

Substitución de la harina de pescado por harina de soya en el crecimiento de juveniles del “caracol tegogolo” *Pomacea patula catemacensis* en laboratorio

Substitution of fish meal by soybean meal in the growth of juveniles of the “tegogolo snail” *Pomacea patula catemacensis* in laboratory

Carlos Humberto Sepúlveda¹ , Manuel García-Ulloa² 

¹Estancias Posdoctorales por México, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Colonia San Joachin, Guasave, Sinaloa, C.P. 81101, México.

²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Colonia San Joachin, Guasave, Sinaloa, C.P. 81101, México.

Correspondencia: Manuel García-Ulloa **E-mail:** turbotug@hotmail.com

Artículo original | Original article

Palabras clave

Gasterópoda
Ampullariidae
requerimiento
nutricional
fuentes de proteína
crecimiento específico
análisis financiero

Keywords

Gastropods
Ampullariidae
nutritional
requirement
protein sources
specific growth
financial analysis

RESUMEN | El cultivo de especies acuáticas alimentados con ingredientes de fácil manejo, disponibles y baratos, representa una opción para cubrir la creciente demanda de proteína de alta calidad para consumo humano. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la substitución de harina de pescado (HP) por harina de soya (HS) en diferentes porcentajes (100HP, 20HS/80HP, 40HS/60HP, 60HS/40HP, 80HS/20HP y 100HS) en el crecimiento de juveniles del “caracol tegogolo”, *Pomacea patula catemacensis* (< 0,20 g peso inicial promedio), bajo condiciones de laboratorio. Las variables del agua en las peceras (temperatura = $27,36 \pm 0,50$ °C), oxígeno disuelto = $4,09 \pm 0,87$ mg L⁻¹ y pH = $7,56 \pm 0,29$) se mantuvieron estables en todo el tiempo experimental. Las dietas (isoproteicas = $39,9 \pm 0,54\%$) se suministraron *ad libitum* y se realizó un recambio de agua de 100% diariamente. Los caracoles de cada pecera ($n = 10$) fueron pesados y medidos al inicio del ensayo y cada semana durante los 60 días experimentales. Además, se calculó el rango de crecimiento específico (CE, %) y la ganancia en peso promedio por día (GPPD, g). Los valores más altos del peso húmedo y longitud de la concha de los caracoles al final del cultivo se registraron para la dieta 100HP ($4,70 \pm 0,40$ g y $2,64 \pm 0,47$ cm, respectivamente), mientras que los más bajos ($2,30 \pm 0,19$ g y $2,13 \pm 0,45$ cm, respectivamente) se observaron para el tratamiento 80HS/20HP ($p < 0,05$). El CE final fluctuó desde $2,14 \pm 1,13$ hasta $4,65 \pm 2,39\%$ para los grupos 80HS/20HP y 100HS, respectivamente. El tratamiento 100HP obtuvo la mayor GPPD ($0,153 \pm 0,013$ g) en la sexta semana. El costo de la dieta 100HS resultó ser 35,62% más barata que la 100HP. Se recomienda la substitución total de HP por HS en la dieta de juveniles del tegogolo, aunque es necesario evaluar su efecto hasta que alcancen la talla comercial (32 mm de longitud).

ABSTRACT | Cultivating aquatic species fed with easy-to-handle, available, and cheap ingredients represent an option to meet the growing demand for high-quality protein for human consumption. The aim of the present study was to evaluate the effect of replacing fish meal (HP) with soybean meal (HS) in different percentages (100HP, 20HS/80HP, 40HS/60HP, 60HS/40HP, 80HS/20HP and 100HS) to feed juveniles of the “tegogolo snail”, *Pomacea patula catemacensis* (< 0.20 g average initial weight), under laboratory conditions. The water environmental variables in the snail tanks were: temperature 27.36 ± 0.50 °C, dissolved oxygen 4.09 ± 0.87 mg L⁻¹, and pH = 7.56 ± 0.29 , which remained stable throughout the study. The diets (isoprotein = $39.9 \pm 0.54\%$) were supplied *ad libitum* and 100% water exchange was performed daily. All snails in each tank ($n = 10$) were weighed and measured at the beginning of the trial and every week during the 60 experimental days, to evaluate their growth. In addition, the specific growth range (CE, %) and the average weight gain per day (GPPD, g) were calculated. The highest mean values of total wet weight and shell length of snails at the end of culture were recorded for the 100HP diet (4.70 ± 0.40 g and 2.64 ± 0.47 cm, respectively), while the lowest values (2.30 ± 0.19 g and 2.13 ± 0.45 cm, respectively) were observed for the 80HS/20HP treatment ($p < 0.05$). The final CE ranged from 2.14 ± 1.13 to $4.65 \pm 2.39\%$ for the 80HS/20HP and 100HS groups, respectively. The 100HP treatment obtained the highest GPPD (0.153 ± 0.013 g) in the sixth week. The cost of the 100HS diet was 35.62% cheaper than the 100HP. The total replacement of HP by HS in the diet of juvenile tegogolo is recommended, although it is necessary to evaluate its effect until they reach commercial size (32 mm in length).

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial y el consecuente aumento de la demanda de alimentos conteniendo proteína de alta calidad, continúa ejerciendo presión sobre las especies de organismos —plantas y animales— con potencial acuícola para proveer este componente vital a la alimentación humana (FAO 2024). En México, existen aproximadamente 4643 especies de moluscos, de los cuales, 200 son explotadas comercialmente, destacando el callo de hacha, ostión, caracol y almeja (Castillo-Rodríguez 2014). Sin embargo, algunas poblaciones naturales de estas especies se encuentran disminuidas derivado del efecto antrópico sobre sus hábitats aunado a su intensa captura, lo que hace más redituable cultivarlas que extraerlas del medio natural (Mejía-Ramírez *et al.* 2020; Ghosh *et al.* 2022).

Desde la prehistoria hasta la actualidad, los caracoles marinos, terrestres y de agua dulce han formado parte importante de la gastronomía de diferentes culturas (Corzas-Cruz y Silva-Gómez 2021). Por ejemplo, Francia y Argentina —principalmente el primero— destacan como los mayores consumidores del caracol de jardín comúnmente conocido como “escargots” (*Helix aspera*) (González *et al.* 2008; Duhart 2009); mientras que en Perú existen reportes donde el caracol “churo negro”, *Pomacea nobilis*, se cultiva comercialmente (Ramírez *et al.* 2020). En México, las especies *P. patula catemacensis* (Castillo-Capitán *et al.*, 2020; Linton-Izquierdo *et al.*, 2024), *P. flagellata* (Ocaña *et al.* 2015) y *P. bridgesii* (Torres-Ariño *et al.* 2023) son capturadas y cultivadas para consumo regional. Además de ser aprovechados para el consumo humano, Bombeo-Tuburan *et al.* (1995) y Anisuzzaman *et al.* (2016) documentaron que, debido al contenido nutricional (alto contenido de proteínas, minerales y ácidos grasos esenciales) que presentan algunas especies como *P. caniculata* y *Viviparus* sp., su carne puede utilizarse como ingrediente en la elaboración de dietas experimentales para el camarón *Penaeus monodon* y peces (*Labeo rohita*, *Catla catla*, *Cirrhinus cirrhosus*, *Hypophthalmichthys molitrix* y *Pangasius hypophthalmus*), respectivamente.

Los caracoles de la familia Ampullariidae suelen alimentarse principalmente de vegetales, aunque también pueden ser carroñeros (Ruiz-Ramírez *et al.* 2007). Para su producción controlada, se ha reportado el uso de alimentos comerciales para tilapia (Castillo-Capitán *et al.* 2020) y aves ponedoras (González *et al.* 2008), y otras de elaboración experimental (Torres-Ariño *et al.* 2023). Sin embargo, no existe —hasta ahora— una dieta formulada específicamente para cumplir con el requerimiento nutricional en el cultivo de este grupo de moluscos.

Pomacea patula catemacensis (Baker 1922), conocido como “caracol tegogolo” es un gasterópodo dulceacuícola, endémico del Lago de Catemaco ubicado en Los Tuxtlas, Veracruz, México (Czaja *et al.* 2020), localidad en la que este recurso pesquero representa un importante componente alimenticio en la gastronomía tradicional, donde se considera una de las principales fuentes de ingreso y empleo (Castillo-Capitán *et al.* 2020). Para la extracción del “tegogolo” se utilizan métodos de captura que incluyen el buceo libre y la recolección a mano (Linton-Izquierdo *et al.* 2024). Dependiendo de la temporada del año, el precio del kilogramo de pulpa oscila entre 11 a 28 dólares estadounidenses (Mejía-Ramírez *et al.* 2020). Durante la última década, el volumen de captura de *P. patula catemacensis* ha disminuido —280 toneladas (t) en 2007 a 82 t en 2020— registrando su punto más bajo en 2013, cuando únicamente se reportaron 12 t (CONAPESCA 2023). Una de las causas atribuibles a la disminución de la población del “caracol tegogolo” en la región, es la depredación provocada por especies introducidas como la tilapia (*Oreochromis* spp.) y los peces trasladados *Mayaheros urophthalmus* (Jiménez-García y Suárez-Morales 2017). Además, su hábitat ha sido deteriorado por contaminantes antropogénicos asociados a pesticidas (Calderón-Villagómez *et al.* 2001) y biotoxinas paralizantes (Berry *et al.* 2012). Por otro lado, Castillo-Capitán *et al.* (2020) documentan que los pescadores no respetan la talla mínima de captura (32 mm de longitud, NOM-041-PESC-2004) del “caracol tegogolo”, lo que ocasiona que la especie se encuentre amenazada por una intensa explotación.

La mayor parte de la información reportada para esta especie está relacionada con su biología básica y ecología (García-Ulloa y Gallo-García 2008). Existe muy pocos reportes científicos acerca de su requerimiento nutricional, y en general, del desarrollo de una tecnología de producción (Castillo-Capitán *et al.* 2020). Uno de los aspectos más importantes para la crianza y producción de este organismo es el área nutricional, la cual, puede ser responsable de más de la mitad del gasto de operación total en una granja acuícola. Es aceptado que el ingrediente más costoso de un alimento acuícola es la proteína animal (Torres-Ariño *et al.* 2023) proveniente de la harina de pescado (HP). Por lo tanto, es prioritario realizar experimentos que evalúen alternativas de ingredientes alimenticios de mayor disponibilidad, fácilmente digeribles, de alto valor nutricional a menor costo y que promuevan el crecimiento de los

organismos cultivados. Actualmente, uno de los ingredientes vegetales más utilizados en la elaboración de dietas en acuicultura es la harina de soya (HS), que se ha probado sustituyendo total o parcialmente la HP (Hernández *et al.* 2022; Loqui-Sánchez *et al.* 2022). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la substitución de diferentes niveles de HP por HS en el crecimiento y supervivencia de juveniles de *P. patula catemacensis*, bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y cultivo de los caracoles

Se utilizaron 60 juveniles del caracol *P. patula catemacensis* (< 0,20 g de peso inicial promedio) provenientes de la misma cohorte del grupo de reproductores del Laboratorio de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Guadalajara, México. Los juveniles se dividieron al azar en seis grupos y se colocaron en peceras de vidrio de 20 L de capacidad –volumen de trabajo de 5 L– con una piedra difusora de aire de poro mediano (Aquatic-Ecosystem, Apopka, FL, USA), donde se mantuvieron durante el periodo de aclimatación (7 días) y cultivo. Durante la aclimatación y los 60 días de cultivo, los caracoles fueron alimentados dos veces al día (9:00 am y 5:00 pm) con las dietas experimentales. La ración del alimento se ajustó observando el residuo dejado de la alimentación anterior (*ad libitum*). Además, diariamente se obtuvieron los parámetros fisicoquímicos del agua: la temperatura se registró con un termómetro de inmersión (Brannan; 27,36±0,50 °C), el oxígeno disuelto con un oxímetro (YSI, 55/12 FT, Ohio 45387; 4,09±0,87 mg L⁻¹), mientras que el potencial de hidrógeno (pH) se midió con un potenciómetro (Hanna, HI 8314; 7,56±0,29), y se realizaron recambios diarios del 100% del agua de las peceras.

Formulación de las dietas experimentales

Se formularon cinco dietas isoproteicas (40% proteína base), calculadas mediante el cuadrado de Pearson (Houser y Akiyama 1997), conteniendo diferentes proporciones de HS y HP. Las dietas experimentales se compararon con una dieta incorporando exclusivamente HP como fuente de proteína (100% HP). Dichas dietas estuvieron constituidas por los siguientes porcentajes: 20HS/80HP, 40HS/60HP, 60HS/40HP, 80HS/20HP y 100HS. Se utilizaron otros ingredientes y aditivos alimenticios (vitaminas, aglutinante, aceite de pescado, sal, harina de trigo y harina de arroz) para complementar las dietas (García-Ulloa *et al.* 2003).

Para la elaboración de las dietas, todos los ingredientes fueron molidos y tamizados a 100 µm de diámetro para homogenizar su tamaño. Posteriormente, los ingredientes se mezclaron con un batidor (MOULINEX®, México, D.F.) por 30 min para proceder a verter el aceite y el agua suficientes a la mezcla seca, y así obtener una consistencia adecuada para su procesamiento. La mezcla húmeda se peletizó a presión a través de un molino de carne marca Torrey, se dejó reposar por 5 min y se secó en una estufa de laboratorio (FELISA®, México, D.F.) a 60 °C por 24 h (García-Ulloa *et al.* 2003). Este procedimiento se aplicó para todas las dietas. Finalmente, las dietas fueron almacenadas en bolsas de plástico a 5 °C, hasta su uso.

Se determinó el análisis proximal y contenido de energía de todas las dietas (Tabla 1). La proteína cruda se determinó usando el método Micro-Kjeldahl (Kirk 2002), mientras que los lípidos fueron extraídos con éter en un sistema Soxtec (Bligh y Dyer, 1959). La fibra cruda se determinó con el método de ácido sulfúrico-fenol propuesto por Myklestad y Haug (1972). La humedad y cenizas de las dietas se obtuvieron por diferencia de peso, usando un horno a 100 °C y una mufla para su incineración, respectivamente (AOAC, 1999; Torres-Ariño *et al.* 2023).

Análisis del crecimiento

Para evaluar la eficiencia de las dietas suministradas, todos los caracoles de cada tratamiento fueron pesados y medidos de manera individual al inicio del ensayo y cada semana durante los 60 días experimentales. Antes de ser pesados, los caracoles se colocaron sobre una servilleta absorbente para eliminar el excedente de agua. Se usó una regla vernier digital (Digital Caliper, Apopka, FL, USA, 0-100 mm, con precisión 1 mm) y una balanza (TANITA, 1479S, Apopka, FL, USA, 0,1g) para registrar la longitud (desde el ápice hasta la parte más distal de la apertura, Torres-Ariño *et al.* 2023) y el peso húmedo individual, respectivamente. Se calculó por tratamiento, el rango de crecimiento específico (CE, % de ganancia de la biomasa total por día) mediante la fórmula $CE = 100 \times (\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tiempo}$.

– \ln peso inicial)/tiempo de cultivo (días), donde \ln = logaritmo natural (Ricker 1979). La ganancia en peso promedio por día (GPPD, g) se obtuvo de la fórmula $GPPD = (\text{peso final} - \text{peso inicial})/\text{días de tratamiento}$ (Gallo-García y García-Ulloa 2007).

Análisis estadísticos

Todos los datos se analizaron para determinar su normalidad y homocedasticidad (prueba de Kolgomorov–Smirnov y Bartlett, respectivamente). Se realizó un análisis de comparación de medias (ANOVA, para datos semanales de cada dieta experimental) para detectar diferencias estadísticas entre el peso húmedo total y la longitud de la concha de los caracoles *P. patula catemacensis*; como bondad de ajuste se usó la prueba de múltiples rangos. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics.Net, Madrid), con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (Zar 2010). Finalmente, se realizó un estudio financiero (Jolly y Clonts 1993) con los datos de cada dieta para conocer su factibilidad económica.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los ingredientes usados para la elaboración de cada dieta. El contenido de proteína de las dietas confirmó su condición de isoproteicas ($39,9 \pm 0,54\%$).

Tabla 1. Ingredientes (g/kg) y composición proximal (% , peso seco) de las dietas experimentales.

Table 1. Ingredients (g/kg) and proximate analysis (% , dry weight) of the experimental diets.

Ingredientes	100HP ¹	20HS/80HP	40HS/60HP	60HS/40HP	80HS/20HP	100HS
Harina de soya ²	—	100	200	310	410	520
Harina de pescado ³	520	420	320	210	110	—
Salvado de arroz ⁴	158	158	158	158	158	158
Harina de trigo ⁵	150	150	150	150	150	150
Mezcla de vitaminas ⁶	20	20	20	20	20	20
Aceite de pescado ⁷	50	50	50	50	50	50
Sal ⁸	2	2	2	2	2	2
Aglutinante ⁹	100	100	100	100	100	100
Composición proximal						
Proteína	40,8	39,8	39,5	40,3	39,6	39,4
Lípidos	4	6,1	5,8	4,4	5,2	6,2
Fibra	4,9	1,6	1,5	1,2	1,6	5,9
Ceniza	10,9	8,7	7,9	7,3	6,2	5,2
Extracto libre de N	33,2	37	39,8	43,5	42,3	41,1
Materia Seca	93,7	93,2	94,5	96,7	94,9	94,8
Humedad	6,3	6,7	5,4	4	4,5	5,2

¹ Dietas: 100HP = 100% harina de pescado; 20HS/80HP = 20% harina de soya + 80% harina de pescado; 40HS/60HP = 40% harina de soya + 60% harina de pescado; 60HS/40HP = 60% harina de soya + 40% harina de pescado; 80HS/20HP = 80% harina de soya + 20% harina de pescado; 100HS = 100% harina de soya.

² Harina de soya (46,9% proteína), vendedor local.

³ Harina de pescado peruano (58,9% proteína), Fondeport, Manzanillo, México.

⁴ Salvado de arroz (14% proteína), Arrocería de Occidente, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México.

⁵ Harina de trigo (15% de proteína), Molino Centra, S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México.

⁶ Multivitamínico Vitafort®-A, Parfarm, S.A., México, D.F.

⁷ Aceite de pescado, Harinas, Aceites y Derivados Marinos S. A. de C. V., Ejido San Buenaventura, Manzanillo, Colima, México.

⁸ Sal no refinada, Salineras de Tecmán, Colima, México.

⁹ Aglutinante, carboximetilcelulosa, Almacenes de Drogas La Paz, S. A. de C. V., Guadalajara, Jalisco, México.

Crecimiento

Los valores promedio más altos del peso húmedo total y longitud total de la concha de juveniles de *P. patula catemacensis* al final del cultivo se registraron para la dieta 100HP ($4,70 \pm 0,40$ g y $2,64 \pm 0,47$ cm, respectivamente),

mientras que los más bajos ($2,30 \pm 0,19$ g y $2,13 \pm 0,45$ cm, respectivamente) se observaron para el tratamiento 80HS/20HP (Fig. 1; $p < 0,05$). No se observó mortalidad en ninguno de los grupos experimentales.

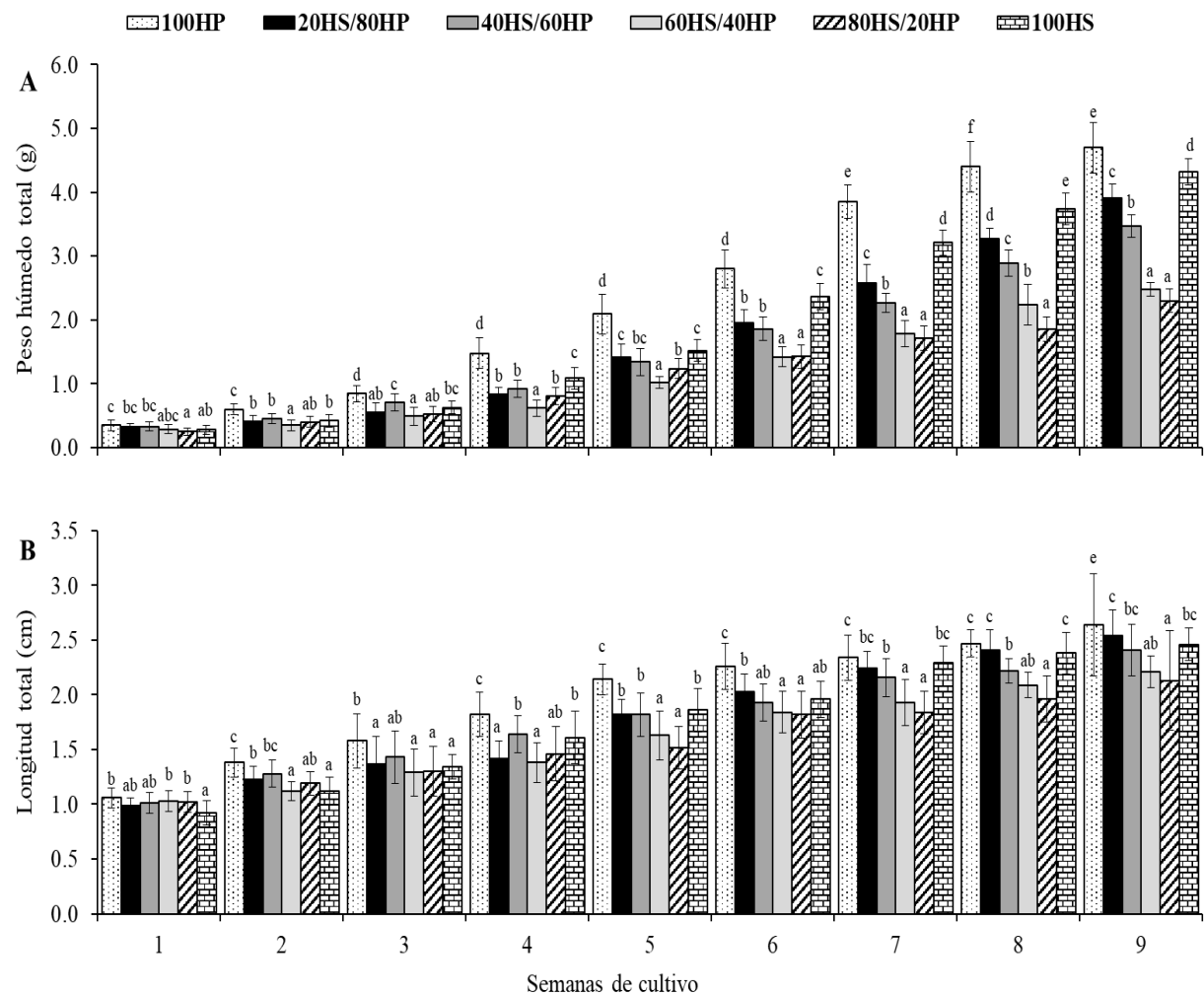


Figura 1. Peso húmedo total (g; A) y longitud total de la concha (cm; B) promedio de juveniles del caracol *P. patula catemacensis* alimentados con dietas isoproteicas sustituyendo la harina de pescado con harina de soya. Dietas: 100HP = 100% harina de pescado; 20HS/80HP = 20% harina de soya + 80% harina de pescado; 40HS/60HP = 40% harina de soya + 60% harina de pescado; 60HS/40HP = 60% harina de soya + 40% harina de pescado; 80HS/20HP = 80% harina de soya + 20% harina de pescado; 100HS = 100% harina de soya. Peso húmedo y longitud inicial para todas las dietas = $0,26 \pm 0,12$ g y $1,02 \pm 0,20$ cm, respectivamente. Las barras (semanas de cultivo) con diferentes letras en superíndices denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dietas experimentales.

Figure 1. Average total wet weight (g; A) and total length (cm; B) of juveniles of the snail *P. patula catemacensis* fed with isoprotein diets replacing the fish meal with soybean meal. Diets: 100HP = 100% fish meal; 20HS/80HP = 20% soybean meal + 80% fish meal; 40HS/60HP = 40% soybean meal + 60% fish meal; 60HS/40HP = 60% soybean meal + 40% fish meal; 80HS/20HP = 80% soybean meal + 20% fish meal; 100HS = 100% soybean meal. Wet weight and initial length for all diets = $0,26 \pm 0,12$ g and $1,02 \pm 0,20$ cm, respectively. Bars (culture weeks) with different superscript letters denote significant differences ($p < 0,05$) among experimental diets.

Crecimiento específico

El CE semanal mostró una tendencia a reducirse con el tiempo, registrando los valores mayores en las tres primeras semanas del cultivo (Tabla 2). El valor más alto de CE se obtuvo para la dieta 100HS ($7,62 \pm 0,36\%$ de ganancia en peso/día) en la tercera semana experimental. Por otro lado, la dieta 60HS/40HP registró el CE más bajo ($0,47 \pm 0,22\%$ de ganancia de peso/día) para la última semana de cultivo. El CE final considerando los dos meses de estudio, fluctuó desde $2,14 \pm 1,13$ hasta $4,65 \pm 2,39\%$ de ganancia de peso/día para los grupos 80HS/20HP y 100HS, respectivamente.

Tabla 2. Crecimiento específico promedio (% de la ganancia en peso por día) semanal (cada 7 días) y total (después de 60 días de experimentación) de juveniles de *P. patula catemacensis* alimentados con dietas isoproteicas sustituyendo la harina de pescado con harina de soya.

Table 2. Average specific growth (% of weight gain per day) weekly (every 7 days) and total (after 60 days of experimentation) of juveniles of *P. patula catemacensis* fed with isoprotein diets replacing the fish meal with soybean meal.

Semana	100HP	20HS/80HP	40HS/60HP	60HS/40HP	80HS/20HP	100HS
S1	7,27±0,60 ^e	5,99±0,42 ^c	5,23±0,24 ^b	3,65±0,19 ^a	3,43±0,32 ^a	6,75±0,41 ^d
S2	6,87±0,72 ^e	5,80±0,31 ^d	5,02±0,32 ^c	3,56±0,26 ^b	3,18±0,28 ^a	6,50±0,33 ^c
S3	6,45±0,76 ^d	5,60±0,23 ^c	4,59±0,18 ^b	3,32±0,16 ^a	2,98±0,29 ^a	7,62±0,36 ^d
S4	5,39±0,58 ^d	5,14±0,34 ^d	4,24±0,35 ^c	3,11±0,21 ^b	2,51±0,44 ^a	5,40±0,49 ^d
S5	4,40±0,70 ^d	4,16±0,60 ^{cd}	3,76±1,04 ^c	2,44±0,21 ^b	1,80±0,40 ^a	4,70±0,39 ^d
S6	3,19±0,87 ^c	3,26±0,32 ^c	2,66±0,33 ^b	1,76±0,20 ^a	1,47±0,42 ^a	3,39±0,38 ^c
S7	1,45±0,38 ^b	2,23±0,65 ^c	1,99±0,33 ^c	1,19±0,29 ^{ab}	1,01±0,19 ^a	1,88±0,42 ^c
S8	0,63±0,32 ^{ab}	1,07±0,41 ^c	0,95±0,14 ^{bc}	0,47±0,22 ^a	0,75±0,29 ^{abc}	0,99±0,46 ^{bc}
Total	4,46±2,50	4,15±1,82	3,55±1,54	2,44±1,19	2,14±1,03	4,65±2,39

Dietas: 100HP = 100% harina de pescado; 20HS/80HP = 20% harina de soya + 80% harina de pescado; 40HS/60HP = 40% harina de soya + 60% harina de pescado; 60HS/40HP = 60% harina de soya + 40% harina de pescado; 80HS/20HP = 80% harina de soya + 20% harina de pescado; 100HS = 100% harina de soya. Filas con diferentes letras en superíndices denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dietas experimentales.

Ganancia en peso promedio por día

El GPPD semanal mostró una tendencia a aumentar con el tiempo, registrando los valores mayores de la semana 4 a la 7. (Tabla 3). El valor más alto de GPPD se obtuvo para la dieta 100HP (0,153±0,013 g de ganancia diaria) en la sexta semana experimental. Por otro lado, la dieta 40HS/60HP registró el GPPD más bajo (0,001±0,000 g de ganancia diaria) para la primera semana de cultivo.

Tabla 3. Ganancia en peso promedio por día (GPPD, g) semanal (cada 7 días) de juveniles de *P. patula catemacensis* alimentados con dietas isoproteicas sustituyendo la harina de pescado con harina de soya.

Table 3. Weekly average weight gain per day (GPPD, g) (every 7 days) of *P. patula catemacensis* juveniles fed with isoprotein diets replacing the fish meal with soybean meal.

Semana	100HP	20HS/80HP	40HS/60HP	60HS/40HP	80HS/20HP	100HS
S1	0,030±0,005 ^d	0,011±0,003 ^{bc}	0,001±0,000 ^a	0,006±0,003 ^{ab}	0,013±0,005 ^{bc}	0,017±0,007 ^c
S2	0,064±0,012 ^d	0,024±0,007 ^{ab}	0,034±0,006 ^{bc}	0,021±0,004 ^a	0,016±0,003 ^a	0,036±0,005 ^c
S3	0,070±0,015 ^d	0,046±0,006 ^{bc}	0,043±0,004 ^b	0,027±0,002 ^a	0,044±0,010 ^b	0,061±0,008 ^{cd}
S4	0,081±0,020 ^c	0,072±0,010 ^c	0,041±0,007 ^a	0,053±0,008 ^{ab}	0,053±0,006 ^{ab}	0,066±0,007 ^{bc}
S5	0,097±0,013 ^{de}	0,093±0,011 ^{cd}	0,071±0,008 ^{bc}	0,063±0,012 ^{ab}	0,044±0,009 ^a	0,116±0,017 ^e
S6	0,153±0,013 ^d	0,079±0,017 ^b	0,077±0,010 ^b	0,043±0,007 ^a	0,034±0,006 ^a	0,111±0,011 ^c
S7	0,093±0,015 ^c	0,094±0,009 ^c	0,091±0,008 ^c	0,053±0,005 ^b	0,029±0,008 ^a	0,084±0,011 ^c
S8	0,037±0,010 ^b	0,101±0,018 ^d	0,073±0,017 ^c	0,013±0,005 ^a	0,021±0,004 ^{ab}	0,073±0,007 ^c

Dietas: 100HP = 100% harina de pescado; 20HS/80HP = 20% harina de soya + 80% harina de pescado; 40HS/60HP = 40% harina de soya + 60% harina de pescado; 60HS/40HP = 60% harina de soya + 40% harina de pescado; 80HS/20HP = 80% harina de soya + 20% harina de pescado; 100HS = 100% harina de soya.

Estudio económico de las dietas

Para comparar la factibilidad económica de las dietas, se consideró la elaboración de un kilogramo de cada una de ellas, ajustando los precios de los ingredientes utilizados. Los costos totales por dieta fluctuaron de \$101 pesos para 100HP, hasta \$65,38 pesos para 100HS (Tabla 4). El costo de la dieta 100HS resultó ser 35,62% más barata que la 100HP.

Tabla 4. Precios (en pesos mexicanos; 1USD = 20,58 MXN) de las dietas experimentales (considerando la elaboración de un kilogramo para cada dieta) ajustando los precios desglosados de cada ingrediente.

Table 4. Prices (in Mexican pesos; 1USD = 20,58 MXN) of the experimental diets (considering the preparation of one kilogram for each diet) adjusting the broken-down prices of each ingredient.

Ingredientes	\$/kg	100HP	20HS/80HP	40HS/60HP	60HS/40HP	80HS/20HP	100HS
Harina de soya	6,50	—	0,65	1,30	2,01	2,66	3,38
Harina de pescado	7	39	31,50	24	15,75	8,25	—
Salvado de arroz	5,25	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Harina de trigo	22,50	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38
Mezcla de vitamina	1000	20	20	20	20	20	20
Aceite de pescado	40	2	2	2	2	2	2
Sal	48	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Aglutinante	357	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70	35,70
Total (MXN)		101	94,15	87,30	79,76	72,91	65,38

DISCUSIÓN

Es bien aceptado que la harina de pescado –como fuente de proteínas– es el ingrediente de mayor costo en las dietas comerciales. Ya que la proteína de origen vegetal es más barata que la de origen animal, la investigación mundial en este rubro se ha enfocado en substituir la segunda por la primera (Hernández *et al.* 2022; Loqui-Sánchez *et al.* 2022). Está documentado que la inclusión de proteínas vegetales en el alimento comercial de organismos acuáticos –como peces y crustáceos– puede reducir su crecimiento, eficiencia alimenticia y salud intestinal; lo anterior debido a la presencia de antimetabolitos contenidos en los vegetales que hacen difícil su digestión disminuyendo su asimilación (Herman y Schmidt, 2016; Krogdahl *et al.* 2020). Para el caso de moluscos, específicamente gasterópodos, existe muy poca información sobre la incorporación de ingredientes vegetales en su dieta para evaluar su crecimiento y desarrollo. En este sentido, Mendoza *et al.* (2002) estudiaron la inclusión de elementos vegetales como hojas de espinaca (*Ipomoea aquatica*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en una dieta comercial conteniendo HP en el crecimiento del caracol *Pomacea bridgesii* y concluyeron que, a pesar de que estos caracoles son herbívoros generalizados, la mezcla de ingredientes animales y vegetales en su dieta favoreció un mejor crecimiento que aquellas con ingredientes vegetales únicamente por su bajo aporte proteico. Por otro lado, Castillo-Capitán *et al.* (2020) trabajó con adultos de *P. patula catemacensis* alimentándolos con hojas frescas de *L. sativa*, lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y alimento para peces en etapa de crecimiento, logrando buenos resultados en su reproducción. Ya que los resultados obtenidos en este trabajo no presentaron una tendencia de respuesta en las variables estudiadas proporcional al nivel de inclusión de HS en la dieta –y promovió el crecimiento y la supervivencia de juveniles de *P. patula catemacensis*–, se puede aseverar que los animales aceptaron los niveles de soya en la dieta, lo que confirma su hábito omnívoro no generalizado (García-Ulloa *et al.* 2006).

Crecimiento

El mayor crecimiento en peso húmedo final registrado en este experimento fue obtenido por el grupo 100HP (4,70±0,40 g), mientras que el valor más bajo se observó para la dieta 80HS/20HP (2,30±0,19 g). Estos resultados no indican una clara influencia de las dietas reflejada en la variación de la biomasa en los caracoles. No se observó una relación directa entre el peso obtenido y el nivel de inclusión de soya en la dieta, ya que los tratamientos que obtuvieron los valores más altos en peso fueron los que no mezclaban la fuente de proteína animal y vegetal (100HP y 100HS). Lo anterior pudiera ser explicado parcialmente por los hábitos alimenticios omnívoros de la especie (García-Ulloa y Gallo-García 2008; Castillo-Capitán *et al.* 2020), lo cual fue confirmado al observar que todas las dietas fueron consumidas por los caracoles.

Comparando los pesos húmedos finales del presente trabajo con otros reportes, se detectan algunas diferencias. Por ejemplo, Ramnarine (2004) obtuvo menores valores de peso total en *Pomacea urceus* probando diferentes porcentajes de proteína animal en dietas elaboradas, comparadas con los mayores valores obtenidos en este experimento. Mendoza *et al.* (2002) reportaron valores por encima de 5 g alimentando *P. bridgesii* con una dieta con 75% proteína animal (HP) y 25% de proteína vegetal (espinaca acuática y lechuga), concluyendo que la incorporación

de dos ingredientes (animal y vegetal) promovieron su mayor crecimiento en comparación con las dietas conteniendo una sola fuente nutricional. Church y Pond (1982) mencionan que es común encontrar efectos sinérgicos o asociados en la respuesta de organismos acuáticos en cultivo cuando se mezclan varios ingredientes. Tomando en cuenta que las dietas obtuvieron los más altos valores de peso total fueron son aquellas en las que se utilizó una sola fuente de proteína, se puede sugerir que *P. patula catemacensis* es un organismo omnívoro que responde bien al alimento con proteína vegetal al igual que con proteína animal.

El mayor crecimiento en longitud de la concha de los caracoles al final de este experimento se obtuvo para el tratamiento 100 HP ($2,64 \pm 0,47$ cm), mientras que el valor más bajo se observó para la dieta 80HS/20HP ($2,13 \pm 0,45$ cm). Lo anterior pudiera sugerir que la prioridad nutricional en el aprovechamiento de la energía estaría más centrada en la formación de concha que en tejidos, lo cual se tendría que confirmar con estudios de fisiología y morfometría. En general, el crecimiento en longitud de las conchas fue más similar entre las dietas que para el peso húmedo. Sin embargo, los resultados de este experimento no concuerdan con los reportados para otros trabajos con gasterópodos, lo cual se puede explicar por las diferentes dietas usadas, las condiciones de cultivo, el manejo de los animales, su genética, la especie y la talla al iniciar los experimentos.

Crecimiento específico

El crecimiento específico fue más alto las primeras semanas del trabajo, debido a que el mayor ritmo metabólico en los animales acuáticos se observó en las primeras etapas de desarrollo, es decir, el requerimiento energético o metabolismo es mayor en los organismos pequeños que en los grandes de la misma especie (García-Ulloa *et al.* 2003). El CE más alto ($7,62 \pm 0,36\%$ de la biomasa total/d) fue obtenido por el grupo 100HS en la tercera semana de experimentación; el promedio total más alto lo obtuvo también este tratamiento ($4,65 \pm 2,39\%$ de la biomasa total/d). El segundo valor promedio más alto lo obtuvo el grupo 100HP ($7,27 \pm 0,60\%$ de la biomasa total/d). Estas observaciones indican que *P. patula catemacensis* es una especie omnívora –preferentemente herbívora (Ruiz-Ramírez *et al.* 2007), sin preferencia alimenticia aparente pudiendo responder de forma similar ante las diversas fuentes de proteína. Los CE finales reportados por Mendoza *et al.* (2002) para juveniles de *P. bridgesii* fueron mayores (desde 4 a 6% de la biomasa/d) a los obtenidos en este experimento. Sin embargo, estos últimos fueron a su vez, mayores a los reportados por Ramnarine (2004) para *P. urceus*, los que fluctuaron desde 0,67 hasta 0,95% de la biomasa/d, probando diferentes concentraciones de proteína en la dieta, pero usando animales mayores de 7 g de peso inicial. Las diferencias con el presente trabajo se explican por las diversas especies, tamaños de los animales al inicio del experimento y dietas usadas.

Ganancia en peso promedio por día

El grupo que obtuvo el valor final promedio más alto de GPPD fue 100HP ($0,153 \pm 0,013$ g/d) en la sexta semana; durante la primera semana del ensayo, la dieta 40HS/60HP no registró ganancia en peso. Los valores promedio por dieta muestran GPPD similares a los reportados por Ramnarine (2004) quien obtuvo una fluctuación desde 0,077 hasta 0,134 g/d trabajando con *P. urceus*. Su trabajo comenzó después de 8 semanas de la eclosión y duró 18 semanas. Por otro lado, Lagunes-Casique (1997) obtuvo una GPPD de 0,006 g/d, probando tres densidades de *P. patula catemacensis* en corrales dentro de un embalse natural. Lo anterior confirma la importancia de las condiciones de cultivo y la dieta en el crecimiento de este caracol, y el efecto de las condiciones externas e internas al animal antes mencionadas, que tiene efecto sobre su respuesta biológica.

Estudio económico de las dietas

El precio de la dieta 100HS resultó ser 35,62% más barata que la 100HP. Se observa que, a mayor inclusión de HS, el costo de la dieta se reduce. En función del crecimiento de los animales y de la elaboración de una dieta efectiva en costo y funcionamiento –lo cual es una prioridad en acuicultura (Mejía-Ramírez *et al.* 2020; Torres-Ariño *et al.* 2023), es importante la revisión cuidadosa de cada parámetro estudiado para seleccionar la que ofrece los mejores beneficios tanto para los animales como para el acuicultor. Los valores más altos de peso húmedo y longitud fueron obtenidos por la dieta 100HP, sin embargo, los mayores valores en el crecimiento específico se registraron para la dieta 100HS (4,78% de la ganancia en peso/d), con valores intermedios para todas las demás dietas. Ya que todas las dietas fueron consumidas por los caracoles y no se observó tendencia alguna en el efecto de la inclusión dietética de

la soya en el alimento de juveniles de *P. patula catemacensis*, sería recomendable el uso de este grano como única fuente de proteínas para la elaboración de una dieta comercial, aunque no se descarta la realización de otros estudios nutricionales para conocer su requerimiento alimenticio y energético específico, y para evaluar su aplicación con mayor efectividad, en organismos de diferentes edades y bajo condiciones de cultivo intensivo.

CONCLUSIONES

Independientemente del nivel de inclusión de HS, todas las dietas fueron consumidas y promovieron el crecimiento y la supervivencia de juveniles de *P. patula catemacensis* bajo condiciones de laboratorio. Finalmente, se concluye: 1) la dieta 100HP registró los animales más pesados (g) y grandes en longitud (cm) ($p < 0,05$); 2) la dieta 100HS obtuvo los animales con mayor crecimiento específico ($4,65 \pm 2,39\%$), mientras que la dieta 100HP presentó los valores más altos de ganancia en peso promedio por día ($0,153 \pm 0,013$ g); y 3) se recomienda la inclusión de HS en la dieta de juveniles del caracol tegogolo, aunque es necesaria la realización de estudios nutricionales posteriores para evaluar su efecto hasta que los caracoles alcancen la talla comercial (32 mm de longitud) bajo condiciones intensivas de producción; y 4) los caracoles presentaron versatilidad alimenticia ya que consumieron todas las dietas promoviendo su crecimiento y supervivencia.

Declaración de conflicto de interés de los autores

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionado con el presente trabajo.

Declaración de buenas prácticas en el uso de animales

Se siguieron y respetaron las pautas de bioética animal.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo logístico en la realización y conclusión de este proyecto. CHS agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología por el apoyo económico en el desarrollo de sus estudios de Posdoctorado en el IP-CIIDIR-Sinaloa. Agradecemos al alumno de licenciatura Andrew Mercer-Higuera por el apoyo en la realización del proyecto.

REFERENCIAS

- Anisuzzaman M., Haque M.M., Kamrunnahar K., Kang S. (2016). Freshwater snail (*Viviparus* sp.); its potential to use in fish feed formulation. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences* 18(1):182–195.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists, 1999). Animal Food. In: Cunniff P (Ed.). Official Methods of analysis of AOAC international. Gaithersburg, Maryland, USA, pp. 1–43.
- Berry J.P., Jaja-Chimedza A., Dávalos-Lind L., Lind O. (2012). Apparent bioaccumulation of cylindrospermopsin and paralytic shellfish toxins by finfish in Lake Catemaco (Veracruz, Mexico). *Food Additives and Contaminants - Part A* 29:314–321. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.597785>
- Bligh E.G., Dyer W.I. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37:911–917.
- Bombero-Tuburan I., Fukumoto S., Rodríguez E.M. (1995). Use of the golden apple snail, cassava, and maize as feeds for the tiger shrimp, *Penaeus monodon*, in ponds. *Aquaculture* 131:91–100. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00329-M](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00329-M).
- Calderón-Villagómez H.E., Gonzalez-Enriquez R., Durán de Bazúa C. (2001). Plaguicidas en sedimentos y organismos acuáticos del lago de Catemaco, Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 17:23–30.

- Castillo-Capitán G., Velázquez-Silvestre M.G., De los Santos-Castillo J.E., Hernández-Velázquez L. (2020). Cultivo de *Pomacea patula catemacensis* como estrategia de producción piscícola para los productores acuícolas de Catemaco, Veracruz. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 8(2):43–51.
- Castillo-Rodríguez Z.G. (2014). Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S419–S430.
- Church D.C., Pond W.G. (1982). Basic Animal Nutrition and Feeding. Wiley J., New York, NY, USA, pp. 420.
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca del Gobierno de México, 2023). Sistema de información de pesca y acuicultura. <https://www.gob.mx/conapesca/es/acciones-y-programas/sistema-deinformacion-de-pesca-y-acuicultura-sipesca>.
- Corzas-Cruz J.S., Silva-Gómez S.E. (2021). La helicultura como alternativa de desarrollo en México. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería* 120.
- Czaja A., Meza-Sánchez I.G., Estrada-Rodríguez J.L., Romero-Méndez U., Sáenz-Mata J., Ávila-Rodríguez V., Becerra-López J.L., Estrada-Arellano J.R., Cardoza-Martínez G.F., Aguillón-Gutiérrez D.R., Cordero-Torres D.G., Covich A.P. (2020). The freshwater snails (Mollusca: Gastropoda) of Mexico: updated checklist, endemism hotspots, threats and conservation status. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91:e912909. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2909>
- Duhart F. (2009). Caracoles y sociedades en Europa desde la Antigüedad. Reflexiones etnozoológicas. *Revista de Humanidades* 15:115–139.
- FAO (2024). Versión resumida del estado mundial de la pesca y la acuicultura. La transformación azul en acción. Roma. 40 pp. <https://openknowledge.fao.org/items/fc569ba1-b7d4-42fc-96ae-aef050d11d37>. Consultado 22/07/2024.
- Gallo-García M.C., García-Ulloa M. (2008). Crecimiento de crías de *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis mossambicus* cultivadas en un sistema de recirculación y alimentadas con un suplemento de quistes de *Artemia* en la dieta comercial. *Avances en Investigación Agropecuaria* 11(2):71–82.
- García-Ulloa G.M., López-Chavarín H.M., Rodríguez-González H., Villarreal-Colmenares H. (2003). Growth of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868) Decapoda: Parastacidae) juveniles fed isoproteic diets with partial or total substitution of fish meal by soya meal: preliminary study. *Aquaculture Nutrition* 9:25–31.
- García-Ulloa M., Gallo-García M.C., Rodríguez-González H., Góngora-Gómez A.M., Ponce-Palafox J.T. (2008). Morphometric relationship of weight and length of cultured freshwater snail, *Pomacea patula* (Baker, 1922), at three different life stages. *Journal of the World Aquaculture Society* 39(6):842–845. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00222.x>.
- Ghosh S., Meyer-Rochow V.B., Jung C. (2022). Farming the edible aquatic snail *Pomacea canaliculata* as a Mini-Livestock. *Fishes* 7(6):1–9. <https://doi.org/10.3390/fishes7010006>
- González O., Pérez-Camargo G., Membiela M., Frezza D., Bartoloni N., Vieites C. (2008). Efecto de la densidad poblacional en la productividad de caracoles (*Helix aspersa*) en un sistema a cielo abierto alimentados con acelga y suplemento alimentario balanceado. *Ciencia e Investigación Agraria* 35(3):251–257.
- Herman E.M., Schmidt M.A. (2016). The potential for engineering enhanced functional feed soybeans for sustainable aquaculture feed. *Frontiers in Plant Science* 7:440. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00440>

- Hernández C., Lizárraga-Velázquez C.E., Sánchez-Gutiérrez E.Y., Arriaga-Hernández D. (2022). Estrategias nutricionales y productos de soya para la alimentación de juveniles de róbalo blanco del pacífico (*Centropomus viridis*): hacia la Rentabilidad de su Cultivo. En: Cruz-Suárez L.E., Tapia-Salazar M., Nieto-López MG., Villarreal-Cavazos D.A., Gamboa-Delgado J., Martínez-Palacios C.A. (Eds). Investigación e innovación en nutrición acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 217–222.
- Houser R.H., Akiyama D.M. (1997). Feed formulations principles. In: D’Abramo L.R., Conklin D.E., Akiyama D.M. (Eds.). Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 493–519.
- Jiménez-García M.I., Suárez-Morales E. (2017). Complementary description of *Ergasilus arthrosis* Roberts, 1969 (Copepoda: Poecilostomatoida: Ergasilidae), a new parasite of cichlid teleosts in southeast Mexico. *Systematic Parasitology*, 94: 81–90. <https://doi.org/10.1007/s11230-016-9678-0>
- Kirk R.S. (2002). Composición y análisis de alimentos. 5ta edn. Pearson Compañía editorial S. A de C.V., México.
- Kroghdahl Å., Kortner T.M., Jaramillo-Torres A., Gamil A.A.A., Chikwati E., Li Y., Storebakken T. (2020). Removal of three proteinaceous antinutrients from soybean does not mitigate soybean-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L). *Aquaculture* 514:734495.
- Lagunes-Casique B.A. (1997). Aprovechamiento de los cuerpos de agua tropicales para la crianza intensiva del caracol dulceacuícola *Pomacea* sp. (Mollusca, Gastropoda) en corrales flotantes, para su integración en programas acuícolas. Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico del Mar, Boca del Río, Veracruz, México.
- Linton-Izquierdo C., Jiménez-García I., Navarro-Angulo L.I., Pérez-Legaspi I.A., Ortega-Clemente L.A., Rojas-García C.R. (2024). Effect of shelters on the growth and cultivation performance of the endemic snail, *Pomacea patula catemacensis*, cultured in a recirculating system during its grow-out. *Latin American Journal of Aquatic Research* 52(3):508–513. <https://doi.org/10.3856/vol52-issue3-fulltext-3183>
- Loqui-Sánchez A.J., Tumbaco-Tigrero C.K., Zambrano-Alarcón M.E., Casignia-Coox D.A. (2022). Evaluación del crecimiento de “*Piaractus brachypomus*” en dos sistemas de producción complementando la alimentación con harina de soya, maíz hidropónica y su análisis sensorial. *RECIAMUC* 6(1):15–24. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(1\).enero.2022.15-24](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.15-24)
- Mejía-Ramírez M.Á., Rocha V.V., Pérez-Rostro C.I. (2020). Economic feasibility analysis of small-scale aquaculture of the endemic snail *Pomacea patula catemacensis* (Baker, 1922) from southeast Mexico. *Aquatic Living Resources* 33:2. <https://doi.org/10.1051/alr/2020001>
- Mendoza R., Aguilera C., Hernández M., Montemayor J., Cruz E. (2002). Elaboración de dietas artificiales para el cultivo del caracol manzana (*Pomacea bridgesii*). *Revista AquaTIC* 16:1–15.
- Myklestad S., Haug A. (1972). Production of carbohydrates by the marine diatom *Chaetoceros affini* var. *wille* (Gran) Hustedt. I. Effect of the concentration of nutrients in the culture medium. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 9:125–136.
- NOM-041-PESC-2004 (2004). Pesca responsable en el lago de Catemaco, ubicado en el Estado de Veracruz. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Norma Oficial Mexicana, Ciudad de México. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/1943/sagarpa/sagarpa.htm>. Consultado 20/07/2024.
- Ocaña F.A., de Jesús-Navarrete A., Oliva-Rivera J.J., de Jesús-Carrillo R.M., Vargas-Espósitos A.A. (2015). Population dynamics of the native apple snail *Pomacea flagellata* (Ampullariidae) in a coastal lagoon of the Mexican Caribbean. *Limnetica* 34(1):69–78.

- Ramírez R., Solis M., Ampuero A., Morín J., Jimenez-Vasquez V., Ramirez J.L., Congrains C., Temoche H., Shiga B. (2020). Identificación molecular y relaciones evolutivas de *Pomacea nobilis*, base para la autenticación específica del churo negro de la Amazonia peruana. *Revista Peruana de Biología* 27(2):139–148. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.17875>
- Ramnarine I.W. (2004). Quantitative protein requirements of the edible snail *Pomacea urceus* (Muller). *Journal of the World Aquaculture Society* 35:253–256.
- Ricker W.E. (1979). Growth rates and models. In: Hoar W.S., Randall D.J., Brett J.R. (Eds.). *Fish Physiology, Bioenergetics and growth*. Academic Press, New York, NY, USA, pp. 599–675.
- Ruiz-Ramírez R., Espinosa-Chávez F., Martínez-Jerónimo F. (2007). Growth and Reproduction of *Pomacea patula catemacensis* Baker, 1922 (Gastropoda: Ampullariidae) when fed *Calothrix* sp. (Cyanobacteria). *Journal of the World Aquaculture Society* 36(1):87–95. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00134.x>
- Torres-Ariño A., Vivaldo-Patraca L.G., Serrano-Guzmán S.J. (2023). Evaluación de la sustitución de harina de pescado por la de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892, en el crecimiento del caracol manzana *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) en un sistema de recirculación y bajo condiciones de laboratorio. *AquaTechnica* 5(1):29–52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7823443>.
- Zar J.H. (2010). *Biostatistical Analysis* 5th edn. Pearson Prentice Hall, USA.

