

Efecto del peso de transferencia y de la época de venta en la productividad y rentabilidad de *Penaeus vannamei*, en camaronerías semi-intensivas de baja densidad, usando alimentadores temporizados y acústicos

Effect of transfer weight and sale season on the productivity and profitability of *Penaeus vannamei*, in low-density semi-intensive shrimp farms using timer and acoustic feeders

Juan Carlos Valle-Masson^{1,4} , Ronald Ulloa² , César Molina-Poveda³ , Miguel Jover-Cerdá⁴ 

¹Aquaculture Consulting, Guayaquil, Ecuador

²Acuarios del Golfo S.A., Ecuador

³Grupo Corporativo Fajardo, Ecuador

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

Correspondencia: Miguel Jover-Cerdá E-mail: mjover@dca.upv.es

Original article | Artículo original

Palabras clave

Camarón
hidrófonos
alimentadores
temporizados
rentabilidad

RESUMEN | La alimentación del camarón en sistemas semi-intensivos está evolucionando hacia el uso de alimentadores automáticos, pero existen pocos estudios bajo condiciones de producción. Se evaluó el efecto de dos sistemas de alimentación automática, temporizada y acústica, sobre variables productivas y económicas en 240 lotes comerciales (2-23 hectáreas) de *Penaeus vannamei*, producidos de enero a diciembre de 2024 en la costa ecuatoriana de Guayas, en estanques de tierra semi-intensivos. La alimentación acústica generó una mayor producción (3.127 kg/ha) y un mejor índice de conversión (1,43), en comparación con la alimentación temporizada (2.886 kg/ha y 1,54, respectivamente), así como una mayor utilidad económica (1.906 US\$/ha versus 927 US\$/ha). Se observó una marcada estacionalidad en los parámetros productivos y de rentabilidad, de modo que los ciclos que finalizaron en el segundo semestre obtuvieron mejores resultados. El empleo de alimentadores acústicos y un peso de transferencia de los camarones en los estanques de engorde por encima de 2 g mejoran los resultados productivos y económicos.

Keywords

shrimp
hydrophones
timer feeders
profitability

ABSTRACT | Shrimp feeding in semi-intensive systems is evolving toward the use of automatic feeders, but few studies have been conducted under production conditions. The effect of two automatic feeding systems, timed and acoustic, on productive and economic variables was evaluated in 240 commercial batches (2-23 ha) of *Penaeus vannamei* produced from January to December 2024 on the Ecuadorian coast of Guayas, in semi-intensive earthen ponds. Acoustic feeding resulted in higher production (3,127 kg/ha) and a better feed conversion ratio (1.43) than timed feeding (2,886 kg/ha and 154, respectively), as well as higher profits (US\$1.906/ha versus US\$927/ha). Marked seasonality was observed in the productivity and profitability parameters, with cycles ending in the second semester yielding better results. The use of acoustic feeders and a shrimp transfer weight above 2 g in grow-out ponds improves productivity and economic outcomes.

INTRODUCCIÓN

El camarón de patas blancas, *Penaeus vannamei*, es la especie acuícola mundial con el mayor valor económico, de 31.241 millones de dólares en 2022, y una producción de 6,8 millones de toneladas (FAO, 2024). Ecuador es uno de los principales países productores, mayoritariamente en estanques de tierra semi-intensivos, y aunque en el pasado el sistema de alimentación más utilizado fue el manual por voleo, en los últimos años se empezaron a utilizar alimentadores automáticos temporizados mediante descargas neumáticas programadas, lo que permite una mayor frecuencia de distribución de la ración. En la actualidad, se están imponiendo alimentadores acústicos con hidrófonos de actividad, que facilitan una alimentación a demanda para los camarones. Las ventajas de la alimentación con equipos automáticos se han puesto de manifiesto en estanques experimentales con aireación, indicando una mayor productividad utilizando hidrófonos (Napaumpaiporn *et al.*, 2013; Jescovitch *et al.*, 2018; Ullman *et al.*, 2019a, b; Reis *et al.*, 2020, 2021). No obstante, existen escasos estudios en estanques de producción (Valle *et al.*, 2023; 2025), con resultados no concluyentes debido a la ausencia de aireación en los estanques y a un número reducido de alimentadores por hectárea.

El triple objetivo del presente estudio fue comparar los parámetros productivos y económicos obtenidos en una camarona comercial de la región de Guayas (Ecuador) durante el año 2024, en función del sistema de alimentación (temporizado y acústico), del mes de cosecha y del peso de transferencia a los estanques de engorde.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recopilaron datos de 240 ciclos cosechados entre enero y diciembre de 2024, en cuatro campamentos de una empresa camarona (Guayas, Ecuador). Los estanques tuvieron una superficie variable, entre 2 y 23 ha, y fueron equipados con alimentadores acústicos AQ1 (56 ciclos) o temporizados Biofeeder (184 ciclos), a razón de 0,57 por ha, los cuales se mantuvieron funcionando 24 h al día, y 1,22 por hectárea funcionando 12 h al día (de 12:00 a 24:00 h), respectivamente.

La densidad media de siembra fue de 12,8 camarones por m² (7-18 ind/m²) y el peso medio de transferencia a las piscinas de engorde fue de 1,86 g, aunque con un amplio rango, de 0,34 a 11,2 g. Los estanques disponían de aireadores mecánicos, con una potencia media de 4,7 HP/ha, en un rango de 3,6-10,0 HP/ha.

La productividad se describe mediante siete indicadores: cosecha final (kg/ha), producción diaria (kg/ha/día), supervivencia final (%), factor de conversión alimenticia (FCA) = alimento suministrado / incremento de biomasa, peso final individual (g), duración de cada ciclo (días) y crecimiento semanal (g/sem) = (peso final - peso inicial) / nº de semanas. La rentabilidad se estimó como: utilidad neta (\$/ha) = (valor de la venta menos el coste de producción) / hectárea; utilidad por kilogramo de camarón (\$/kg) = utilidad neta/producción final, utilidad neta por hectárea y diaria (\$/kg/d). Adicionalmente, se estimó la producción de larvas proveniente de diferentes laboratorios.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) de una y dos vías y regresión múltiple. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Student-Newman-Keuls, con un nivel de significación de 0,05. Asimismo, se realizó un análisis multivariante de componentes principales, con datos estandarizados y considerando un eigenvalor mínimo de 1,0 y un tratamiento del valor faltante mediante Listwise, y un análisis de conglomerados considerando la distancia euclídea y el método de promedio de grupo usando el programa Statgraphics (Statistical Graphics System, Version Plus 5.1, Herndon, VA, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En conjunto, los 240 ciclos evaluados produjeron 2.944 kg/ha de cosecha media final, equivalentes a 41 kg/ha/día considerando un ciclo medio de 75 días. El peso final promedio fue de 31,5 g, la tasa de crecimiento de 2,81 g/semana y la supervivencia del 77,1 %. El factor de conversión del alimento (FCA) se situó en 1,51, valor comprendido dentro de los rangos reportados para sistemas semi-intensivos en la región.

Se observó un efecto significativo positivo de la potencia de aireación instalada en los estanques: con 6-10 Hp/ha se obtuvo una producción de 3.366 kg/ha, mientras que con 3,5-6,0 Hp/ha, la producción fue de 2.879 kg/ha.

En la Tabla 1 se aprecia que los 56 lotes equipados con el alimentador acústico alcanzaron una cosecha media de 3.137 kg/ha, significativamente superior al promedio de 2.886 kg/ha obtenido con los 184 lotes manejados con alimentador temporizado, y, de igual forma, la cosecha por día siguió la misma tendencia: 46,6 kg/ha/día frente a 39,3 kg/ha/día, respectivamente. Las diferencias en supervivencia, peso final e incremento semanal no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Asimismo, la duración del ciclo de producción para alcanzar un peso final similar fue menor con el alimentador a demanda, suponiendo un ahorro de 4,7 días. Aunque no hubo diferencias en el consumo total de pienso balanceado por hectárea entre alimentación acústica y temporizada, 4.466 kg/ha y 4.405 kg/ha respectivamente, si aparecieron en el consumo por día, mayor con el sistema acústico, pero el factor de conversión alimenticia mostró un mejor valor con la alimentación acústica a demanda (1,43), frente a la alimentación automática programada (1,53), indicando un ahorro de 6,5 % de alimento por kilogramo producido.

Tabla 1. Parámetros productivos (promedio y error estándar) del camarón *Penaeus vannamei* con alimentadores temporizados y acústicos en una camaronera de Guayas (Ecuador).

Table 1. Production parameters (mean and standard error) of *Penaeus vannamei* shrimp fed with timed and acoustic feeders in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

Alimentador	Nº Lotes	Cosecha Final (kg/ha)	Supervivencia (%)	Consumo Pienso (Kg/ha/día)	FCA	Peso final (g)	Duración Ciclo (días)	Cosecha por día (kg/ha/día)	Crecimiento semanal (g/sem)
Acústico	56	3.137 ^a	78,5	65,2 ^a	1,43 ^a	30,94	71,2 ^a	46,6 ^a	2,88
		± 82	± 2,0	± 2,2	± 0,02	± 0,58	± 1,9	± 1,64	± 0,5
Temporizado	184	2.886 ^b	76,6	59,3 ^b	1,53 ^b	31,64	75,9 ^b	39,3 ^b	2,78
		± 45	± 1,1	± 1,2	± 0,01	± 0,32	± 1,04	± 0,9	± 0,3

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

En el plano económico (Tabla 2), la alimentación acústica duplicó la utilidad neta por kilogramo de camarón producido (0,53 US\$/kg) respecto a la alimentación temporizada (0,24 US\$/kg), así como la utilidad por hectárea (1.906 US\$/ha frente a 927 US\$/ha) y la utilidad diaria (32,3 US\$/ha/día frente a 14,7 US\$/ha/día). No obstante, las mejoras en FCR y en la cosecha final no explicarían el incremento tan elevado en la rentabilidad observado con el sistema acústico de alimentación, por lo que habría que evaluar el efecto de la estacionalidad del precio de venta.

Tabla 2. Parámetros de rentabilidad (promedio y error estándar) del camarón *Penaeus vannamei* con alimentadores temporizados y acústicos en una camaronera de Guayas (Ecuador).

Table 2. Profitability parameters (mean and standard error) of *Penaeus vannamei* shrimp fed with timed and acoustic feeders in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

Alimentador	Nº Lotes	Utilidad Neta Kg (US\$/kg)	Utilidad Neta Ha (US\$/ha)	Utilidad Neta Diaria (US\$/ha/día)
Acústico	56	0,523 ^a	1.906 ^a	32,32 ^a
		± 0,096	± 307	± 4,50
Temporizado	184	0,245 ^b	927 ^b	14,70 ^b
		± 0,053	± 169	± 2,48

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

Al llevar a cabo una regresión múltiple de la producción por hectárea se observa una alta correlación ($p < 0,001$) de la densidad, supervivencia, pienso balanceado suministrado y factor de conversión:

$$\text{Producción (Kg/ha)} = 2.563 + 0,0011 * \text{Densidad (ejem/ha)} + 1,3575 * \text{Supervivencia (\%)} + 0,6442 * \text{Balanceado (kg/ha)} - 1,796 * \text{FCA}$$

(R-cuadrado ajustado = 98,6 %)

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

$$\text{Producción (Kg/ha/día)} = 41,4 + 0,671 * \text{Balanceado (kg/ha/día)} - 27,27 * \text{FCA}$$

(R-cuadrado ajustado = 98,7 %)

Ambas regresiones ponen de manifiesto la importancia de la cantidad de alimento suministrado y del factor de conversión del alimento en la producción final: a mayor alimento, mayor producción; y a mayor factor de conversión, menor producción. Por el contrario, no se obtuvo ninguna regresión significativa para las utilidades por kilogramo, por hectárea ni diarias por hectárea.

Todas las variables productivas presentan una estacionalidad muy marcada (Tabla 3), con valores inferiores en los primeros meses del año. De enero a junio, la cosecha osciló entre 2.480 y 3.076 kg/ha, con FCR altos (1,56-1,64), mientras que de julio a diciembre fue mayor, entre 3.078 y 3.159 kg/ha, con FCR menores (1,40-1,48). La duración del ciclo fue mayor en el primer semestre (enero-junio), con un valor medio de 85 días, mientras que en el segundo (julio-diciembre) el ciclo

productivo duró 66 días, lo que originó que la producción diaria fuera claramente mayor en el segundo semestre con valor medio de 48,6 kg/ha/día, frente a 32,5 kg/ha/día en el primero.

Por otra parte, el peso final fue mayor en el primer semestre (33,6 g) respecto al segundo (29,5 g), debido a una mayor duración del periodo de engorde, pero el crecimiento semanal, aunque sin diferencias mensuales, fue mayor en el segundo semestre (2,89 g/sem) que en el primero (2,71 g/sem). Una posible explicación sería que el peso de transferencia de inicio del ciclo, que fue significativamente menor en el primer semestre (1,01 g) respecto al segundo (2,64 g), lo que podría ser una buena estrategia para el futuro.

Finalmente, la supervivencia no presentó una estacionalidad semestral, sino que los mayores valores se registraron en junio y julio, y los menores en los primeros meses del año, de enero a abril, y en diciembre.

Tabla 3. Estacionalidad de los parámetros productivos (promedio y error estándar) del camarón *Penaeus vannamei* en una camaronera de Guayas (Ecuador) en función del mes de cosecha.

Table 3. Production parameters (Mean and Standard Error) of *Penaeus vannamei* shrimp fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador) in function of the month of harvest.

Mes	Nº Lotes	Cosecha Final (kg/ha)	Supervivencia (%)	Factor Conversión	Peso final (g)	Duración Ciclo (días)	Cosecha día (kg/ha/día)	Crecimiento semanal (g/sem)
enero	26	2.480 ^c	74,3 ^{bc}	1,58 ^{cde}	32,35 ^{ab}	84,1 ^b	29,4 ^c	2,63 ^a
		± 114	± 2,8	± 0,03	± 0,74	± 2,1	± 1,9	± 0,07
febrero	11	2.743 ^{bc}	75,3 ^{bc}	1,56 ^{bcde}	34,28 ^a	88,4 ^b	31,1 ^{bc}	2,68 ^a
		± 175	± 4,3	± 0,05	± 1,14	± 3,2	± 2,9	± 0,11
marzo	19	2.594 ^{bc}	69,0 ^c	1,61 ^{de}	32,74 ^{ab}	80,8 ^b	32,0 ^{bc}	2,77 ^a
		± 133	± 3,2	± 0,04	± 0,87	± 2,4	± 2,2	± 0,08
abril	15	2.850 ^{abc}	72,1 ^c	1,62 ^{de}	34,48 ^a	88,7 ^b	32,5 ^{bc}	2,65 ^a
		± 150	± 3,6	± 0,04	± 0,98	± 2,7	± 2,5	± 0,09
mayo	25	2.791 ^{abc}	75,1 ^{abc}	1,64 ^e	34,47 ^a	88,0 ^b	32,0 ^{bc}	2,68 ^a
		± 116	± 2,8	± 0,03	± 0,76	± 2,5	± 1,9	± 0,07
junio	18	3.076 ^{ab}	88,3 ^{ab}	1,55 ^{bcde}	34,20 ^a	80,3 ^b	39,0 ^b	2,89 ^a
		± 137	± 3,3	± 0,04	± 0,89	± 2,5	± 2,3	± 0,09
julio	20	3.078 ^{ab}	89,3 ^a	1,40 ^{ab}	30,51 ^{bc}	64,0 ^a	49,7 ^a	2,93 ^a
		± 130	± 3,2	± 0,04	± 0,85	± 2,4	± 2,2	± 0,08
agosto	15	2.935 ^{abc}	82,8 ^{abc}	1,35 ^a	29,99 ^{bc}	65,7 ^a	45,4 ^a	2,96 ^a
		± 150	± 3,6	± 0,04	± 0,98	± 2,7	± 2,5	± 0,09
septiembre	22	3.116 ^{ab}	76,5 ^{abc}	1,43 ^{abc}	30,47 ^{bc}	66,5 ^a	47,9 ^a	2,96 ^a
		± 124	± 3,0	± 0,04	± 0,81	± 2,2	± 2,1	± 0,08
octubre	22	3.362 ^a	76,5 ^{abc}	1,46 ^{abcd}	28,33 ^c	68,0 ^a	50,5 ^a	2,74 ^a
		± 124	± 3,0	± 0,04	± 0,81	± 2,3	± 2,1	± 0,08
noviembre	19	3.065 ^{ab}	78,8 ^{abc}	1,41 ^{ab}	28,03 ^c	66,0 ^a	47,0 ^a	2,86 ^a
		± 133	± 3,2	± 0,04	± 0,87	± 2,4	± 2,2	± 0,08
diciembre	28	3.159 ^{ab}	71,4 ^c	1,48 ^{abcde}	29,74 ^{bc}	64,7 ^a	49,7 ^a	2,93 ^a
		± 110	± 2,7	± 0,03	± 0,72	± 2,0	± 2,2	± 0,07

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

Las utilidades económicas también presentaron una marcada estacionalidad a lo largo del año (Tabla 4), con menores valores durante el primer semestre, incluso con resultados negativos en enero, marzo, abril y mayo, y valores máximos en octubre y noviembre. Los valores promedio de la utilidad por kilogramo de camarón cosechado fueron de -0,16 US\$/kg en el primer semestre y de 0,73 US\$/kg en el segundo; de -317 US\$/ha y 2.488 US\$/ha, respectivamente, para la utilidad por hectárea; y de -3,71 US\$/ha/día y 39,2 US\$/ha/día, respectivamente, para la utilidad diaria.

Tabla 4. Estacionalidad mensual de los parámetros de rentabilidad (promedio y error estándar) del camarón *Penaeus vannamei* en una camaronera de Guayas (Ecuador).

Table 4. Monthly profitability parameters (Mean and Standard Error) of *Penaeus vannamei* shrimp fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

Mes	Nº Lotes	Utilidad Neta Kg (US\$/kg)	Utilidad Neta Ha (US\$/ha)	Utilidad Neta Diaria (US\$/ha/día)
enero	26	- 0,23 e ± 0,10 0,36 cd	-430 ef ± 328 1164 d	-5,32 ef ± 4,82 12,96 de
febrero	11	± 0,15	± 505	± 7,42
marzo	19	- 0,67 f ± 0,12	-1797 g ± 384	-21,37 g ± 5,64
abril	15	- 0,27 e ± 0,13	-709 f ± 432	-7,92 fg ± 6,35
mayo	25	- 0,12 e ± 0,10	-278 ef ± 335	-3,36 fg ± 4,92
junio	18	0,22 d ± 0,12	775 de ± 395	10,08 de ± 5,80
julio	20	0,44 cd ± 0,11	1459 cd ± 374	25,04 cd ± 5,50
agosto	15	0,44 cd ± 0,13	1325 cd ± 432	20,98 d ± 6,35
septiembre	22	0,57 abc ± 0,11	2010 bcd ± 357	31,29 bcd ± 5,24
octubre	22	0,90 ab ± 0,11	3164 ab ± 357	47,71 ab ± 5,24
noviembre	19	1,19 a ± 12	3941 a ± 384	61,68 a ± 5,64
diciembre	28	0,78 bc ± 0,09	2707 abc ± 316	43,41 abc ± 4,65

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

Aunque los parámetros de producción fueron bajos durante el primer semestre, no justifican la drástica diferencia en la rentabilidad obtenida, por lo que otros factores comerciales pueden haber influido, fundamentalmente el precio de venta del camarón y el coste de producción. Así, analizando los precios globales de venta del camarón del Portal FRED (<https://fred.stlouisfed.org/series/PSHRIUSDM>), se observa que el precio medio durante el primer semestre de 2024 fue de 7,11 US\$/kg, mientras que en el segundo semestre subió hasta 7,72 US\$/kg, y asimismo, la información de la Cámara Nacional de Acuicultura ofrece un precio medio durante el primer semestre de 2024 de 4,89 US\$/kg y de 5,14 US\$/kg en el segundo. Por otra parte, la información disponible de la empresa camaronera indica un precio de venta de 3,55 US\$/kg en los meses de enero a abril y de 4,06 en diciembre, y un coste de producción de 3,81 US\$/kg y de 3,31 US\$/kg, respectivamente, que sí podrían justificar las diferencias en las utilidades.

Por otra parte, al analizar los parámetros productivos y de rentabilidad en función del peso de transferencia de los camarones a las piscinas de engorde, se observa un efecto significativo, de forma que, al sembrar ejemplares con un peso mayor de 2 g, se produce una mayor utilidad económica por kilogramo, por hectárea y diaria (Tabla 5), debido a un mayor crecimiento semanal y una menor duración del ciclo.

Tabla 5. Efecto del peso de transferencia en los parámetros de producción y de rentabilidad (promedio y error estándar) del camarón *Penaeus vannamei*, mediante alimentadores temporizados y acústicos en una camaronera de Guayas (Ecuador).

Table 5. Effect of transfer weight on production and profitability parameters (mean and standard error) of *Penaeus vannamei* shrimp fed with timed and acoustic feeders in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

Peso Transferencia (g)	Nº Lotes	Duración Ciclo (días)	Cosecha día (kg/ha/día)	Crecimiento (g/sem)	Utilidad Neta Kg (US\$/kg)	Utilidad Neta Ha (US\$/ha)	Utilidad Neta Diaria (US\$/ha/día)
≤ 2	194	79,0 b ± 0,8	37,9 b ± 1,6	2,73 b ± 0,02	0,22 b ± 0,05	879 b ± 163	13,2 b ± 2,3
> 2	46	57,3 a ± 1,7	54,2 a ± 0,7	3,14 a ± 0,05	0,70 a ± 0,10	2321 a ± 334	42,4 a ± 4,8

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

Al estudiar las utilidades por kilogramo, por hectárea y diaria en función del peso de transferencia y el sistema de alimentación de forma conjunta (Fig. 1), se confirman las diferencias entre los pesos de transferencia, con una mayor rentabilidad para el peso de transferencia mayor de 2 g (Tabla 5) y la ausencia de interacción entre ambas variables, aunque se observan algunas diferencias en el sistema de alimentación. La utilidad por kilogramo no muestra diferencias entre los alimentadores para ambos pesos de transferencia. No obstante, cuando el peso de transferencia fue menor de 2 g, no se observan diferencias significativas entre ambos alimentadores en las utilidades por hectárea, y diaria, pero si se observan diferencias significativas cuando el peso de transferencia fue mayor de 2 g, con 1.824 y 3.027 Kg/ha o 33,0 y 55,8 kg/ha/día, respectivamente para los alimentadores temporizado y acústico.

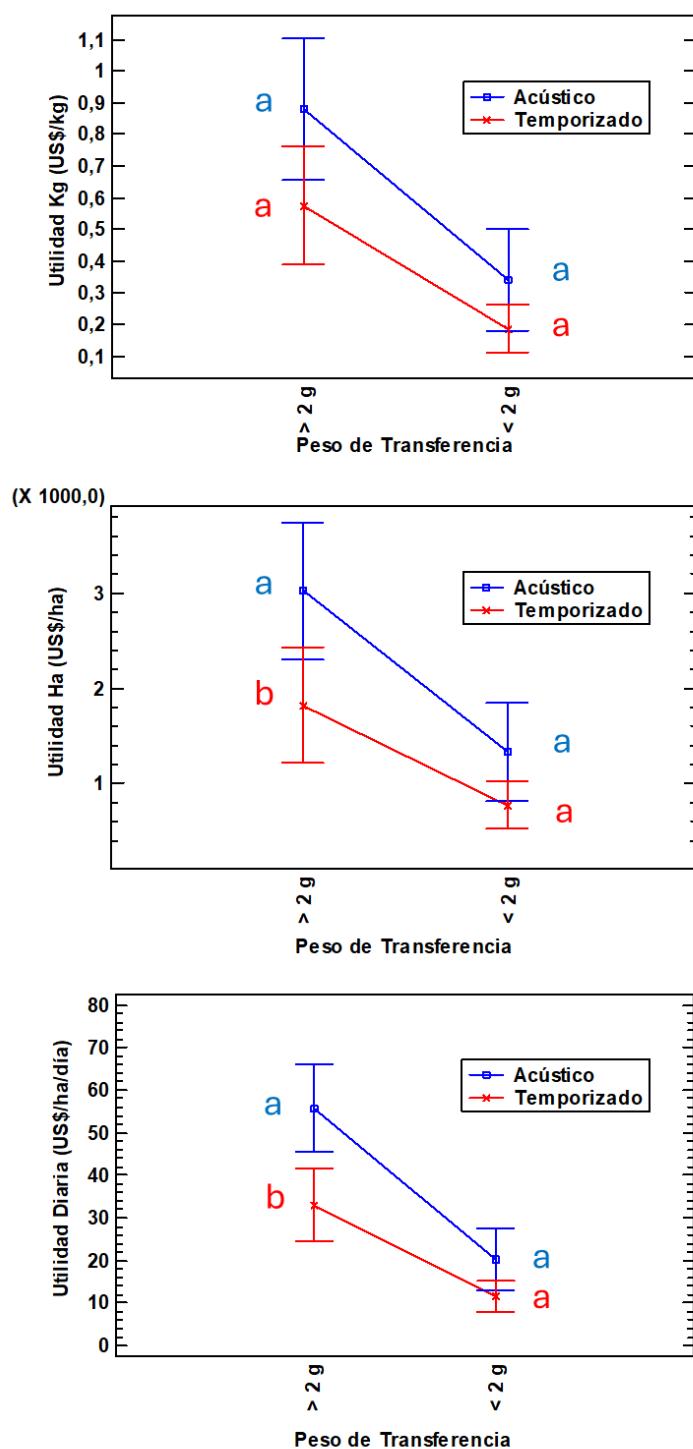


Figura 1. Efecto del tipo de alimentador y del peso de transferencia sobre la rentabilidad del camarón *Penaeus vannamei* en una camaronera de Guayas (Ecuador). Letras distintas indican diferencias significativas en los sistemas de alimentación para cada peso de transferencia.
Figure 1. Effect of type of feeder and transfer weight on profitability of *Penaeus vannamei* shrimp in a shrimp farm in Guayas (Ecuador). Different letters indicate statistical differences in feeding systems across transfer weights.

Por otra parte, existe un efecto conjunto del semestre de venta, el peso de transferencia y el tipo de alimentador, aunque sin interacciones, como se puede observar en la Figura 2.

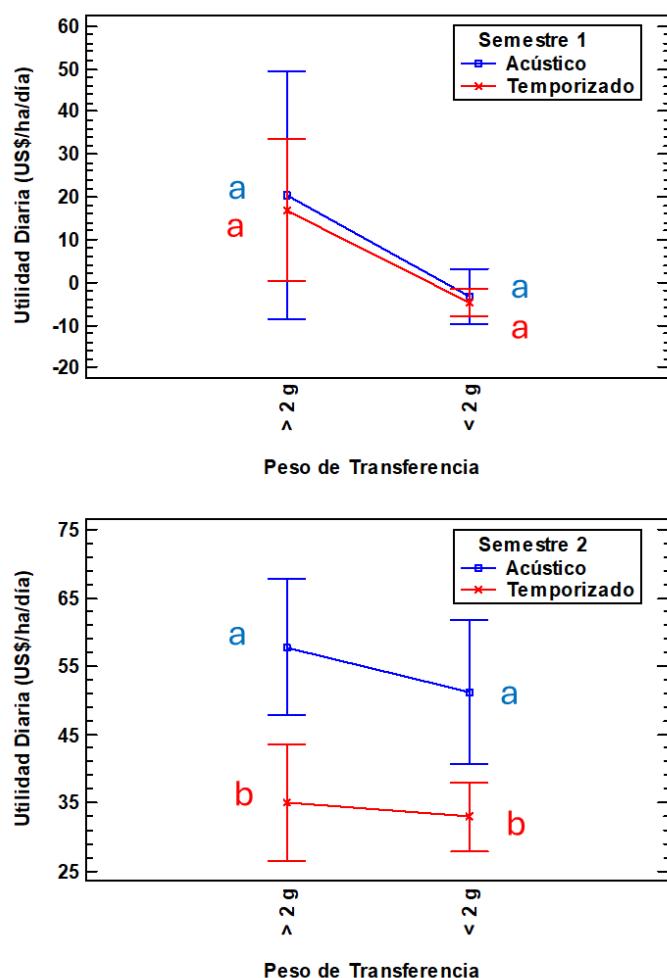


Figura 2. Efecto del semestre de venta, del tipo de alimentador y del peso de transferencia sobre la rentabilidad del camarón *Penaeus vannamei* en una camaronería de Guayas (Ecuador). Letras distintas indican diferencias significativas en los sistemas de alimentación para cada peso de transferencia.

Figure 2. Effect of sales season, type of feeder, and transfer weight on profitability of *Penaeus vannamei* shrimp in a shrimp farm in Guayas (Ecuador). Different letters indicate statistical differences in feeding systems across transfer weights.

En el primer semestre, con menores utilidades globales, no se observaron diferencias significativas en la utilidad diaria entre las dos alimentaciones (temporizada y acústica) para ambos pesos de transferencia. La variabilidad de los ciclos con peso de transferencia > 2 g fue muy grande debido a la menor cantidad de ciclos, pero las medias fueron muy similares. En el segundo semestre, la utilidad diaria fue mayor para el alimentador acústico en los dos pesos de transferencia, lo que indica que, independientemente del precio de venta, que genera una mayor utilidad en el segundo semestre, las mejoras en la producción hacen que el alimentador acústico sea más rentable que el temporizado en el segundo semestre, independientemente del peso de transferencia.

Finalmente, es interesante considerar el efecto del origen de los camarones, pues en la camaronería se sembraron ejemplares procedentes de hasta 29 laboratorios de producción de larvas, pero el 78 % de los ciclos provinieron de 8 laboratorios, cada uno de los cuales suministró al menos 10 ciclos. Los resultados de producción por hectárea indicaron diferencias estadísticamente significativas en la cosecha final, con 3.500 kg por hectárea en el laboratorio más productivo y tan solo 2.624 kg por hectárea en el laboratorio menos productivo (Tabla 6). Al analizar los resultados por el sistema de alimentación, las diferencias de cosecha con el uso del alimentador temporizado fueron similares a las globales, pero no hubo diferencias significativas con el alimentador acústico, incrementándose la producción de los camarones procedentes de los laboratorios con menor producción, aunque debido a los pocos ciclos estudiados, los resultados deben ser considerados como preliminares.

Tabla 6. Producción (promedio y error estándar y número de ciclos entre paréntesis) del camarón *Penaeus vannamei* procedente de diferentes laboratorios de larvas, con alimentadores acústicos y temporizados en una camaronera de Guayas (Ecuador).

Table 6. Production (mean and standard error and number of cycles in brackets) of *Penaeus vannamei* shrimp from several hatcheries, fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

Laboratorio	Cosecha Global (kg/ha)	Cosecha Temporizado (kg/ha)	Cosecha Acústico (kg/ha)
B	2.647 ^c ± 106 (28)	2.589 ^b ± 116 (23)	2.913 ^a ± 253 (5)
D	2.847 ^{bc} ± 155 (13)	2.650 ^b ± 176 (10)	3.501 ^a ± 327 (3)
GA	2.624 ^c ± 169 (11)	2.624 ^b ± 167 (11)	-- --
GE	3.054 ^{abc} ± 109 (26)	3.012 ^{ab} ± 135 (17)	3.134 ^a ± 189 (9)
JE	2.681 ^{bc} ± 104 (29)	2.634 ^b ± 116 (23)	2.859 ^a ± 231 (6)
LB	3.181 ^{ab} ± 81 (48)	3.138 ^{ab} ± 94 (35)	3.297 ^a ± 157 (13)
LR	3.500 ^a ± 122 (21)	3.506 ^a ± 148 (14)	3.490 ^a ± 214 (7)
O	3.071 ^{abc} ± 169 (11)	3.051 ^{ab} ± 185 (9)	3.162 ^a ± 401 (2)

Promedios con distinta letra en columna presentan diferencias significativas ($p < 0,05$)

La cosecha final con alimentador acústico, de 3.137 kg/ha, fue mayor que la citada por Valle *et al.* (2023) de 1.483 kg/ha, y por Valle *et al.* (2025) de 2.123 kg/ha, en estanques de tierra semi intensivos, pero fue menor que la reportada por Napaumpaiporn *et al.* (2013) de 11.550 kg/ha, por Ullman *et al.* (2019 a, b) y por Reis *et al.* (2021, 2022), del orden de 4.500-8.000 kg/ha, aunque estos últimos autores trabajaron en estanques experimentales de polietileno, de 0,1 y 1,0 has, con aireadores y 1 hidrófono-tolva por cada estanque, por lo que los resultados son difícilmente comparables al tratarse de estanques experimentales (10 alimentadores/ha). En el presente ensayo se utilizó un alimentador acústico por cada 1,75 ha (0,57 alimentadores/ha), equivalente a una biomasa al final del engorde de 5.503 kg, lo cual coincide con los resultados de Dodd (2018) y Valle *et al.* (2025), quienes recomendaron una biomasa de 6.000 kg por tolva alimentadora acústica. En el caso de la alimentación temporizada, la producción en el presente ensayo, 2.886 kg/ha, fue mayor que la de Valle *et al.* (2023), de 1.631 kg/ha, pero inferior a las de Napaumpaiporn *et al.* (2013), de 10.869 kg/ha, y a Ullman *et al.* (2019a, b), de 3.294-6.797 kg/ha. Cada alimentador temporizado alimentó 0,82 ha (1,22 alimentadores/ha), lo que equivale a una biomasa de 2.366 kg y a una menor cosecha, lo que evidencia una menor eficacia alimentaria.

Por otra parte, el análisis de la distribución de frecuencias de la cosecha final (datos no mostrados) evidencia que aproximadamente el 15 % de los lotes alcanzó un rendimiento ≥ 3.500 kg/ha, y un 5 % la producción de 4.000 kg/ha, que se amplía a 10% en el caso de los lotes con alimentador acústico, lo que pone de manifiesto la posibilidad de mejora de la productividad de las camaroneras. Asimismo, la elección de los mejores laboratorios de postlarvas, con una buena genética, también es decisiva para alcanzar una mayor producción, aunque sería necesario un análisis más profundo de los resultados de los laboratorios en las mismas condiciones de producción.

Asimismo, la supervivencia en el presente estudio fue mayor, del 76-78 %, respecto a Valle *et al.* (2023), de 68 %, y Valle *et al.* (2025), de 46 %. Un posible efecto podría ser la densidad de siembra, 7-18 camarones/m² frente a 10 y 15-27 camarones/m², respectivamente. La presencia de aireadores también pudo haber influido, permitiendo una mayor densidad de siembra en el presente estudio (7-18 camarones/ha) y una mayor supervivencia.

Por otra parte, el análisis multivariante ha seleccionado cuatro componentes principales que explican el 83 % de la varianza, cuyos pesos se presentan en la Tabla 7 y en la Figura 3. La componente principal 1, con un 36 % de la varianza, representa fundamentalmente la utilidad económica, mientras que la componente principal 2, con un 23 % de la varianza, recoge parámetros productivos finales, como el pienso balanceado utilizado, la cosecha final y la duración del ciclo. La componente principal 3, con un 14 % de la varianza, representa el crecimiento (peso final e incremento de peso semanal) y,

finalmente, la componente principal 4, con solo un 10 % de la varianza, recoge, por una parte, el peso y la densidad de siembra iniciales y, por otra, la supervivencia final.

Tabla 7. Análisis de componentes principales (pesos y varianzas) de las variables productivas del camarón *Penaeus vannamei* en una camaronería de Guayas (Ecuador).

Table 7. Principal components analysis (weights and variances) of production variables of *Penaeus vannamei* shrimp from several hatcheries, fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
Kg Balanceado Ha	0,144	0,529	0,281	0,135
Cosecha Final Kg/Ha	0,341	0,398	0,160	0,141
Días Ciclo	-0,318	0,420	0,008	-0,091
FCA	-0,315	0,281	0,194	-0,035
Peso Final	-0,263	0,100	0,605	0,126
Peso de Transferencia	0,179	-0,301	0,232	0,458
Incremento Peso Semanal	0,076	-0,361	0,560	0,051
Supervivencia	0,193	0,225	-0,320	0,652
Densidad Siembra Ha	0,334	0,146	0,060	-0,518
Utilidad Kg	0,446	0,001	0,100	-0,127
Utilidad Ha	0,455	0,055	0,090	-0,124
Eigenvalor	4,0	2,5	1,5	1,1
% Varianza	36,4	23,0	13,7	10,0
% Acumulado	36,4	59,4	73,0	83,0

Puesto que las componentes principales 1 y 2 representan un 60 % de la varianza, las variables a ellas asociadas, utilidad, cosecha y consumo de balanceado, serían las que explicarían mejor el modelo, estando las dos últimas muy relacionadas con la rentabilidad, pues se trata de los kilogramos vendidos y los kilogramos de pienso balanceado comprados. Aunque la cercanía de variables muestra su grado de relación, es mejor observarlo en un análisis de clúster.

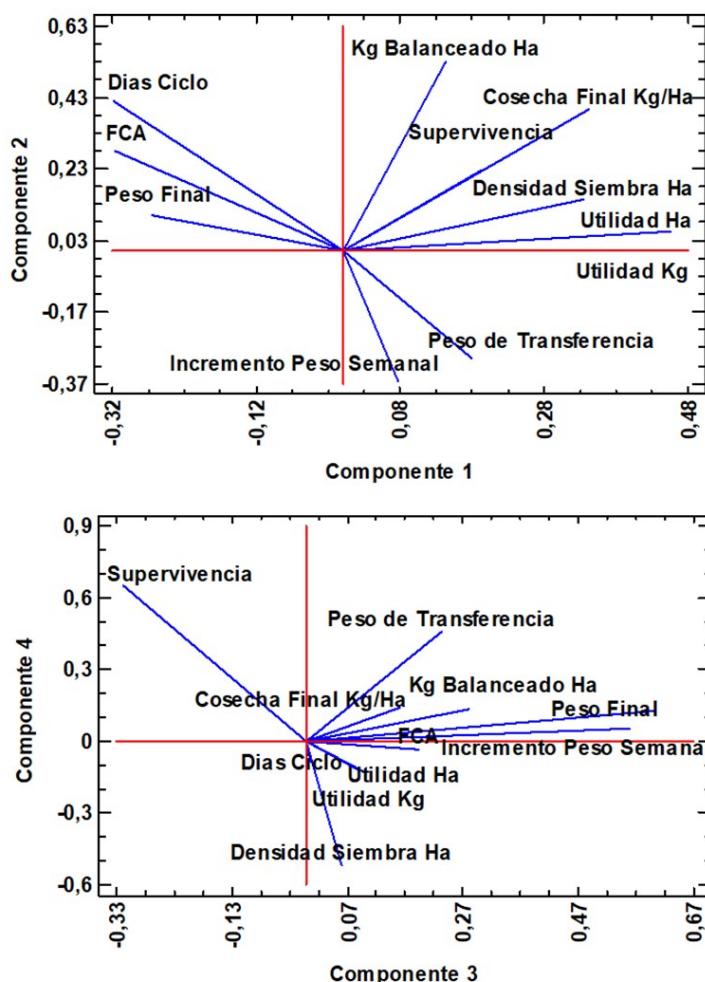


Figura 3. Análisis de componentes principales de la producción de camarón *Penaeus vannamei* en una camaronería de Guayas (Ecuador). **Figure 3.** Principal components analysis of the production of *Penaeus vannamei* shrimp from several hatcheries, fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

Así, el análisis de clúster selecciona tres conglomerados (Fig. 4); el primero incluye las dos utilidades económicas, por kilogramo de camarón y por hectárea, que están obviamente muy correlacionadas. El segundo está constituido por variables técnicas relacionadas con el peso final y el consumo de pienso balanceado, así como con la duración del ciclo. El tercer conglomerado recoge las variables productivas finales (cosecha, supervivencia e incremento de peso), así como la densidad y el peso de siembra.

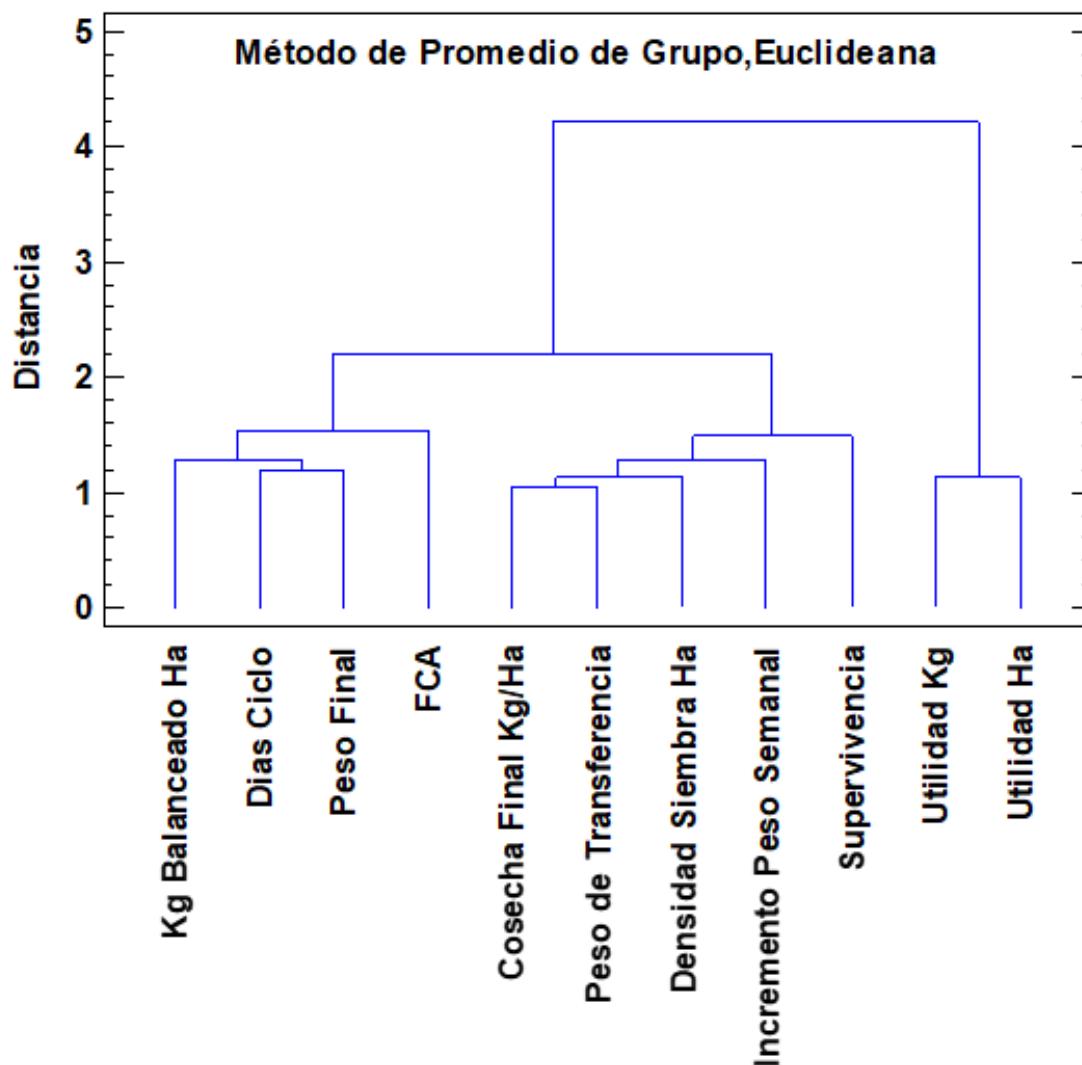


Figura 4. Dendrograma de conglomerados de variables que afectan la producción de camarón *Penaeus vannamei* en una camaronera de Guayas (Ecuador).

Figure 4. Cluster dendrogram of variables affecting the production of *Penaeus vannamei* shrimp from several hatcheries, fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

Al representar la dispersión de las 240 observaciones, recalculadas con los pesos de los componentes principales 1, 2, 3 y 4, codificadas según el sistema de alimentación (Fig. 5), no se observa segregación, pues tanto la alimentación temporizada como la acústica presentan una dispersión similar en todos los cuadrantes de ambas representaciones. No obstante, ya se ha señalado que el sistema acústico presentó algunas ventajas productivas y económicas respecto al temporizado (Tablas 1 y 2), pero el efecto podría estar enmascarado por otras variables, como el semestre y el peso de transferencia, como se comentó anteriormente (Fig. 3).

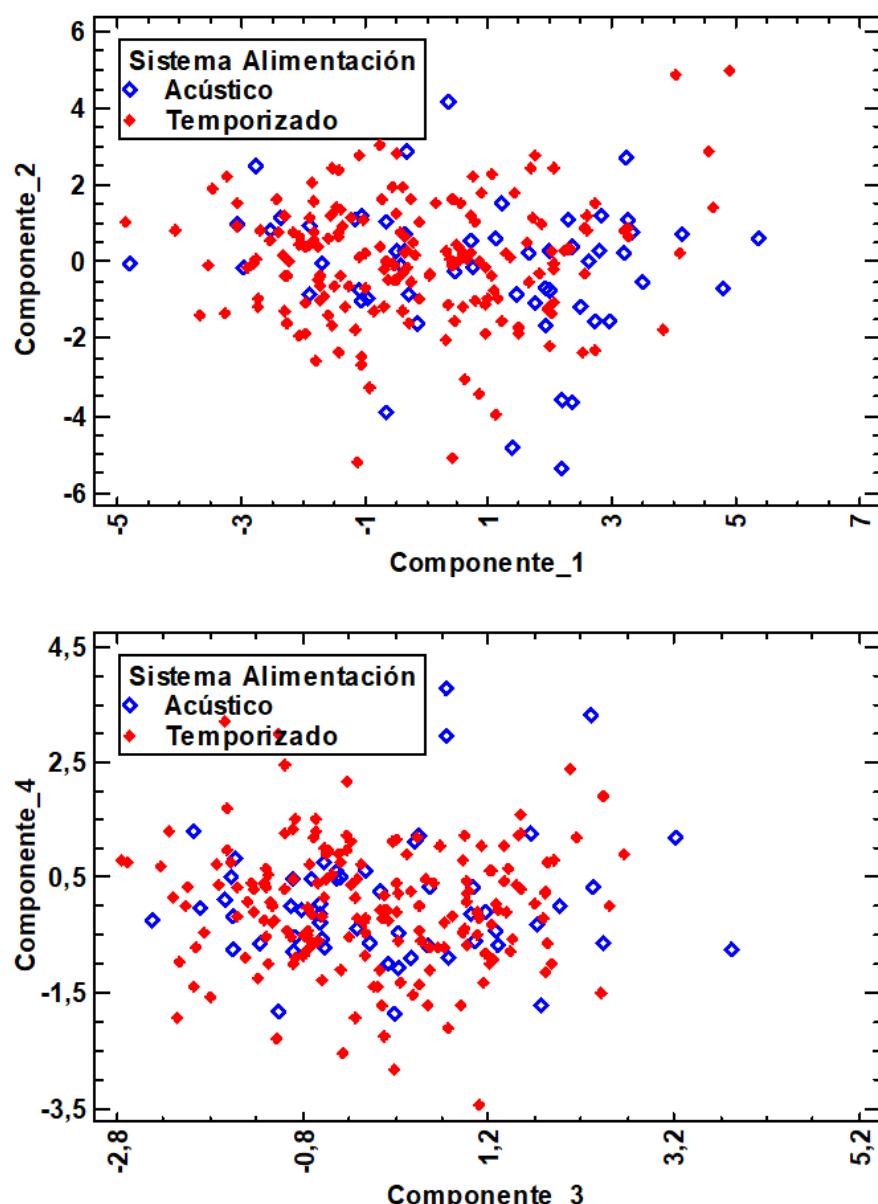


Figura 5. Dispersion de las observaciones codificadas por sistema de alimentación en la producción de camarón *Penaeus vannamei* en una camaronería de Guayas (Ecuador).

Figure 5. Distribution of the coded observations by feeding system of production of *Penaeus vannamei* shrimp from several hatcheries, fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

En la Figura 6 se representan las dispersiones de las observaciones, codificadas por semestre y por peso de transferencia. La componente principal 1 separa claramente las observaciones del 1 y 2 semestre, pero en el caso del peso de transferencia, es la componente principal 2 la que separa, lo que demuestra el efecto de estas variables en el modelo productivo del camarón, y que podrían enmascarar el efecto del sistema de alimentación, pues el número de ciclos de producción con alimentación acústica es mayor en el segundo semestre y con pesos de transferencia mayores.

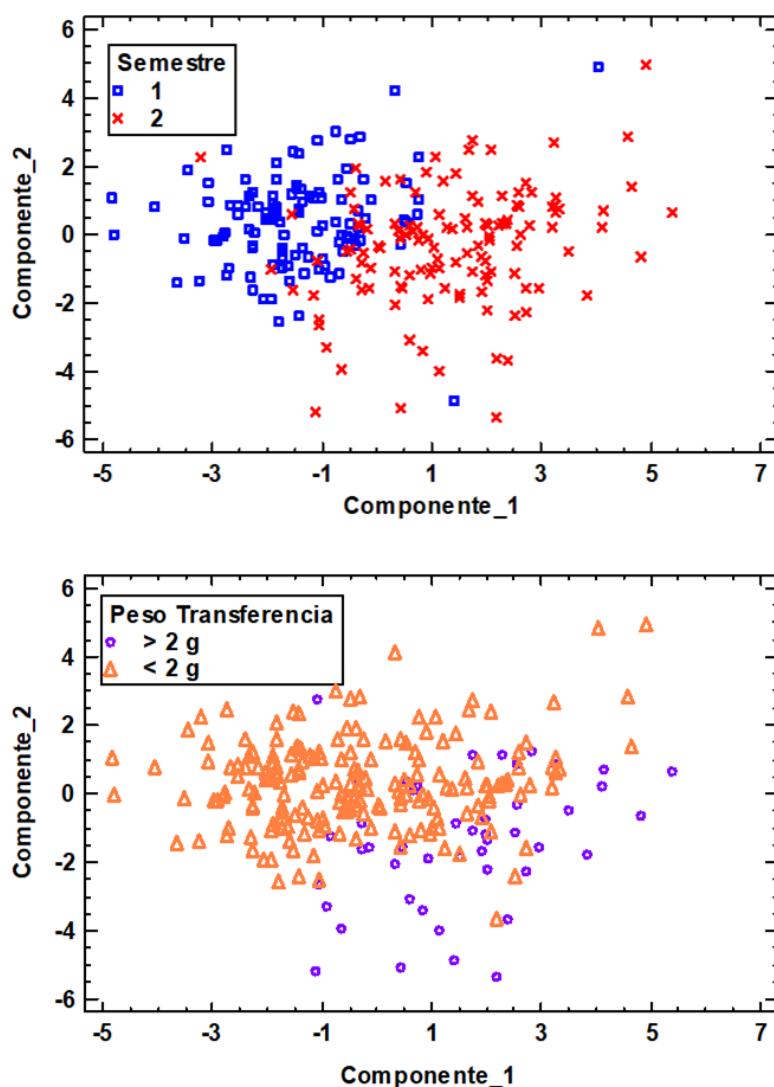


Figura 6. Dispersión de observaciones codificadas por semestre y peso de transferencia de la producción de camarón *Penaeus vannamei* en una camaronera de Guayas (Ecuador).

Figure 6. Distribution of the coded observations by semester and transfer credit weight of production of *Penaeus vannamei* shrimp from several hatcheries, fed in a shrimp farm in Guayas (Ecuador).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de alimentadores acústicos demostró ser determinante para mejorar la producción, pues se obtiene una mayor cosecha por hectárea y una mejor utilización del alimento (FCA), así como una mayor rentabilidad, ya que se duplicaron las utilidades netas. No obstante, se observa una clara estacionalidad y un efecto del peso de transferencia, de modo que el primer semestre y la siembra de camarones mayores de 2 g presentan ventajas productivas y de rentabilidad.

Son necesarios nuevos análisis con un mayor número de ciclos de producción, que recojan un mayor número de lotes alimentados con sensores acústicos y con pesos de transferencia mayores durante todo el año, para obtener conclusiones definitivas. Asimismo, aunque resulta evidente la ventaja de la alimentación acústica, es necesario avanzar en el dimensionamiento del número de alimentadores por estanque y su posición para optimizar tanto la productividad como la rentabilidad.

En resumen, la combinación de una alimentación acústica adecuadamente dimensionada, el manejo estacional y las decisiones comerciales oportunas constituye una gran oportunidad para maximizar la productividad y la rentabilidad en granjas camaroneras de la costa ecuatoriana.

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 (CrediT)

Juan Carlos Valle-Masson: Preparación de la base de datos y del manuscrito; *Ronald Ulloa*: Recopilación y selección de datos de producción; *César 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. La transformación azul en acción. Roma.
<https://doi.org/10.4060/cd0683es>.
- Jescovitch L. N., Ullman, C., Rhodes M., Davis D. A. (2018). Effects of different feed management treatments on water quality for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Research 49, 526–531.
- 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., Jingping G., 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-based feeding systems on the growth and production of white shrimp (*Penaeus vannamei*) alimentado con tecnología acústica en una camaronera semiintensiva de Ecuador. International Journal of Aquaculture 13 (8): 1–14.
- Valle J.C., Alarcón C., Molina-Poveda C., Jover-Cerdá M. (2025). Efecto del tamaño del estanque y el número de tolvas alimentadoras en la productividad del camarón (*Litopenaeus vannamei*) in semi-intensive farming systems in Ecuador. AquaTechnica 7 (1): 21–27. <https://doi.org/10.33936/at.v7i1.7136>; <https://doi.org/10.5281/zenodo.14742159>

