














Uso de larvas da mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens*) para a alimentação de *Colossoma macropomum* em gaiolas flutuantes na Amazônia Peruana


[Use of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae to feed *Colossoma macropomum* in floating cages in the Peruvian Amazon]

Germán Augusto Murrieta Morey^{*1,2} , Harvey Satalaya Arellano¹ , Luciano Alfredo Rodríguez Chu¹ , Joel Vásquez Bardales² , Enrique Rios Isern² , Jorge Nájara Reátegui² , José Lisbinio Cruz Guimaraes² , Víctor Humberto Puicón Niño de Guzmán³ , Diego Carvalho Viana⁴ 

1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Iquitos, Loreto, Peru 

2 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Iquitos, Loreto, Peru 

3 Universidad Nacional de San Martín (UNSM), Tarapoto, San Martín, Peru 

4 Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Imperatriz, Maranhão, Brasil 

*autor correspondente: germantiss1106@gmail.com

Recebido: 04 de fevereiro de 2025. Aceito: 17 de novembro de 2025. Publicado: 16 de janeiro de 2026.

Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: Este estudo foi realizado no Centro de Pesquisas Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB) do Instituto de Pesquisas da Amazônia Peruana (IIAP) para determinar a variação no crescimento de *Colossoma macropomum* (gamitana) alimentado com larvas de *Hermetia illucens* “mosca-soldado-negro” (MSN), térmitas e ração balanceada convencional. Foi utilizado um total de 180 indivíduos de *C. macropomum* com comprimento inicial padrão de 3.5 ± 0.5 cm e 2.5 ± 0.5 g de peso. Utilizaram-se 60 peixes por tratamento, distribuídos em 9 gaiolas flutuantes, com 20 peixes em cada gaiola. As gaiolas flutuantes foram instaladas dentro de um viveiro de peixes do IIAP. Os tratamentos (T) foram: T1: peixes alimentados com larvas de MSN, T2: peixes alimentados com térmitas, T3: peixes alimentados com ração balanceada. As larvas de MSN foram obtidas utilizando resíduos de laranja para sua produção. As térmitas foram coletadas em ambientes naturais, e a ração balanceada foi adquirida de uma empresa comercial em Iquitos, Peru. Os resultados mostraram que os peixes alimentados com ração balanceada cresceram mais (T1 = $3,61 \pm 0,74$; T2 = $1,65 \pm 0,50$; e T3 = $4,46 \pm 0,08$) e ganharam mais peso (T1 = $8,87 \pm 2,64$; T2 = $2,75 \pm 0,5$; e T3 = $11,76 \pm 0,26$) do que os peixes alimentados com MSNL e cupins ($p < 0,0001$). Em relação à taxa de conversão alimentar aparente, o tratamento T1 foi mais eficiente do que o T2 (T1 = $1,52 \pm 0,20$; T2 = $6,00 \pm 1,51$; $p < 0,05$), mas igualmente eficiente quanto o T3 (T1 = $1,52 \pm 0,20$; T3 = $1,58 \pm 0,08a$; $p > 0,05$). A taxa de sobrevivência dos peixes alimentados com T1 foi a mesma que a do T3 (95 %), ao contrário dos peixes alimentados com T2, que tiveram uma taxa de sobrevivência de 60 %. Comparando os tratamentos T1 e T2, os peixes alimentados com MSNL apresentaram índices zootécnicos adequados e melhores do que os peixes alimentados com cupins, sendo uma alternativa promissora para a criação de *C. macropomum* em gaiolas flutuantes.

Palavras-chave: ração balanceada para peixes; tambaqui; gaiola flutuante; térmitas; larvas de Stratiomyidae.

Abstract: This study was carried out at the “Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra” (CIFAB) of the “Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana” (IIAP) to determine the growth variation of *Colossoma macropomum* “gamitana” fed with larvae of *Hermetia illucens* black soldier fly (BSF), termites, and conventional balanced feed. A total of 180 *C. macropomum*, with initial standard length of 3.5 ± 0.5 cm and weight of 2.5 ± 0.5 g, was used. Sixty fish per treatment were distributed in 9 floating cages, 20 fish in each cage. The floating cages were installed inside a fishpond from IIAP. Treatments (T) consisted of T1: fish fed with BSFL, T2: fish fed with termites, and T3: fish fed with balanced feed. Black soldier fly larvae were obtained using orange waste for their production. Termites were collected from natural environments and balanced feed was purchased from a commercial company in Iquitos, Peru. The results showed that fish fed with balanced feed grew more (T1 = 3.61 ± 0.74 ; T2 = 1.65 ± 0.50 ; and T3 = 4.46 ± 0.08) and gained more weight (T1 = 8.87 ± 2.64 ; T2 = 2.75 ± 0.5 ; and T3 = 11.76 ± 0.26) than fish fed with BSFL and termites ($p < 0.0001$). Regarding apparent feed conversion ratio, treatment T1 was more efficient than T2 (T1 = 1.52 ± 0.20 ; T2 = 6.00 ± 1.51 ; $p < 0.05$), but equally efficient as T3 (T1 = 1.52 ± 0.20 ; T3 = $1.58 \pm 0.08a$; $p > 0.05$). The survival rate of fish fed with T1 was the same as that of T3 (95 %), whereas fish fed with T2 showed a survival rate of 60 %. Comparing T1 and T2, fish fed with BSFL showed adequate and superior zootechnical indices than fish fed with termites, being a promising alternative for the farming of *C. macropomum* in floating cages.

Keywords: balanced fish feed; Blackfin pacu; floating cage; termites; Stratiomyidae larvae.

1. Introdução

Atualmente, a piscicultura amazônica concentra-se na criação de espécies nativas, como *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachipomus*, *Brycon amazonicus*, *Prochilodus nigricans* e *Arapaima gigas*, espécies para as quais existem tecnologias de cultura em cativeiro conhecidas e praticadas na Amazônia peruana. A produção registrada da soma dessas espécies varia em torno de 700 toneladas no Peru, sendo destinada principalmente ao consumo local ⁽¹⁾.

Uma das espécies com maiores avanços tecnológicos no estado de Loreto é a *Colossoma macropomum*, popularmente conhecida no Peru como “gamitana”, considerada o maior caracídeo da Amazônia. Estudos sobre a dieta de indivíduos juvenis mostram uma preferência pelo consumo de zooplâncton, frutas e sementes ⁽¹⁾. Este peixe é cultivado de várias maneiras, utilizando diferentes ambientes e uma variedade de tecnologias de cultivo. De acordo com Campos-Baca ⁽¹⁾, sua produção anual em Loreto, Peru, é de cerca de 60 toneladas. Seu cultivo na Amazônia peruana é principalmente em pequena escala e, apesar de ser a espécie com os maiores avanços tecnológicos, muitos aspectos ainda precisam ser aprimorados para melhorar os processos de produção ⁽¹⁾.

O alto custo de produção ou aquisição de ração para peixes é um problema específico reclamado pelos piscicultores amazônicos, o que resulta em despesas elevadas e limita seu desenvolvimento ⁽¹⁾. O principal insumo utilizado para produzir ração balanceada é a farinha de peixe, um produto de origem marinha que tem um alto valor para os produtores de baixa renda. Além disso, os centros de aquicultura estão localizados longe da cidade, dificultando a obtenção desse insumo ⁽²⁾.

As experiências de países estrangeiros na incorporação de insumos locais para a produção de ração para peixes têm sido bem-sucedidas, utilizando, por exemplo, frutas, vegetais e insetos ⁽³⁾. Os piscicultores rurais da Amazônia peruana, em sua maioria indígenas, dedicam

seus esforços diários a atividades como agricultura de subsistência, pesca, caça e coleta de frutas. Diariamente, eles geram resíduos orgânicos, como cascas de banana e outros vegetais, conchas, sementes e resíduos de frutas silvestres, que são descartados na floresta ou jogados nos rios ⁽⁴⁾.

Entre os insetos utilizados globalmente como proteína animal, a *Hermetia illucens*, popularmente conhecida como “mosca-soldado-negro”, degrada matéria orgânica e tem um ciclo de produção curto, tornando suas larvas ótimas candidatas para produção intensiva e controlada para uso como proteína animal ⁽⁵⁾. De acordo com Vargas-Arana ⁽⁶⁾, a farinha de larvas da mosca-soldado-negro alimentadas com resíduos de laranja contém 28,5 % de lipídios, 15,8 % de carboidratos e 38,9 % de proteína bruta, tornando-a uma excelente opção de ração para peixes amazônicos. Além disso, Sogbesan e Ugwumba ⁽⁷⁾ apontaram que o uso de outros insetos, como cupins, pode promover o crescimento dos peixes, pois contém 11,3 % de lipídios, 20 % de carboidratos e 38,9 % de proteína bruta. Sabendo que tanto as larvas da mosca-soldado-negro quanto os cupins podem ser usados na alimentação de peixes, o presente estudo comparou o crescimento e o ganho de peso de alevinos de *C. macropomum* alimentados com cupins e larvas de *H. illucens* (“mosca-soldado-negro”) com aqueles alimentados com ração comercial convencional, destacando a importância de alternativas sustentáveis para a alimentação de peixes amazônicos.

2. Material e métodos

O estudo foi realizado no Centro de Investigação Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB), do Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), em San Juan Bautista, Loreto, Peru (03° 48', 48,9" S, 73° 19', 2" O). Cento e oitenta (180) indivíduos de *C. macropomum*, com comprimento padrão de $3,5 \pm 0,5$ cm e peso de $2,5 \pm 0,5$ g, foram selecionados em um tanque de terra com 1.000 metros quadrados. Os critérios de inclusão foram peixes com comprimento entre 3 e 4 cm. Foram utilizadas nove gaiolas flutuantes de 1m³ feitas de sacos de polietileno e tubos de plástico. A distância entre o topo de cada gaiola e a superfície da água era de 20 cm. As gaiolas foram colocadas em fila dentro de um viveiro de peixes no CIFAB-IIAP (Fig. S1A). Foram utilizados três tratamentos (T): T1 = peixes alimentados com larvas de mosca-soldado-negro (MSN), com tamanho entre 4 e 5 mm; T2 = peixes alimentados com cupins, com tamanho entre 4 e 5 mm, e T3 = peixes alimentados com ração balanceada. Tanto as larvas de mosca-soldado-negro quanto os cupins foram oferecidos inteiros. Cada tratamento consistiu em três réplicas, com 20 peixes por réplica e um total de 60 peixes por tratamento. O experimento durou 60 dias. As larvas de MSN foram produzidas nos módulos de produção do CIFAB-IIAP (Fig. S1B), seguindo o protocolo estabelecido por Morey et al. ⁽⁸⁾.

O ciclo de vida da MSN durou 29 dias. Os ovos foram observados cinco dias após a cópula entre espécimes machos e fêmeas. A fase larval durou 15 dias, a fase pré-pupa 7 dias e a fase pupa outros 7 dias, antes de emergirem como adultos que copularam para repetir o ciclo de vida (Fig. 1). Os cupins foram adquiridos de coleções feitas em áreas florestais do CIFAB-IIAP. A ração comercial foi comprada de fornecedores externos. De acordo com as informações no rótulo da ração, a composição nutricional da ração balanceada era de 32 % de proteína bruta, 5 % de gordura, 8 % de fibra, 10 % de cinza e 10 % de umidade, com tamanho de 1,0 mm.

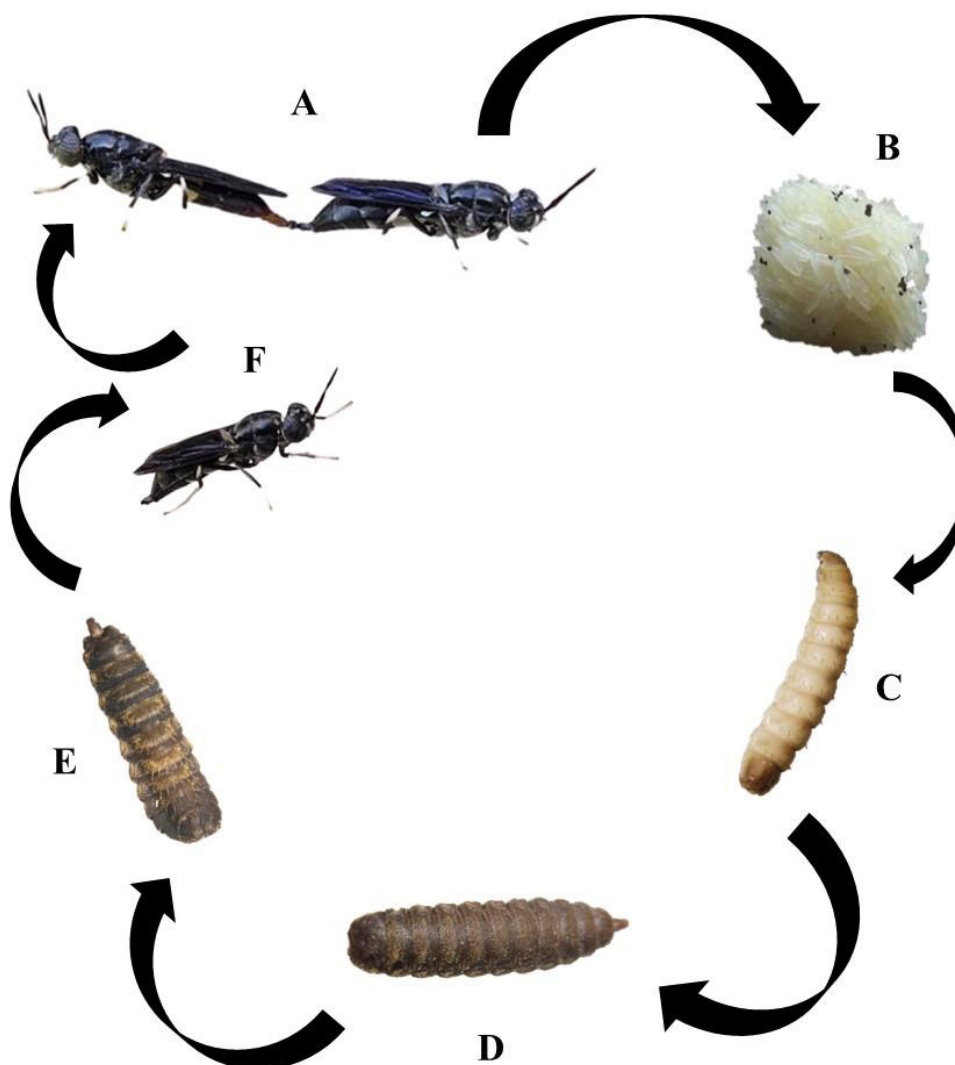


Figura 1. O ciclo de vida da mosca-soldado-negro *Hermetia illucens*. **A.** O macho e a fêmea acasalam. **B.** As fêmeas depositam seus ovos na matéria orgânica. **C.** As larvas eclodem e se alimentam da matéria orgânica por aproximadamente 15 dias. **D.** As larvas se desenvolvem em pré-pupas. **E.** As larvas se desenvolvem em pupas. **F.** As pupas se desenvolvem em espécimes adultos.

A quantidade diária de ração oferecida foi determinada utilizando a seguinte fórmula: Ração diária (g) = peso do peixe (g) x número de peixes x (% alimentação/100). A frequência de alimentação foi duas vezes ao dia (7h30 e 17h30). O crescimento e o ganho de peso foram avaliados a cada 15 dias por meio de amostragem, durante a qual foram coletados dados biométricos, como comprimento padrão e peso (Fig. S2A, S2B). Após a amostragem, os peixes foram devolvidos às suas respectivas unidades experimentais e a quantidade diária de ração foi recalculada conforme mencionado acima.

Após 60 dias de experimentação, os dados finais foram coletados em uma última amostra, na qual os valores finais de crescimento e ganho de peso foram registrados. Posteriormente, os dados foram analisados e os índices zootécnicos foram calculados conforme descrito por Castell e Tiews ⁽⁹⁾:

(a) Peso inicial médio dos peixes - PIM (g)

$$PIM = [\text{peso total da amostra (kg)} \times \text{número de peixes na amostra}] \times 1000$$

(b) Peso médio final dos peixes PMF (g)

O PMF é igual a [peso total da amostra (kg) x número de peixes na amostra] × 1000

(c) Ganho médio de peso (g) - GMP

GMP = peso final médio - peso inicial médio

(d) Crescimento diário em peso - CDP

CDP = Ganho de peso/tempo em dias

(e) Biomassa inicial - iBIO (kg)

iBIO = Peso médio inicial (g) x Número de peixes plantados

(f) Biomassa final - fBIO (kg)

fBIO = Peso final médio x Número de peixes capturados

(g) Ganho de biomassa - GB (kg)

GB = Biomassa final - Biomassa inicial.

(h) IACA (Índice aparente de conversão alimentar)

IACA = Quantidade de ração consumida / Biomassa ganha

(i) Taxa de sobrevivência

S% = [Nº de peixes presentes no final da experiência / Nº de peixes iniciais] x 100.

Os valores da qualidade da água foram registrados diariamente, e a temperatura, o oxigênio, a condutividade e o pH foram medidos usando um instrumento multiparâmetro Hanna HI 9146 (Fig. S2C). Os dados foram armazenados em planilhas do Microsoft Excel. O teste de Análise de Variância (ANOVA) foi realizado para determinar diferenças significativas entre os tratamentos usando o programa estatístico BioEstat 5.0 para Windows. Após rejeitar a hipótese nula usando a ANOVA, o teste de Tukey foi aplicado para comparações pareadas de médias. O teste de Tukey foi escolhido por sua capacidade de controlar a taxa de erro familiar ao comparar múltiplas médias, tornando-o adequado para nosso projeto experimental com três tratamentos. O nível de significância (α) utilizado para todos os testes estatísticos foi de 0,05, o que significa que os resultados com um valor $p < 0,05$ foram considerados significativos. Antes de realizar a ANOVA, foram verificadas as hipóteses de homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros. A homogeneidade das variâncias foi avaliada utilizando o teste de Levene e a normalidade dos erros foi verificada utilizando o teste de Shapiro-Wilk.

No que diz respeito à permissão para trabalhar com amostras biológicas, o IIAP possui as respectivas autorizações para coleta, manuseio e experimentação com peixes, conforme indicado pelos documentos: Resolução Diretorial (R.D) N° 217-2016-GRL-DIREPRO e PTH-068-16-PEC-SANIPES.

3. Resultados

O maior crescimento (cm) e ganho de peso (g) foram observados nos peixes alimentados com ração balanceada (T3), seguidos pelos alimentados com larvas de MSN (T1) e, por último, pelos alimentados com cupins (T2) (Fig. 2). Houve diferenças significativas ($p < 0,0001$) entre todos os tratamentos. Os valores dos outros índices zootécnicos avaliados mostraram a mesma tendência, com os maiores valores para os peixes do T3, seguidos pelos peixes do T2 e T1, respectivamente (Tabela 1).

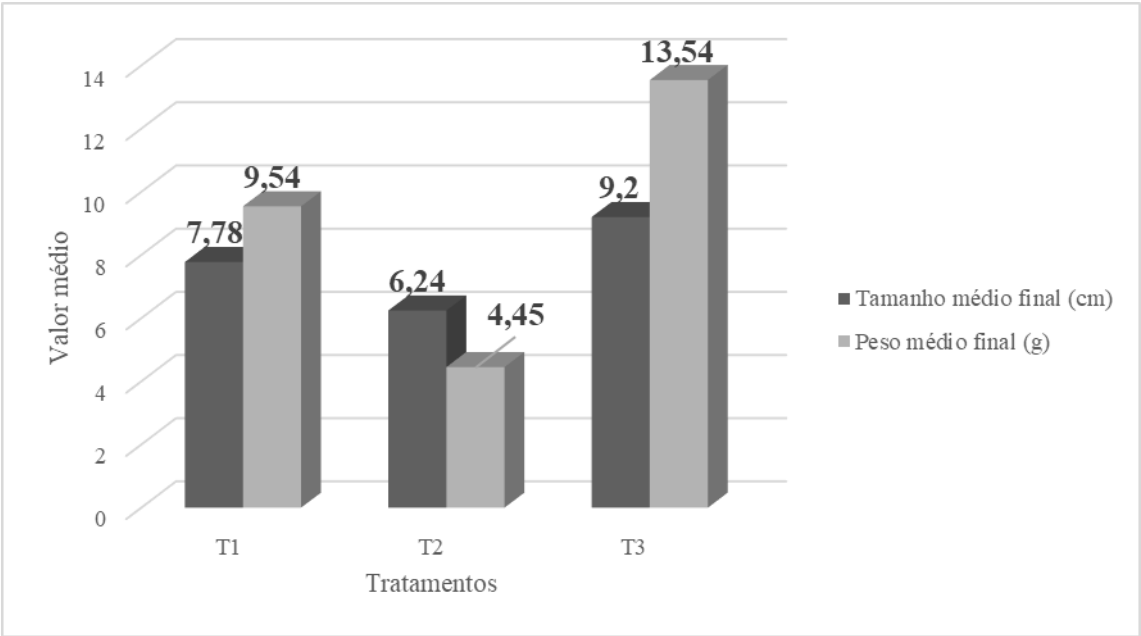


Figura 2. Valores da média final do tamanho (cm) e do peso (g) do *Colossoma macropomum* alimentado com três tipos de ração. T1 = larvas de MSN, T2 = cupins e T3 = ração balanceada.

Tabela 1. Valores dos índices zootécnicos calculados na alimentação de *Colossoma macropomum* utilizando três tipos de ração: larvas de mosca-soldado-negro – MSN (T1); cupins – Te (T2) e ração balanceada – BF (T3).

Tratamentos				
Índice zootécnico	T1 = MSN	T2 = Te	T3 = BF	p value
Tamanho inicial (cm)	4.35 ± 0.56	4.63 ± 0.73	4.74 ± 0.60	> 0.05
Tamanho length (cm)	7.78 ± 1.48 ^a	6.24 ± 0.94 ^b	9.20 ± 0.92 ^c	< 0.0001
Peso inicial (g)	1.29 ± 0.57	1.68 ± 0.94	1.78 ± 0.90	> 0.05
Peso final (g)	9.54 ± 5.34 ^a	4.45 ± 2.18 ^b	13.54 ± 4.13 ^c	< 0.0001
Ração diária inicial (g)	38.7	50.4	53.4	-
Ganho de tamanho (cm)	3.61 ± 0.74 ^a	1.65 ± 0.50 ^b	4.46 ± 0.08 ^c	< 0.0001
Ganho de peso (g)	8.87 ± 2.64 ^a	2.75 ± 0.54 ^b	11.76 ± 0.26 ^c	< 0.0001
Ganho de peso diário (g)	0.15 ± 0.04 ^a	0.05 ± 0.01 ^b	0.20 ± 0.01 ^c	< 0.05
Biomassa inicial (Kg)	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	> 0.05
Biomassa final (Kg)	0.12 ± 0.01 ^a	0.05 ± 0.02 ^b	0.27 ± 0.01 ^c	< 0.05
Ganho de biomassa (Kg)	0.10 ± 0.02 ^a	0.02 ± 0.01 ^b	0.24 ± 0.01 ^c	< 0.05
Consumo de ração (Kg)	0.15 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.04 ^a	0.37 ± 0.03 ^b	< 0.05
Índice de conversão alimentar parente	1.52 ± 0.20 ^a	6.00 ± 1.51 ^b	1.58 ± 0.08 ^a	< 0.05
Taxa de sobrevivência	95 % ^a	60 % ^b	95 % ^a	< 0.05

a, b, c = letras iguais significam que não há diferença estatística entre os tratamentos. Letras diferentes significam que há diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Em relação aos parâmetros físicos e químicos da água, os valores médios registrados ao longo do experimento foram os seguintes:

Para o tratamento 1: temperatura $29,06 \pm 0,69$ °C; oxigênio dissolvido $6,41 \pm 0,53$ mg/L; condutividade de $67,82 \pm 2,89$ μ S/cm; $6,77 \pm 0,31$ UI de pH. Para o tratamento 2: Temperatura $29,15 \pm 0,82$ °C; oxigênio dissolvido $6,30 \pm 0,60$ mg/L; condutividade de $69,10 \pm 2,99$ μ S/cm; $6,88 \pm 0,40$ IU de pH. Para o tratamento 3: Temperatura $29,20 \pm 0,70$ °C; oxigênio dissolvido $6,5 \pm 0,55$ mg/L; condutividade de $68,9 \pm 2,91$ μ S/cm; $6,85 \pm 0,35$ IU de pH.

4. Discussão

Os resultados mostraram que os peixes alimentados com ração balanceada (T3) apresentaram crescimento significativamente maior ($4,46 \pm 0,08$ cm) e maior ganho de peso ($11,76 \pm 0,26$ g) em comparação com os peixes alimentados com larvas de mosca-soldado-negro (T1) e cupins (T2) ($p < 0,0001$). Resultados semelhantes foram relatados em um estudo com juvenis de *C. macropomum* usando larvas inteiras de mosca-soldado-negro (tratamento 1), ração balanceada (tratamento 2) e uma mistura de ração balanceada + larvas inteiras de mosca-soldado-negro (tratamento 3). Nesse estudo, os peixes alimentados com ração balanceada + mosca-soldado-negro apresentaram valores de crescimento e ganho de peso semelhantes aos peixes alimentados apenas com ração balanceada. No entanto, valores de crescimento mais baixos foram registrados para peixes alimentados apenas com larvas de mosca-soldado-negro, embora a diferença tenha sido de apenas 80 g ao longo de 120 dias de experimentação ⁽¹⁰⁾.

A ração balanceada é formulada especificamente para atender às necessidades nutricionais dos peixes em cada fase da vida. Isso garante que os peixes recebam todos os nutrientes essenciais para um crescimento ideal. Além disso, a ração balanceada é geralmente processada para facilitar a digestão e a absorção de nutrientes. Isso pode ser uma vantagem em comparação com as larvas de MSN e cupins, que podem ser menos digestíveis para os peixes. Embora a influência de fatores como a palatabilidade da ração (preferência dos peixes pelo sabor e textura) e a apresentação da ração (tamanho das partículas, flutuabilidade, etc.) não tenha sido testada neste estudo, eles também podem ter influenciado os resultados. Portanto, estudos complementares que testem o impacto desses fatores seriam importantes para elucidar as questões acima.

O tratamento com larvas de MSN (T1) apresentou uma melhor taxa de conversão alimentar em comparação com o tratamento com cupins (T2), indicando que os peixes alimentados com larvas de MSN foram mais eficientes na conversão da ração em crescimento e ganho de peso. Os peixes alimentados com larvas de MSN apresentaram uma taxa de sobrevivência mais elevada (95 %) do que os alimentados com cupins (60 %). Uma taxa de sobrevivência mais alta significa que mais peixes foram capazes de crescer e ganhar peso durante o período do estudo. No geral, as larvas de MSN provaram ser uma alternativa promissora aos cupins para alimentar *C. macropomum*, pois forneceram nutrição mais adequada, uma taxa de conversão alimentar superior e uma taxa de sobrevivência mais alta, contribuindo para um melhor crescimento e ganho de peso. As larvas da mosca-soldado-negro são ricas em proteínas e minerais, aminoácidos essenciais e ácidos graxos insaturados ⁽⁷⁾, uma composição nutricional crucial para o crescimento e desenvolvimento dos peixes. Embora os cupins também contenham proteínas, a qualidade e o equilíbrio dos nutrientes podem não ser tão ideais quanto nas larvas de MSN, influenciando os resultados obtidos no presente estudo.

Na presente investigação, os peixes alimentados com T3 (ração balanceada) cresceram e ganharam peso mais rapidamente do que os peixes alimentados com larvas de MSN (T1) e cupins (T2). No entanto, os valores dos índices zootécnicos entre os peixes alimentados com T3 e T1 não são tão diferentes em comparação com os peixes alimentados com T2. Resultados semelhantes foram relatados na Bahia, Brasil, onde larvas de MSN foram utilizadas para alimentar *C. macropomum* e foram registrados índices zootécnicos mais elevados nos peixes alimentados com ração balanceada. No entanto, os peixes alimentados com larvas de MSN apresentaram valores próximos aos encontrados no presente estudo ⁽¹¹⁾.

O alto teor de proteínas, a digestibilidade e o perfil de aminoácidos das larvas de BFS têm sido alvo de atenção como ingrediente na alimentação de peixes. Esta farinha substituiu com sucesso outras fontes convencionais de proteína em todo o mundo: bagres (*Ictalurus punctatus*) ^(12, 13) tilápia azul (*Oreochromis aureus*) ⁽¹⁴⁾, tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) ⁽¹⁵⁾, tilápia sabaki (*Oreochromis spilurus*) ⁽¹⁶⁾, truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) ⁽¹⁷⁾, Salmão do Atlântico (*Salmo salar*) ⁽¹⁸⁾, pescada (*Psetta maxima*) ⁽¹⁹⁾, bagre amarelo (*Tachysurus fulvidraco*) ⁽¹²⁾ e bagre africano (*Clarius gariepinus*) ⁽²⁰⁾.

Os resultados da presente pesquisa indicam o uso de larvas de MSN como alimento nutricionalmente adequado para o crescimento de *C. macropomum*. Arana et al. ⁽⁶⁾ relataram que as larvas e farinhas larvais da mosca-soldado-negro na Amazônia peruana são boas fontes de proteínas, minerais, aminoácidos essenciais e ácidos graxos insaturados com alto valor nutricional. Esses autores também observaram que as larvas de MSN alimentadas com bagaço de laranja contêm altos níveis de proteína (40-44 %) e lipídios (27-31 %), bem como teores significativos de potássio, cálcio, ferro e manganês. Considerando que a ração comercial balanceada usada na Amazônia peruana para *C. macropomum* em seus estágios iniciais tem um nível de proteína entre 32-38 %, o uso de uma ração natural e de baixo custo com perfil nutricional semelhante ou superior representa uma alternativa promissora para o desenvolvimento sustentável da piscicultura amazônica.

Isso indica que alimentar *C. macropomum* com larvas de MSN é uma opção viável devido aos efeitos positivos no crescimento e ganho de peso observados neste estudo. Além disso, é uma alternativa barata que se alinha às tecnologias da economia circular, sendo um método de produção sustentável para pescadores rurais de baixa renda, que poderiam utilizar os resíduos orgânicos gerados diariamente como substrato para produzir larvas de MSN, que podem então ser usadas para alimentar peixes de criação.

Os parâmetros de qualidade da água registrados estavam dentro da faixa normal e adequada para a criação de peixes amazônicos, indicando que o uso dos três tipos de ração não influenciou negativamente as características físicas e químicas da água. Resultados semelhantes para os parâmetros físicos e químicos da água foram relatados por Almeida ⁽¹¹⁾ e Ordoñez et al. ⁽¹⁰⁾.

5. Conclusão

Este estudo avaliou a viabilidade do uso de larvas de mosca-soldado-negro (MSN) como alimento alternativo para *C. macropomum* na Amazônia peruana, comparando-as com cupins e ração comercial. Os resultados mostraram que, embora a ração comercial tenha produzido o maior crescimento e ganho de peso, os peixes alimentados com larvas de MSN tiveram um desempenho significativamente melhor do que aqueles alimentados com cupins, conforme evidenciado pela

melhor conversão alimentar ($1,52 \pm 0,20$ vs. $6,00 \pm 1,51$; $p < 0,05$) e uma taxa de sobrevivência significativamente maior (95 % vs. 60 %). Essas descobertas sugerem que as larvas de MSN representam uma fonte promissora e sustentável de proteína animal para a aquicultura de *C. macropomum*. Seu potencial reside no uso de resíduos orgânicos como substrato de produção, contribuindo para uma economia circular e reduzindo a dependência de ingredientes tradicionais, como farinha de peixe. Embora a ração balanceada continue sendo a opção mais eficiente em termos de crescimento, as larvas da mosca-soldado-negro surgiram como uma alternativa viável, especialmente em contextos onde a sustentabilidade e a redução de custos são prioridades. Recomenda-se mais pesquisas para otimizar as dietas à base de MSN e avaliar seu impacto a longo prazo na saúde e na qualidade do produto final *C. macropomum*.

Material suplementar

Figura S1. A. Unidades experimentais para alimentação de *Colossoma macropomum*. B. Módulos de produção para larvas de MSN.

Figura S2. A, B. Amostragem biométrica realizada a cada quinze dias. C. Medição dos parâmetros físicos e químicos da água.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto completo de dados que suporta os resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor correspondente.

Contribuições do autor

Conceitualização: Morey, A. M. M., Bardales, J. V.; Análise formal: Arellano, S.A., Chu, A.R., Reáteguil, J. N., Guimaraes, J. L. C., Guzmán, V. H. P. N.; Supervisão: Morey, A. M. M., Isern, R. I., Bardales, J. V.; Redação: Morey, A. M. M., Isern, R. I., Viana, D. C.

Declaração de uso de IA generativa

Os autores não utilizaram ferramentas ou tecnologias de Inteligência Artificial generativa na criação ou edição de qualquer parte deste manuscrito.

Referências

1. Campos-Baca L. El cultivo de la gamitana en Latinoamérica. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP); 2015. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/108>
2. Velasco-Garzón JS, Gutiérrez-Espinosa MC. Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. Rev Politéc. 2019;15(30):82–93. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>
3. Avendaño C, Sánchez M, Valenzuela C. Insectos: ¿son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos? Rev Chil Nutr. 2020;47(6):1029–37. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000601029>
5. Figueredo J, Albarracín M. Alternativas de alimentación de monogástricos a base de larvas de Soldado Negro (*Hermetia illucens*). Rev Colomb Zootec. 2021;7(12):35–48. <https://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/102/99>
6. Vargas-Arana G, Vásquez-Bardales J, Maytahuari-Aricari G, Simirgiotis MJ. Nutritional analysis and chemical fingerprinting of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal native to the Peruvian Amazon. Folia Amazónica. 2024; 33(1), e33719–e33719. <https://doi.org/10.24841/fa.v33i1.719>
7. Sogbesan AO, Ugwumba AAA. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchius longifilis* (Valenciennes, 1840) fingerlings. Turkish journal of fisheries and aquatic Sciences. 2008; 8(1), 149-158.
8. Morey GA, Satalaya-Arellano H, Rodriguez-Chu LA, Alván-Aguilar M, Tuesta-Rojas CA, Reategui JNJ, et al. Uso de cítricos como sustrato para la cría en semicautiverio de *Hermetia illucens* “Mosca Soldado Negro” en Loreto, Perú. Folia Amazónica. 2023;32(1):1–11. <http://dx.doi.org/10.24841/fa.v32i1.613>
9. Castell JD, Tiews K. Report of the EIFAC, JUNS and ICES working group on the standardization of methodology in fish nutrition research. EIFAC Tech; 1980.

10. Ordoñez BM, Santana TM, Carneiro DP, dos Santos DKM, Parra GAP, Moreno LC C, et al. Whole black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as dietary replacement of extruded feed for tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles. Aquac J. 2022;2(4):246–56. <https://doi.org/10.3390/aquacj2040014>
11. Almeida CKLD. Farinha da larva de mosca doméstica em substituição a farinha de peixe na dieta do tambaqui [Master's thesis]. Salvador: Universidade Federal da Bahia; 2019. <https://www.google.com/url?q=https://repositorio.ufba.br/handle/ri/30938&sa=D&source=editors&ust=1765475779718540&usg=AOvVaw10eFSSqN1VsQKwY4ZsES8b>
12. Zhang J, Zheng L, Jin P, Zhang D, Yu Z. Fishmeal substituted by production of chicken manure conversion with microorganisms and Black Soldier Fly. En: Abstract book of the international conference 'Insects to feed the world'; 2014a. p. 14–7.
13. Zhang J, Zheng L, Jin P, Zhang D, Yu Z. Kitchen waste converted by Black Soldier Fly and partly substituting soymeal in chicken feed. En: Abstract book of the international conference 'Insects to feed the world'; 2014b. p. 14–7.
14. Bondari K, Sheppard DC. Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). Aquac Res. 1987;18(3):209–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1987.tb00141.x>
15. Muin H, Taufek NM, Kamarudin MS, Razak SA. Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. Iran J Fish Sci. 2017;16(2):567–77.
16. Furrer T. Finding an adequate tilapia feed for rural fish farmers in Mombasa [Master's thesis]. Zurich: Zurich University of Applied Sciences; 2011.
17. Sealey WM, Gaylord TG, Barrows FT, Tomberlin JK, McGuire MA, Ross C, St-Hilaire S. Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched Black Soldier Fly prepupae, *Hermetia illucens*. J World Aquac Soc. 2011;42(1):34–45. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00441.x>
18. Lock ER, Arsiwalla T, Waagbø R. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. Aquac Nutr. 2016;22(6):1202–13. <https://doi.org/10.1111/anu.12343>
19. Kroeckel S, Harjes AGE, Roth I, Katz H, Wuertz S, Susenbeth A, Schulz C. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute—Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture. 2012;364–365:345–52.
20. Idowu E, Afolayan E. The effects of supplementing fish meal with maggots at varying levels in the diet of *Clarias gariepinus*. Int Arch Appl Sci Technol. 2013;4:41–7. <https://soeagra.com/iaast/dec2013/6f.pdf>