

Comparación del coeficiente térmico de crecimiento en el camarón *Penaeus vannamei* en Ecuador con diferentes sistemas de alimentación

Modeling the thermal growth coefficient in the shrimp *Penaeus vannamei* in Ecuador with different feeding systems

Miguel Jover-Cerdá , Juan Carlos Valle Masson , Patricia Aguilar Astudillo, Ignacio Jauralde García 

Universitat 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

Artículo original | Original article

Palabras clave
alimentación manual,
alimentadores
temporizados,
hidrófonos

RESUMEN | Se estudió el crecimiento de 208 lotes de camarones en condiciones comerciales en la zona de Guayas (Ecuador) alimentados de forma manual al voleo, con comederos temporizados y con hidrófonos. Solo aparecieron diferencias significativas en la Tasa de Crecimiento Específica (TCE) a favor de la alimentación con los hidrófonos, pero no en el Crecimiento Diario (CD) o el Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC). No aparecieron diferencias significativas en el crecimiento de los lotes en función del mes de inicio del lote, cuando se analizaron mediante TCE o CD, pero sí cuando se empleó el CTC, siendo mayores los valores en junio y julio (con temperaturas del agua menores) frente a los lotes de enero y febrero (con temperaturas mayores) lo que reveló un fallo del modelo de crecimiento térmico cuando las temperaturas fueron superiores a 27 °C. Al aplicar un límite máximo a la temperatura efectiva de 26 °C, las diferencias desaparecieron, lo que sugiere su inclusión en el modelo CTC para camarón.

Keywords
manual feeding,
time feeder,
acoustic feeding

ABSTRACT | The growth of 208 batches of shrimp was studied under commercial conditions in the Guayas area (Ecuador), fed manually by broadcast, with timed feeders and with hydrophones. Significant differences only appeared in the Specific Growth Rate (SGR) in favor of feeding with the hydrophones, but not in the Daily Growth (CD) or the Thermal Growth Coefficient (CTC). No significant differences appeared in the growth depending of the initial month of the batches, when they were analyzed by TCE or CD, but they did appear when the CTC was used, with the values being higher in June and July (with lower temperatures) compared to the January and February batches (with higher temperatures), which revealed a failure of the thermal growth model when temperatures were higher than 27 °C. When a maximum effective temperature limit of 26 °C was applied, the differences disappeared, which suggests its inclusion in CTC model for shrimp.

INTRODUCCIÓN

El camarón o langostino de patas blancas *Penaeus vannamei* Boone, 1931, es la especie acuícola de más valor en la producción mundial, con 29.000 millones de dólares en 2021, y una producción de 6.8 millones de toneladas (FAO, 2024). Su producción es mayoritariamente semi-intensiva en estanques de tierra y tradicionalmente, el sistema de alimentación más utilizado ha sido el manual por voleo, pero en los últimos años se están imponiendo los alimentadores automáticos, principalmente con mecanismos temporizados y con hidrófonos. Los resultados en estanques experimentales de 1000 m² con aireación indican una mayor productividad utilizando hidrófonos (Jescovitch, *et al.* 2018, Ullman *et al.* 2019 a,b, Reis *et al.* 2020, 2021) pero existen pocos estudios en condiciones reales de producción con estanques de varias hectáreas y sin aireación, como el de Valle *et al.* (2023), trabajo en el que no se puso de manifiesto las ventajas de los comederos automáticos sónicos.

El crecimiento del camarón se ha estudiado tradicionalmente usando índices como la Tasa de Crecimiento Específico (TCE) o los gramos por día o semana, pero no se ha utilizado el Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC). Este último coeficiente fue desarrollado por Cho y Bureau (1998) para peces, y ha sido ampliamente empleado por otros autores (Mayer *et al.* 2012, Estruch *et al.* 2017), y aunque Bureau *et al.* (2000) apuntaron la posibilidad de utilizar este coeficiente, tuvieron que pasar 20 años hasta que Powell *et al.* (2020) lo aplicaron al langostino (*P. vannamei*), encontrando dos patrones diferentes de crecimiento y un punto de ruptura a los 7,5 g, de forma que en la primera etapa (0,01-7,5 g) el CTC fue de 0,152 y en la segunda etapa (7,5-34 g) de 0,807, con un

valor del exponente del peso de 0,416 y de 0,952, respectivamente, y obteniendo una mejor ajuste que con el TCE y el CTC tradicional.

Ruiz-Velazco *et al.* (2010a,b) modelizaron el crecimiento del camarón en diferentes periodos del año con distinta temperatura, y encontraron que en verano (con temperaturas más altas), el crecimiento fue mayor que en invierno (con temperaturas más bajas). Asimismo, Araneda *et al.* (2020) incluyeron el efecto de la temperatura en el crecimiento del langostino *P. vannamei* usando el modelo de Gompertz, pero durante una misma estación, de noviembre a mayo.

Otros modelos de crecimiento han sido propuestos (Carvajal y Nebot 1998, Franco *et al.* 2006, Sánchez y González 2021), pero de momento no han tenido atención por parte de investigadores ni productores.

El presente estudio tuvo como objetivo estudiar el comportamiento del modelo de crecimiento de CTC en el camarón a partir de resultados de camaroneras comerciales con tres sistemas de alimentación, manual, automático temporizado y a demanda con hidrófonos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron datos reales de producción comercial de 208 lotes de los años 2015-2017 procedentes de 8 fincas camaroneras ubicadas en Ecuador (Esclusas en el Golfo de Guayaquil y la Isla Puná), donde la temperatura del agua osciló entre los 24°C y los 32°C, y la salinidad entre 22,85 y 34,69 ppm. Se seleccionaron aquellos lotes del trabajo de Valle *et al.* (2023) que disponían de datos de temperatura adecuados para calcular la suma de temperaturas y el CTC.

El tamaño de los estanques varió entre 3 y 23 ha, y el tipo de alimentación suministrada fue manual (desde barca dos veces al día), automática temporizada (1 comedero *Madam*® por hectárea, con distribución de alimento cada 15 min desde las 12:00 h hasta las 24:00 h) y con hidrófonos a demanda (1 comedero AQ1 cada 3 ha disponible 24 h al día). La densidad inicial de siembra fue de 10 camarones de 0,17 g por cada m², independientemente del mes de siembra, y no se empleó ningún sistema de aireación.

El crecimiento se evaluó mediante el Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC) considerando una temperatura efectiva de 18 °C, la Tasa de Crecimiento Específica (TCE), y el Crecimiento Diario (CD, en g por día) usando las siguientes expresiones:

$$CTC = 1000 \times (\text{Peso medio final}^{1/3} - \text{Peso medio inicial}^{1/3}) / \text{Suma Temperatura Efectiva}$$

$$TCE = 100 \ln (\text{Peso medio final} / \text{Peso medio inicial}) / \text{días}$$

$$CD = (\text{Peso medio final} - \text{Peso medio inicial}) / \text{días}$$

El análisis de los resultados se realizó mediante ANOVA usando el programa Statgraphics (Statistical Graphics System, Version Plus 5.1., Herndon, VA, USA). La comparación *a posteriori* de las medias se hizo utilizando el test Student-Newman-Keuls. El Factor F, cociente entre el Cuadrado Medio entre Grupos y el Cuadrado Medio intra Grupos, también se consideró para visualizar las diferencias entre las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de días promedio de producción fue de 131 d, el peso final de 22,4 g y la producción de 1,718 kg/ha.

No aparecieron diferencias en el crecimiento con los diferentes sistemas de alimentación cuando se consideró el CTC o el CD (g/día), pero sí al considerar el TCE, de forma que el mejor valor de este índice se obtuvo con los hidrófonos respecto a la alimentación automática (Tabla 1), aunque sin diferencia con la alimentación manual.

Tabla 1. Efecto del sistema de alimentación en los diferentes índices de crecimiento (CTC, TCE y CD del camarón *Penaeus vannamei*.

Table 1. Effect of the feeding system on the different growth indices (CTC, TCE and CD) of the shrimp *Penaeus vannamei*.

Sistema de alimentación	N° Lotes	CTC ± EE	TCE ± EE	CD (g/día) ± EE
Hidrófonos	25	0,001665 ± 0,000066	4,16 a ± 0,12	0,1782 ± 0,0049
Manual al Voleo	93	0,001725 ± 0,000034	3,97 ab ± 0,07	0,1712 ± 0,0025
Automática	90	0,001743 ± 0,000035	3,82 b ± 0,07	0,1717 ± 0,0026
Nivel Sig.		No significativo	p < 0,05	No significativo

Medias con distinta letra presentan diferencias significativas (p < 0,05). EE = Error Estándar

En la Tabla 2 se puede observar el efecto del mes de inicio del ciclo de crecimiento sobre los diferentes parámetros. Al observar la Tasa de Crecimiento Específico (TCE) no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (p > 0,05) respecto al mes de inicio de la producción, aunque si apareció un mayor Crecimiento Diario (CD) en los lotes iniciados en octubre respecto a los iniciados en mayo.

Por el contrario, para el CTC, se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05), en los lotes que iniciaron su crecimiento en los meses con temperaturas medias más bajas, junio, julio y agosto (26,7, 26,7 y 27,3 °C, respectivamente), siendo los valores de CTC más altos que en los meses de enero, febrero y diciembre, con temperaturas medias más altas (30,3, 29,8 y 30,1 °C, respectivamente), lo que no corresponde con el valor de crecimiento en g/día, que no presentó diferencias en estos meses.

Aunque por definición el CTC debería ser constante con los cambios de temperatura, se constata que los lotes iniciados en diciembre, enero o febrero, con temperaturas altas (30 °C) que anticipan temperaturas más frescas en los siguientes meses, obtienen CTC más bajos que los lotes iniciados en junio o julio, con temperaturas bajas (26-27 °C) que anticipan temperaturas más cálidas, de lo que se deduce que el modelo térmico podría no estar funcionando con temperaturas mayores a 27°C.

Tabla 2. Efecto del mes de inicio del ciclo de producción en los diferentes índices de crecimiento (CTC, TCE y CD) del camarón *Penaeus vannamei*.

Table 2. Effect of the month of the beginning of the production cycle on the different growth indices (CTC, TCE and CD) of the shrimp *Penaeus vannamei*.

Mes	Tª Media	CTC ± EE	TCE ± EE	CD (g/día) ± EE
Enero n = 18	30,3	0,001514 de ± 0,000061	4,09 ± 0,15	0,1796 ab ± 0,0056
Febrero n = 16	29,8	0,001444 e ± 0,000065	3,89 ± 0,16	0,1676 ab ± 0,0060
Marzo n = 17	28,9	0,001653 cde ± 0,000063	4,13 ± 0,15	0,1695 ab ± 0,0058
Abril n = 22	28,2	0,001706 bcd ± 0,000055	4,01 ± 0,14	0,1636 ab ± 0,0051
Mayo n = 15	27,4	0,001777 bc ± 0,000067	3,80 ± 0,16	0,1571 b ± 0,0062
Junio n = 18	26,7	0,002075 a ± 0,000061	4,03 ± 0,15	0,1683 ab ± 0,0056
Julio n = 15	26,7	0,002111 a ± 0,000067	3,90 ± 0,16	0,1767 ab ± 0,0062
Agosto n = 21	27,3	0,001915 ab ± 0,000057	3,69 ± 0,14	0,1750 ab ± 0,0052
Septiembre n = 19	27,8	0,001808 bc ± 0,000059	3,83 ± 0,16	0,1776 ab ± 0,0055
Octubre n = 12	28,7	0,001665 cde ± 0,000075	3,88 ± 0,18	0,1848 a ± 0,0069
Noviembre n = 21	29,5	0,001570 cde ± 0,000057	3,98 ± 0,14	0,1813 ab ± 0,0052
Diciembre n = 14	30,1	0,001408 e ± 0,000069	3,82 ± 0,17	0,1662 ab ± 0,0064
Nivel Sig.		p < 0,05	No significativo	p < 0,05

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05%). EE = Error Estándar

Al hacer el cálculo del CTC sin Temperatura Mínima Efectiva, es decir con valor 0 °C, y con los valores de 16, 18, 20 y 22°C (Tabla 3), se observa un aumento del valor del CTT a medida que se incrementa la temperatura efectiva, como consecuencia de una reducción de la suma de temperatura efectiva.

Asimismo, las diferencias en el CTC entre los meses de temperaturas bajas (junio, julio y agosto) y altas (enero, febrero y diciembre), se incrementan a medida que se consideran valores crecientes de la Temperatura Mínima Efectiva (0, 16, 18, 20 o 22°C) a la vez que aumenta el valor del Factor F, lo que apunta a que el modelo del CTC podría no estar funcionando bien en el camarón producido en condiciones reales de producción con oscilación mensual de la temperatura de los diferentes lotes a lo largo del año.

Tabla 3. Efecto del mes de inicio del ciclo de producción sobre el Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTT) calculado considerando diferentes valores de temperatura mínima efectiva (0, 16, 18, 20 y 22 °C) en el camarón *Penaeus vannamei*.

Tabla 3. Effect of the month of the beginning of the production cycle on the Thermal Growth Coefficient (CTT) calculated considering different values of minimum effective temperature (0, 16, 18, 20, and 22 °C) in the shrimp *Penaeus vannamei*.

MES	T ^a Media	CTC sin T ^a Efectiva	CTC T ^a Ef. 16°C	CTC T ^a Ef. 18°C	CTC T ^a Ef. 20°C	CTC T ^a Ef. 22°C
Enero	30,3	0,000616 <i>abc</i> ± 0,000020	0,001303 <i>cd</i> ± 0,000049	0,001514 <i>de</i> ± 0,000061	0,001806 <i>def</i> ± 0,000082	0,002239 <i>ef</i> ± 0,000127
Febrero	29,8	0,000579 <i>bc</i> ± 0,0000215	0,001239 <i>d</i> ± 0,000052	0,001444 <i>e</i> ± 0,000065	0,001732 <i>ef</i> ± 0,000087	0,002165 <i>ef</i> ± 0,000135
Marzo	28,9	0,000627 <i>abc</i> ± 0,0000208	0,00139871 <i>bcd</i> ± 0,000051	0,001653 <i>cde</i> ± 0,000063	0,002022 <i>cde</i> ± 0,000084	0,002603 <i>cdef</i> ± 0,000131
Abril	28,2	0,000616 <i>abc</i> ± 0,0000183	0,001424 <i>bdc</i> ± 0,000045	0,001706 <i>bcd</i> ± 0,000055	0,002126 <i>cd</i> ± 0,000074	0,002824 <i>cd</i> ± 0,000115
Mayo	27,4	0,000611 <i>abc</i> ± 0,0000222	0,001465 <i>bc</i> ± 0,000054	0,001777 <i>bc</i> ± 0,000067	0,002260 <i>bc</i> ± 0,000089	0,003111 <i>bc</i> ± 0,000139
Junio	26,7	0,000668 <i>ab</i> ± 0,0000203	0,001680 <i>a</i> ± 0,000049	0,002075 <i>a</i> ± 0,000061	0,002713 <i>a</i> ± 0,000082	0,003930 <i>a</i> ± 0,000127
Julio	26,7	0,000681 <i>a</i> ± 0,0000222	0,001710 <i>a</i> ± 0,000054	0,002111 <i>a</i> ± 0,000067	0,002761 <i>a</i> ± 0,000089	0,004004 <i>a</i> ± 0,000139
Agosto	27,3	0,000646 <i>abc</i> ± 0,0000187	0,001571 <i>ab</i> ± 0,000046	0,001915 <i>ab</i> ± 0,000057	0,002453 <i>b</i> ± 0,000076	0,003425 <i>b</i> ± 0,000117
Septiembre	27,8	0,000636 <i>abc</i> ± 0,0000197	0,001500 <i>bc</i> ± 0,000048	0,001808 <i>bc</i> ± 0,000059	0,002275 <i>bc</i> ± 0,000079	0,003070 <i>bc</i> ± 0,000124
Octubre	28,7	0,000622 <i>abc</i> ± 0,0000248	0,001403 <i>bcd</i> ± 0,000060	0,001665 <i>cde</i> ± 0,000075	0,002048 <i>cde</i> ± 0,000099	0,002661 <i>cde</i> ± 0,000156
Noviembre	29,5	0,000614 <i>abc</i> ± 0,0000187	0,001339 <i>bc</i> ± 0,000046	0,001570 <i>cde</i> ± 0,000057	0,001899 <i>def</i> ± 0,000076	0,002403 <i>def</i> ± 0,000118
Diciembre	30,1	0,000570 <i>c</i> ± 0,0000230	0,001210 <i>d</i> ± 0,000056	0,001408 <i>e</i> ± 0,000069	0,001684 <i>f</i> ± 0,000093	0,002095 <i>f</i> ± 0,000144
Nivel de significación		P=0,00173	P<0,0000	P<0,0000	P<0,0000	P<0,0000
Factor F		2,17	9,52	12,84	17,74	24,25

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas dentro de la misma columna (p<0,05%)

El crecimiento diferencial del camarón alimentado con sistemas acústicos de hidrófonos solo se detecta cuando se utiliza la Tasa de Crecimiento Específica (TCE), y tan solo respecto a la alimentación con equipos temporizados, pero no cuando se analizan los resultados mediante el Crecimiento Diario (CD) o el Crecimiento Térmico (CTC), lo que puede plantear errores de interpretación por falta de significación al considerar diferentes índices de crecimiento. Así, Valle *et al.* (2023) no encontraron diferencias con los citados sistemas de alimentación al considerar el crecimiento semanal, mientras que la mayoría de trabajos (Jescovitch, *et al.*, 2018; Ullman *et al.*, 2019a,b; Reis *et al.*, 2020, 2021) indican que los alimentadores acústicos son más efectivos (mayor peso final y crecimiento en gramos por semana), seguidos por los alimentadores automáticos y la alimentación manual. Estas diferencias entre autores podrían ser debidas al bajo número de alimentadores por hectárea en el estudio de Valle *et al.* (2023) y el presente trabajo.

Debido a que los crustáceos son animales poiquiloterms, es esperable que la temperatura tenga un efecto influyente sobre su crecimiento, por lo que la temperatura óptima para el crecimiento del camarón ha sido objeto de numerosos estudios. En algunos trabajos se ha visto que la temperatura por encima de los 27 °C acorta el periodo de crecimiento tanto en larvas como en juveniles, alcanzando un tamaño mucho mayor en relación a camarones que han sido mantenidos en temperaturas inferiores (Ponce-Palafox *et al.*, 1997; Bureau *et al.*, 2000). Asimismo, Wyban *et al.* (1995) obtuvieron valores óptimos a 30 °C para camarones de pequeño tamaño (< 5 g) mientras que

para ejemplares mayores citaron una temperatura óptima de 27 °C. Mansouri (2013) no citó diferencias en el TCE de camarones de 5 g en biofloc con 28 y 30 °C, pero el crecimiento con 26 °C fue menor, aunque las supervivencias fueron mejores con 26 y 28 °C (72-76%) frente a 30 °C (43%). Recientemente, Araneda *et al.* (2020) obtuvo que la mejor productividad se consiguió con temperaturas por encima de 26 °C. Finalmente, Al-Masqari *et al.* (2021) obtuvieron mejores crecimientos de juveniles de 0,6-3,4 g con incrementos de temperatura de 22, 26 y 30 °C, pero con una reducción de la supervivencia.

En sistemas semi-intensivos de producción la temperatura no es constante, sino que varía a lo largo del día y del ciclo. En este sentido, Guo *et al.* (2010) encontraron un efecto significativo del cambio cíclico de la temperatura diaria en el crecimiento de juveniles del camarón *L. vannamei*, de forma que los ciclos 25 ±2 y 25 ±3 °C originaron mayor crecimiento y eficiencia alimentaria que los ciclos 25 ±1 y 25 ±4 °C, lo que evidencia el efecto negativo de las temperaturas bajas (25±1) y altas (25 ±4 °C), y la necesidad de considerarlas en los modelos de crecimiento.

Asimismo, Abdelrahman *et al.* (2018) estudiaron el crecimiento del camarón *L. vannamei* en estanques de producción comercial, y encontraron que la mayor tasa de crecimiento semanal se produjo cuando las temperaturas del agua fueron de 26-27,5 °C durante un mayor número de horas, lo que explicaría en parte los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Los resultados del presente trabajo indican claramente que los valores de CTC son mayores en los lotes que iniciaron su ciclo en los meses de junio y julio (con temperaturas menores) y menores en enero, febrero y diciembre (con temperaturas mayores) para todas las temperaturas mínimas efectivas ensayadas, y que cuanto más alta sea la temperatura mínima efectiva utilizada para calcular el CTC, menor es la suma de temperaturas efectivas y mayor será dicho valor, lo que se demuestra por la correlación negativa entre CTC y la suma de las temperaturas efectivas del ciclo de crecimiento (Fig. 1).

Los resultados con el resto de los parámetros de crecimiento fueron distintos, pues la TCE apenas presenta diferencias en el mes de agosto que es relativamente menor, y el CD en gramos/día son mayores en octubre, pero sin diferencia con los demás meses a excepción de mayo, lo que podría explicarse por una mayor temperatura durante los meses siguientes a la siembra en octubre (27,1 °C) que en mayo (30,0 °C).

En un trabajo similar al presente (Borbor 2020), se mostró un comportamiento similar entre los valores de CTC y los meses con mayor y menor temperatura, aunque se obtuvieron valores más altos de CTC (con Temperatura Efectiva de 18°C), en torno a 0,00297 frente a 0,00172 en el presente estudio, probablemente debido a diferencias en las condiciones de producción.

Con base en lo mencionado, se podría decir que en este caso, para el camarón *L. vannamei* que es una especie cuyo ciclo de producción dura de tres a cuatro meses, el CTC podría estar fallando por las temperaturas elevadas, ya que al hacer el sumatorio de temperaturas, el valor es muy alto, lo que se ve reflejado en la obtención de un Coeficiente Térmico más bajo, pero sin que esto se traduzca en el crecimiento real, por lo que podría darse el caso de que exista una temperatura máxima que no es efectiva y que podría corregirse en este modelo de crecimiento.

Al estudiar el efecto de la Temperatura Mínima Efectiva (16, 18 y 20 °C) y la Temperatura Máxima Efectiva (24, 26, 28 y 30 °C) se obtiene que para 28 y 30 °C se mantienen los mayores valores de CTC en junio y julio, pero al considerar 24 y 26 °C las diferencias entre los meses desaparecen (Figura 2), no presentando diferencias significativas, para las temperaturas efectivas mínimas de 16, 18 y 20 °C. Considerando la reducción de los valores del Factor F a medida que disminuye la Temperatura Máxima Efectiva, se podría deducir que la modelización del CTC considerando temperaturas mínimas efectivas de 16-18 °C y máximas de 24-26 °C podrían ser las más adecuadas.

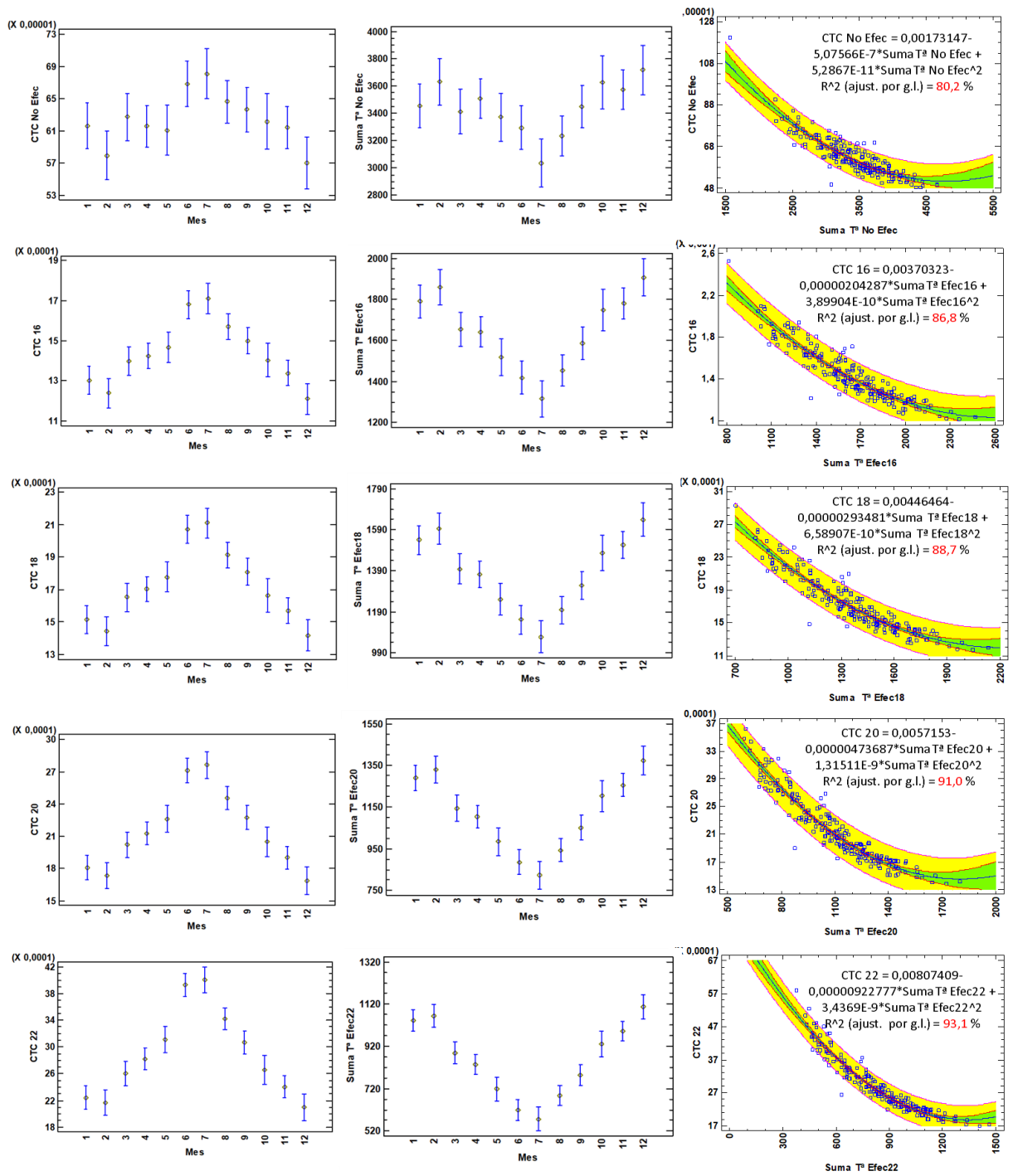


Figura 1. Valores mensuales del CTC, suma de temperatura efectiva y regresiones matemáticas para el CTC y el sumatorio de temperatura, considerando temperaturas efectivas de 16, 18, 20 y 22 °C y sin temperatura efectiva.

Figure 1. Monthly values of the CTC, sum of effective temperature and mathematical regressions for the CTC and the sum of temperature, considering effective temperatures of 16, 18, 20, and 22 °C, and without effective temperature.

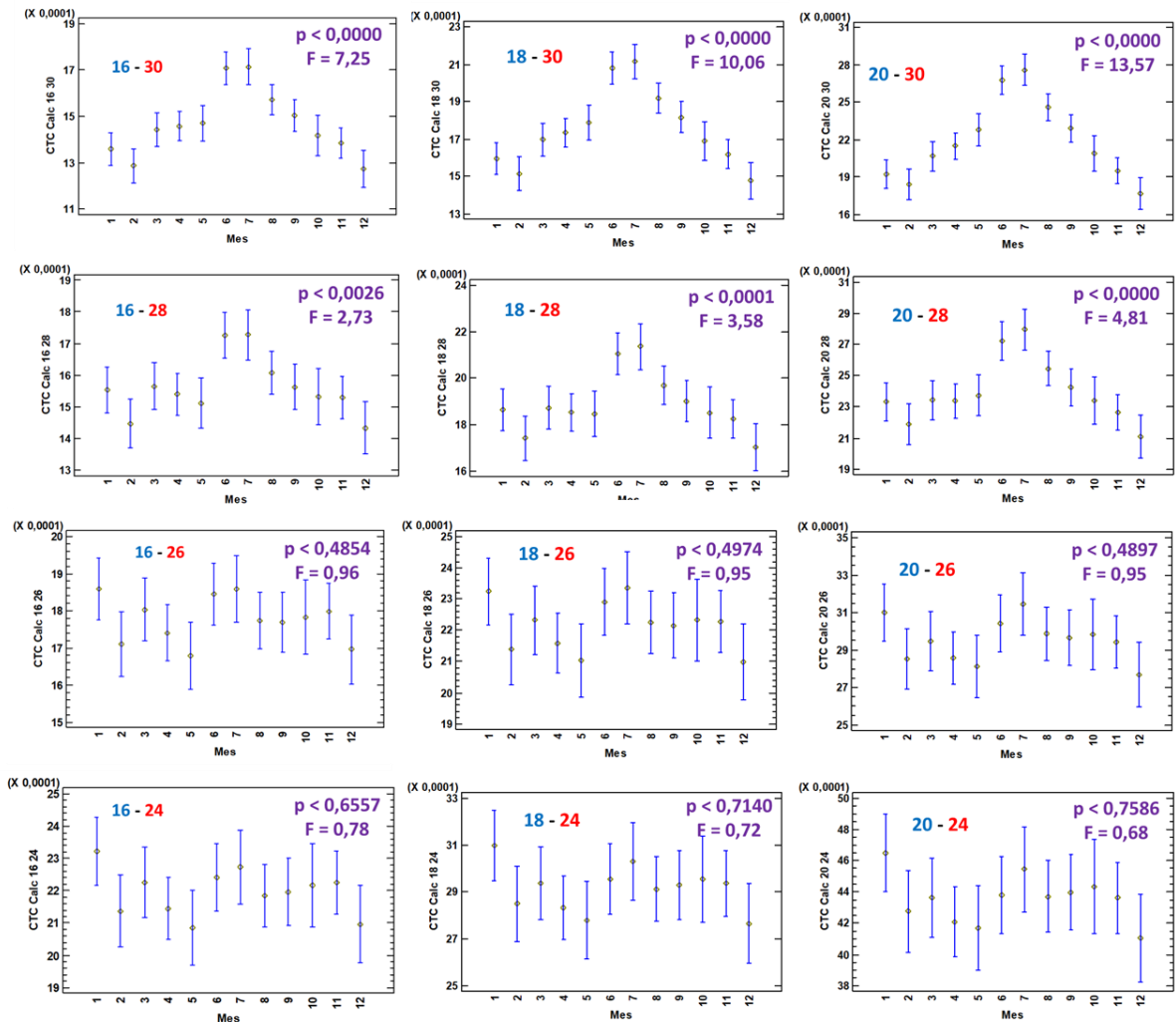


Figura 2. Valores mensuales del CTC, considerando temperaturas mínimas efectivas de 16, 18, 20 °C y sin temperaturas máximas efectivas de 24, 26, 28 y 30 °C

Figure 2. Monthly values of the CTC, considering minimum effective temperatures of 16, 18, 20 °C, and without maximum effective temperatures of 24, 26, 28, and 30 °C.

Se deduce del presente trabajo, que los ciclos de crecimiento con mayor temperatura, no mejoran el crecimiento real de los camarones, por lo que se justificaría el empleo de una temperatura máxima para los modelos de crecimiento.

Comparando los resultados de crecimiento obtenidos por Powell *et al.* (2020) considerando el exponente de peso clásico de 1/3 y sin temperatura mínima efectiva, 0,0012 y 0,0010 para las dos fases, con los del presente estudio, 0,00062, se observa un mayor crecimiento de los camarones en los sistemas intensivos analizados por Powell *et al.* (2020), con una temperatura media de 29,5 °C y 0,34 g/d, frente a los 0,17 g/d en los sistemas semi-intensivos y temperatura media de 28,5 °C del presente estudio.

Finalmente, aunque las camaronerías utilizan la TCE o el CD para evaluar el crecimiento de los camarones, estos no son apropiados para hacer predicciones de crecimiento, fundamentales en los planes de producción para el diseño de nuevas instalaciones, y en la gestión de la biomasa, por lo que se necesita un modelo de crecimiento que permita tales predicciones en condiciones de temperaturas variables. Así, los resultados obtenidos por Powell *et al.* (2020) sugieren que se puede utilizar el Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC) para modelar el crecimiento del camarón, pero considerando varios periodos y exponentes del modelo, a lo que habría que añadir que se debe tener en cuenta que la variación de temperatura puede ser muy limitada en condiciones tropicales, que es donde se encuentran la mayor parte de las granjas, ya que la diferencia de temperaturas medias mensuales

extremas, en muchas ocasiones no llega ni a 3°C, como en el presente estudio, haciéndose necesaria la consideración de una temperatura efectiva mínima y máxima.

CONCLUSIONES

El índice utilizado para evaluar el crecimiento del camarón es muy importante, pues la alimentación con hidrófono produjo una mejor Tasa de Crecimiento Específica, pero sin diferencias con el Crecimiento Diario o el Coeficiente Térmico de Crecimiento. El modelo de crecimiento de CTC podría ser apropiado para el camarón si se considerasen ambas temperaturas efectivas mínimas y máximas, las diferentes fases de crecimiento y los exponentes del modelo, pero se requieren más estudios de campo con datos de pesos a lo largo del ciclo de producción, que confirmen los resultados obtenidos en este trabajo.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Declaración de buenas prácticas con los animales

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

REFERENCIAS

- Abdelrahman H.A., Abebe A., Boyd C.E. (2018). Influence of variation in water temperature on survival, growth and yield of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in inland ponds for low-salinity culture. *Aquaculture Research* 50(2): 658-672. <https://doi.org/10.1111/are.13943>
- Al-Masqari Z.A., Guo H., Wang R., Yan H., Dong P., Wang G., Zhang D. (2022). Effects of high temperature on water quality, growth performance, enzyme activity and the gut bacterial community of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research* 53: 3283-3296. <https://doi.org/10.1111/are.15836>
- Araneda M., Gasca-Leyva E., Vela M.A., Dominguez-May R. (2020). Effects of temperature and stocking density on intensive culture of Pacific white shrimp in freshwater. *Journal of Thermal Biology* 94: 102756. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102756>
- Borbor P. L. (2020). Diseño de Granja Camaronera en Ecuador. Trabajo Fin de Máster, Máster de Acuicultura, Departamento de Ciencia Animal, Universitat Politècnica de Valencia, Comunidad Valenciana, España.
- Bureau D., Azevedo P., Tapia Salazar M., & Cuzón G. (2000). Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. *Memorias del Quinto Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Mérida, México. *Simp. Int. Nutr. Acuic.* V: 111-140.
- Carvajal R., Nebot A. (1998). Growth model for white shrimp in semi-intensive farming using inductive reasoning methodology. *Computers and Electronics in Agriculture* 19: 187-210. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(97\)00043-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(97)00043-4)
- Cho C., Bureau D. (1998). Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources* 11: 199-210. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(98\)89002-5](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)89002-5)
- Estruch V.D., Mayer P., Roig B., Jover M. (2017). Developing a new tool based on a quantile regression mixed-TGC model for optimizing gilthead sea bream (*Sparus aurata*) farm management. *Aquaculture Research* 48: 5901-5912. <https://doi.org/10.1111/are.13414>

- FAO. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Franco A.R., Ferreira J.G., Nobre A.M. (2006). Development of a growth model for penaeid shrimp. *Aquaculture* 259: 268-277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.05.051>
- Guo B., Wang F., Dong S., Dong Y., Tian X. (2010). The effects of cyclical temperature changes on growth and physiological status of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International* 18: 921-932. <https://doi.org/10.1007/s10499-009-9314-y>
- 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. <https://doi.org/10.1111/are.13483>
- Mansouri A. (2013). Effect of temperature and salinity on survival and growth of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931) cultured in biofloc system. Thesis of Master. Pukyong National University. South Korea.
- Mayer P., Estruch V.D., Jover M. (2012). A two-stage model for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) based on the thermal growth coefficient. *Aquaculture* 358-359: 6-13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.016>
- Ponce-Palafox J., Martínez-Palacios C.A., Ross L.G. (1997). The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture* 157: 107-115. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00148-8)
- Powell C.D., Tansil F., France J., Bureau D.P. (2020). Growth trajectory analysis of Pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Comparison of the specific growth rate, the thermal-unit growth coefficient and its adaptations. *Aquaculture Research* 51: 480-489. <https://doi.org/10.1111/are.14391>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734759>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736800>
- Ruiz-Velazco J.M.J, Hernández-Llamas A., Gómez-Muñoz V.M., Magallón F.J. (2010a). Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by white spot disease. *Aquaculture* 300: 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.12.027>
- Ruiz-Velazco J.M.J, Hernández-Llamas A., Gómez-Muñoz V.M. (2010b). Management of stocking density, pond size, starting time of aeration, and duration of cultivation for intensive commercial production of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering* 43: 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.08.002>
- Sánchez I., González I. (2021). Monitoring shrimp growth with control charts in aquaculture. *Aquaculture Engineer* 95: 102180. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102180>
- Ullman C., Rhodes M. A., Hanson T., Cline D., Allen Davis D. (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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.040>
- Ullman C., Rhodes M. A., Allen Davis D. (2019b). Feed management and the use of automatic feeders in the pond

production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 498: 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.040>

Valle J.C., Molina-Poveda C., Jover-Cerdá Miguel. (2023). The effects of manual, time and sound feeding systems on the growth and production of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in semi-intensive farming systems in Ecuador. International Journal of Aquaculture 13(8): 1-14. <https://doi.org/10.5376/ija.2023.13.0008>

Wyban J., Walsh W.A., Godin D.M. (1995). Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture 138: 267-279. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00032-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)00032-1)

