-COUTURIER, R. CIVERA-CERECEDO, H. NOLASCO-SORIA, A. HERNÁNDEZ-LLAMAS, E. GOYTORTÚA-BORES & F. J. MOYANO. 2012. Protein requirement in masculinized and non-masculinized juveniles of Bay Snook *Petenia splendida*. *Hidrobiológica* 22 (3): 219-228.
- WALTER, M., M. QUISPE, L. VALENZUELA, G. CONTRERAS & J. ZALDÍVAR. 2010. Dietary protein utilization by fingerling of gamitana *Colossoma macropomum*, fed with isocaloric diets. *Revista Peruana de Biología* 17 (2): 219-223.
- WEBB, S. A., J. A. GRAVES, C. MACIAS-GARCIA, A. E. MAGURRAN, D. O. FOIGHIL & M. G. RITCHIE. 2004. Molecular phylogeny of the livebearing Goodeidae (Cyprinodontiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30 (3): 527-544. DOI:10.1016/S1055-7903(03)00257-4
- WU, G. 2009. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids* 37 (1): 1-17. DOI:10.1007/s00726-009-0269-0