

Productividad y rentabilidad de la producción de *Penaeus vannamei* en camaronera semi-intensiva en Brasil usando alimentación manual y automática temporizada

Productivity and Profitability of *Penaeus vannamei* in a Semi-Intensive Shrimp Facility in Brazil Using Manual and Timed Automatic Feeding Systems

Juan Carlos Valle-Masson^{1,4} , Juan Carlos Ayala², Yorvi Reyes², Cesar Molina-Poveda³ , Miguel Jover-Cerdá⁴ 

1 Aquaculture Consulting, Guayaquil, Ecuador

2 Aquafort S.A., Brasil

3 Grupo Corporativo Fajardo, Ecuador

4 Universitat Politècnica de Valencia. Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Grupo de Acuicultura y Biodiversidad. Camino de Vera s/n 46022 Valencia, España

Correspondencia: Juan Carlos Valle-Masson **E-mail:** jcvalleec@yahoo.com

Original article | Artículo original

Palabras clave

Eficiencia alimentaria
factor de conversión
alimenticia (FCR)
alimentación
automática
rendimiento
crecimiento semanal

Keywords

Feed efficiency
feed conversion ratio
(FCR)
automatic feed
yield
performance
weekly growth

RESUMEN | El manejo del alimento constituye uno de los principales factores que condicionan la respuesta productiva y económica de los sistemas de producción animal, en general. En el presente estudio, se evaluó el efecto de dos sistemas de alimentación, manual y automática temporizada, sobre variables productivas y económicas en 60 lotes comerciales (10–15 ha) de *Penaeus vannamei* producidos entre agosto de 2024 y julio de 2025 en una camaronera semi-intensiva de Brasil. La densidad media fue de 12 camarones/m² y un peso medio inicial de transferencia de 1,08 g. La alimentación temporizada incrementó significativamente la cosecha media (1.108 vs. 975 kg/ha) y la producción diaria (27,8 vs. 24,2 kg/ha/día), sin diferencias significativas en supervivencia (~68 %), peso final (~13 g), duración del ciclo (~41 días) ni en el factor de conversión alimenticia (~1,2), aunque con mayor crecimiento semanal (2,21 vs. 1,91 g/semana) y mayor consumo de dieta balanceada (30,2 vs. 23,5 kg/ha/día). Económicamente, el sistema de alimentación no modificó de forma significativa el coste de producción (~2,75 US\$/kg), la utilidad neta por kilogramo (0,97 US\$/kg) ni por hectárea (1.026 US\$/ha), pero la alimentación temporizada generó una mayor utilidad diaria (18,6 vs. 13,3 US\$/ha/día). Los ciclos que finalizaron en el segundo trimestre (abril–junio) presentaron las mayores cosechas (1.140 kg/ha) y producción diaria (28,6 kg/ha/día), principalmente debido a una mayor densidad de siembra. En conjunto, los resultados indican que, en la camaronera semi-intensiva de Brasil, la alimentación automática temporizada mejora la productividad y la rentabilidad diaria sin incrementar el coste de producción por kilogramo.

ABSTRACT | Feed management is one of the main factors influencing the productive and economic performance of animal production systems in general. In the present study, the effect of two feeding systems—manual and timed automatic—on productive and economic performance was evaluated in 60 commercial batches (10–15 ha) of *Penaeus vannamei* cultured between August 2024 and July 2025 on a semi-intensive shrimp farm in Brazil. The mean stocking density was 12 shrimp/m² and a mean initial transfer weight of 1.08 g. Timed automatic feeding significantly increased mean yield (1,108 vs. 975 kg/ha) and daily productivity (27.8 vs. 24.2 kg/ha/day), with no significant effects on survival (~68%), final body weight (~13 g), production cycle length (~41 days), or feed conversion ratio (~1.2), although it was associated with higher weekly growth (2.21 vs. 1.91 g/week) and greater formulated feed intake (30.2 vs. 23.5 kg/ha/day). From an economic perspective, feeding systems had no significant effect on production cost (~US\$2.75/kg), net profit per kilogram (US\$0.97/kg), or net profit per hectare (US\$1,026/ha); however, timed automatic feeding resulted in greater daily net profit (US\$18.6 vs. US\$13.3/ha/day). Production cycles harvested during the second quarter (April–June) exhibited the highest yield (1,140 kg/ha) and daily productivity (28.6 kg/ha/day), primarily attributed to higher stocking density. Overall, these findings indicate that, under semi-intensive farming conditions in Brazil, timed automatic feeding enhances productivity and daily economic return without increasing production cost per kilogram.

INTRODUCCIÓN

El camarón blanco del Pacífico, *Penaeus vannamei* Boone, 1931, es una de las especies de mayor relevancia en la acuicultura mundial. De acuerdo con la FAO, fue la especie acuática más producida en 2022, con 6,8 millones de toneladas (FAO, 2024). En Brasil, la producción de camarón alcanzó 127,5 mil toneladas en 2023, lo que confirma la importancia creciente de esta actividad en el país (IBGE, 2024). En este contexto, el manejo alimentario constituye uno de los principales factores que condicionan la respuesta productiva y económica de los sistemas de producción.

Estudios previos han mostrado que el uso de alimentadores automáticos y el incremento en la frecuencia diaria de alimentación pueden mejorar el crecimiento y la producción del camarón, además de reducir los requerimientos de mano de obra asociados al suministro del alimento (Ullman *et al.*, 2019a, b; Reis *et al.*, 2020, 2021). Asimismo, en ensayos de producción en estanques se ha observado una mayor productividad con sistemas de alimentación temporizados y acústicos en comparación con esquemas más convencionales de alimentación (Ullman *et al.*, 2019a). En condiciones comerciales, también se han descrito mejoras productivas al emplear sistemas automáticos de alimentación en camaróneras semi-intensivas (Valle *et al.*, 2023), así como mayores producciones con alimentadores acústicos frente a temporizados (Valle *et al.*, 2025b).

El objetivo del presente estudio fue comparar los parámetros productivos y económicos obtenidos en una camarónera comercial de la región de Ceará (Brasil) en función del sistema de alimentación, manual o automático temporizado, evaluando asimismo el efecto de la estacionalidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron datos de 60 lotes comerciales de *Penaeus vannamei* cosechados entre agosto de 2024 y julio de 2025 en una empresa camarónera brasileña (AquaFort S.A.), localizada en la región de Ceará, zona rural de Urtiga, distrito de Guriú, municipio de Camocim. Los estanques de engorde, de tierra, presentaron una superficie media de 12 ha, con un intervalo de 10 a 15 ha. La densidad media de siembra fue de 12 camarones/m² (intervalo: 10–21 ejemplares/m²), mientras que el peso medio de transferencia a los estanques de engorde fue de 1,08 g (intervalo: 0,4–2,5 g).

La alimentación manual se efectuó desde canoa en dos raciones diarias, a las 08:00 y 14:00 h. En el sistema de alimentación automática temporizada se emplearon 0,33 alimentadores por hectárea, operando durante 12 h/día, entre las 12:00 y las 24:00 h.

Los estanques incluidos en el estudio no dispusieron de aireación mecánica durante los ciclos de producción. Del mismo modo, no se contó con registros sistemáticos de variables de calidad del agua para su incorporación al análisis.

La respuesta productiva se describió mediante siete indicadores: cosecha final (kg/ha), producción diaria (kg/ha/día), supervivencia final (%), factor de conversión alimenticia (FCA), peso final individual (g), duración de cada ciclo (días) y tasa de crecimiento semanal (g/sem). La rentabilidad se estimó como utilidad neta (valor de venta menos coste de producción) por kilogramo de camarón, utilidad neta por hectárea y utilidad neta por hectárea y día.

Dado el carácter retrospectivo del estudio y la estructura de los datos disponibles, el análisis se enfocó en comparaciones de medias mediante ANOVA de una vía y regresión múltiple, utilizando el programa Statgraphics (Statistical Graphics System, Version Plus 5.1, Herndon, VA, USA). La comparación *a posteriori* de medias se realizó mediante la prueba de Student-Newman-Keuls, con un nivel de significación de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cosecha media de los 60 lotes evaluados fue de 1.022 kg/ha, y la productividad diaria fue de 25 kg/ha/día, considerando una duración media del engorde de 42 días hasta alcanzar un peso medio final de 13 g. La supervivencia fue del 68 %, la tasa de crecimiento semanal de 2,01 g/semana y el FCA de 1,22.

La alimentación automática temporizada originó una cosecha media significativamente mayor ($p < 0,05$), de 1.108 kg/ha, en comparación con la obtenida con la alimentación manual, de 975 kg/ha. Asimismo, la producción diaria fue mayor ($p < 0,05$) con la alimentación automática (27,8 kg/ha/día) que con la manual (24,2 kg/ha/día) (Tabla 1).

La supervivencia, el peso final, la duración del ciclo y el FCA no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$). La tasa de crecimiento semanal fue mayor con la alimentación automática (2,21 g/semana) que con la manual (1,91 g/semana), probablemente debido a un mayor consumo de alimento: 1.222 kg/ha (30,2 kg/ha/día) frente a 1.005 kg/ha (23,5 kg/ha/día), respectivamente.

Tabla 1. Parámetros productivos (promedio y error estándar) del camarón *Penaeus vannamei* sometido a alimentación manual y automática temporizada en una camaronera semi-intensiva de Brasil.

Table 1. Productive parameters (mean and standard error) of *Penaeus vannamei* shrimp under manual and timed automatic feeding in a semi-intensive shrimp farm in Brazil.

Sistema de Alimentación	Nº Lotes	Cosecha Final (kg/ha)	Supervivencia (%)	Factor Conversión	Peso final (g)	Duración Ciclo (días)	Cosecha por día (kg/ha/día)	Crecimiento semanal (g/sem)
Manual	39	975 b ± 29	68,1 ± 2,3	1,22 ± 0,07	12,7 ± 0,4	42,7 ± 1,1	24,2 b ± 0,7	1,91 b ± 0,06
Temporizada	21	1.108 a ± 33	68,8 ± 3,2	1,24 ± 0,09	13,6 ± 0,6	40,5 ± 1,6	27,8 a ± 1,0	2,21 a ± 0,08
valor <i>p</i>		0,0087	0,8579	0,8136	0,2306	0,2452	0,0005	0,0052

Promedios con distinta letra representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Respecto al análisis económico (Tabla 2), el sistema de alimentación no presentó diferencias en la utilidad por kilogramo o hectárea, con media de 0,97 US\$/kg y 1.026 US\$/ha, pero sí originó una utilidad diaria significativamente mayor (18,6 US\$/ha/día) frente a la alimentación manual (13,3 US\$/ha/día). El coste de producción no fue diferente entre ambos sistemas, con una media de 2,74 US\$/kg, ni tampoco el precio de venta (3,71 US\$/kg).

Tabla 2. Parámetros de rentabilidad (promedio y error estándar) del camarón *Penaeus vannamei* sometido a alimentación manual y automática temporizada en una camaronera semi-intensiva de Brasil.

Table 2. Profitability parameters (mean and standard error) of *Penaeus vannamei* shrimp under manual and timed automatic feeding in a semi-intensive shrimp farm in Brazil.

Alimentación	Nº Lotes	Coste Producción (US\$/kg)	Utilidad Neta Kg (US\$/kg)	Utilidad Neta Ha (US\$/ha)	Utilidad Neta Diaria (US\$/ha/día)
Manual	39	2,78 ± 0,06	0,91 ± 0,08	921 ± 92	13,3 b ± 1,3
Temporizada	21	2,65 ± 0,09	1,08 ± 0,11	1220 ± 125	18,6 a ± 1,7
valor <i>p</i>		0,2411	0,2386	0,0592	0,0154

Promedios con distinta letra representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Al llevar a cabo una regresión múltiple de la cosecha final por hectárea se observa una alta correlación ($p<0.001$), con el peso final, densidad, supervivencia, factor de conversión balanceado suministrado:

$$\text{Cosecha Final (kg/ha)} = -1318,82 + 56,9 \cdot \text{Peso Final (g)} + 0,00618 \cdot \text{Densidad (ej./ha)} + 11,71 \cdot \text{Supervivencia (\%)} - 122,1 \cdot \text{FCA} + 0,1935 \cdot \text{Balanceado (kg/ha)}$$

$$(r^2 \text{ ajustado} = 95,0 \%)$$

Asimismo, la regresión de la producción diaria por hectárea presenta un buen ajuste, incluso sin la densidad y supervivencia:

$$\text{Producción (kg/ha/día)} = 18,4 + 0,71 \cdot \text{Balanceado (kg/ha/día)} - 9,67 \cdot \text{FCA}$$

$$(r^2 \text{ ajustado} = 77 \%)$$

Solo la utilidad por hectárea obtuvo una regresión aceptable:

$$\text{Utilidad (\$/ha)} = -3931 + 199 \cdot \text{Peso Final} + 0,0106 \cdot \text{Densidad (ej./ha)} + 29,4713 \cdot \text{Supervivencia (\%)} - 761 \cdot \text{FCA}$$

$$(r^2 \text{ ajustado} = 61 \%)$$

No se observó estacionalidad mensual en los parámetros productivos ni económicos, pero si se observó una estacional trimestral (Tabla 3), de forma que la cosecha por hectárea y diaria fueron mayores durante el segundo trimestre de abril a junio, con medias de 1.140 kg/ha y 28,6 kg/ha/día, respectivamente. Aunque la supervivencia fue significativamente menor en el segundo trimestre, 59,8% respecto a 67,6-74,7%, la producción fue mayor debido a una mayor densidad de siembra, de 14,4 ej./m², frente a 10-12 ej./m².

El coste de producción no fue diferente en los diferentes trimestres, y aunque el precio de venta fue mayor en los trimestres primero y cuarto (3,93 US\$/kg) respecto al segundo y tercero (3,52 US\$/kg), no aparecen diferencias estacionales en las utilidades por kilogramo, por hectárea y diaria.

Tabla 3. Estacionalidad trimestral de los parámetros productivos (promedio y error estándar) de *Penaeus vannamei* en una camaronera semi-intensiva de Brasil.

Table 3. Quarterly production parameters (mean and standard error) of *Penaeus vannamei* in a semi-intensive shrimp farm in Brazil.

Mes	Nº Lotes	Cosecha Final (kg/ha)	Superv. (%)	Factor Conversión	Peso final (g)	Duración Ciclo (días)	Cosecha día (kg/ha/día)	Crecimiento semanal (g/sem)
Enero Marzo	16	967 b ± 44	72,9 a ± 3,3	1,19 ± 0,10	13,3 ± 0,7	42,8 ± 1,8	23,0 b ± 1,1	1,96 ± 0,1
Abril Junio	18	1140 a ± 42	59,8 b ± 3,2	1,36 ± 0,10	13,5 ± 0,6	40,8 ± 2,7	28,6 a ± 1,1	2,16 ± 0,10
Julio	12	996 b ± 51	67,6 ab ± 3,9	1,21 ± 0,12	12,5 ± 0,8	41,0 ± 2,1	24,3 b ± 1,3	2,03 ± 0,12
Septiembre	14	954 b ± 47	74,7 a ± 3,6	1,10 ± 0,11	12,5 ± 0,8	43,0 ± 1,9	22,3 b ± 1,2	1,87 ± 0,11
Diciembre								
valor p		0,0136	0,0107	0,3468	0,6780	0,7346	0,0008	0,2268

Promedios con distinta letra representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

La cosecha final media de 1.108 kg/ha obtenida con alimentación automática temporizada en la camaronera de Brasil, se situó por debajo de los valores reportados en otros estudios con sistemas de alimentación automática temporizada o con retroalimentación acústica. En estos, se han descrito producciones del orden de 2.000–8.000 kg/ha, en función de la densidad de siembra, el nivel de aireación y el manejo alimentario (Napaumpaiporn *et al.*, 2013; Inayathullah *et al.*, 2021; Reis *et al.*, 2020, 2021; Ullman *et al.*, 2019a, 2019b; Valle *et al.*, 2023, 2025a, b). Estas diferencias se explican, en gran medida, por la menor densidad de siembra y la ausencia de aireación mecánica en el presente estudio (12 camarones/m² frente a 20–90 camarones/m² en la mayoría de los trabajos citados), así como por el menor peso medio de cosecha (~14 g en este trabajo) frente a los valores generalmente comprendidos entre 17 y 35 g mencionados en dichos estudios.

En el presente ensayo se utilizaron aproximadamente 0,33 alimentadores automáticos temporizados por hectárea, de manera que cada tolva alimentó alrededor de 3 ha, lo que supone una biomasa de cosecha cercana a 3,3 t de camarón por alimentador. Este valor se encuentra por debajo de las biomásas recomendadas para alimentadores automáticos en sistemas de mayor intensificación, del orden de 5–6 t por tolva (Dodd, 2018; Valle *et al.*, 2025a), lo que sugiere un margen de mejora en el dimensionamiento y la ubicación de los alimentadores para optimizar el aprovechamiento del pienso y la distribución espacial de los camarones dentro del estanque. La literatura disponible indica que los sistemas con retroalimentación acústica permiten, en general, alcanzar mayores productividades y mejores índices de

conversión que los sistemas únicamente temporizados (Reis *et al.*, 2020, 2021; Ullman *et al.*, 2019a,b; Valle *et al.*, 2023), si bien su mayor coste y menor disponibilidad tecnológica pueden limitar su adopción en algunas camaroneras.

Aun con estos niveles moderados de intensificación, la utilidad diaria conseguida con la alimentación temporizada en la camaronera de Brasil (18,6 US\$/ha/día) puede considerarse elevada para un sistema semi-intensivo y es comparable a la reportada en otras experiencias con alimentación automática en granjas comerciales de *P. vannamei* con valores de 14,70 US\$/ha/día (Valle *et al.*, 2025b). Esto sugiere que una adecuada organización del manejo, junto con un buen control de los costos de producción, permite obtener resultados económicos competitivos incluso con producciones por hectárea inferiores a las descritas en sistemas más intensivos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La alimentación automática temporizada constituyó una alternativa técnicamente superior a la alimentación manual en la camaronera semi-intensiva evaluada, al favorecer una mayor productividad y utilidad diaria, sin incrementar el coste de producción por kilogramo. En este sentido, los resultados obtenidos confirman el potencial de este sistema de alimentación como estrategia de manejo para mejorar el desempeño productivo y económico de *Penaeus vannamei* bajo condiciones operativas similares a las del presente estudio.

Adicionalmente, los hallazgos obtenidos sugieren que la eficiencia de este sistema podría incrementarse mediante una optimización conjunta de la densidad de siembra, el manejo del alimento y el dimensionamiento de los alimentadores. Por ello, la alimentación automática temporizada puede considerarse una herramienta prometedora para fortalecer la sostenibilidad técnica y económica de los sistemas semi-intensivos de producción. Se recomienda profundizar su evaluación en un mayor número de ciclos comerciales y bajo distintas condiciones de producción, con el fin de establecer con mayor precisión las estrategias de manejo más adecuadas para maximizar su desempeño.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Declaración de buenas prácticas con los animales

Este estudio se realizó con datos históricos de producción del camarón *Penaeus vannamei* y no incurrió en prácticas de manipulación directa con los animales.

Declaración de contribución de autoría

Juan Carlos Valle-Masson: Preparación de la base de datos y del manuscrito; Juan Carlos Ayala y Yorvi Reyes: Recopilación y selección de datos de producción; Cesar Molina-Poveda: Revisión del manuscrito y discusión de resultados; Miguel Jover-Cerdá: Análisis estadístico y revisión y discusión de resultados.

REFERENCIAS

- Dodd R. (2018). Industrialización de la alimentación en la acuicultura. XII Simposio Centroamericano de Acuicultura SIMCA, Choluteca, Honduras.
- FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: La transformación azul en acción. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2024, September 19). Value of livestock and agricultural production reached R\$ 122.4 billion in 2023. Agência de Notícias IBGE.

- Inayathullah N., Vijayanad P., Srilaxmi K. (2021). A comparative study on the shrimp culture practices of *Litopenaeus vannamei* with automatic feeder and boat feeding technique along Karaikal region. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 7(3):101–110.
- Napaumpaiporn T., Churchird N., Taparhudee W. (2013). Study on the efficiency of three different feeding techniques in the culture of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin* 37(2):8–16.
- Reis J., Novriadi R., Swanepoel A., Guo J., Rhodes M., Davis A. (2020). Optimizing feed automation: Timer-feeders and on demand systems in semi-intensive pond culture of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 519:734759.
- Reis J., Weldon A., Ito P., Stites W., Rhodes M., Davis A. (2021). Automated feeding systems for shrimp: Effects of feeding schedules and passive feedback systems. *Aquaculture* 541:736800.
- Ullman C., Rhodes M A, Hanson T., Cline D., Davis A. (2019a). Effect of four different feeding systems on the pond production of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society* 50:54–64.
- Ullman C., Rhodes M. A., Davis A. (2019b). Feed management and the use of automatic feeders in the pond production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 498:44–49.
- Valle J. C., Molina-Poveda C., Jover-Cerdá M. (2023). The effects of manual, time and sound feeding systems on the growth and production of white shrimp *Penaeus vannamei* in semi-intensive farming systems in Ecuador. *AquaTechnica* 7(1):21–27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14742159>.
- Valle J. C., Alarcón C., Molina-Poveda C., Jover-Cerdá M. (2025a). Efecto del tamaño del estanque y el número de tolvas alimentadoras en la productividad del camarón *Penaeus vannamei* en una camaronera semi-intensiva de Ecuador. *International Journal of Aquaculture* 13(8):1–14.
- Valle J. C., Ulloa R., Molina-Poveda C., Jover-Cerdá M. (2025b). Efecto del peso de transferencia y de la época de venta en la productividad y rentabilidad de *Penaeus vannamei*, en camaroneras semi-intensivas de baja densidad, usando alimentadores temporizados y acústicos. *AquaTechnica* 7(3):179–191. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18064621>

