

ISSN: 2773-7349

Sociedad & Tecnología

Revista del Instituto Tecnológico Superior Jubones

2021

Volumen / 4

Número / 3

Septiembre / Diciembre





Manejo estacional de los sistemas de producción de camarón en el Ecuador

Seasonal management of shrimp production systems in Ecuador

Brigitte del Cisne Castillo-Ochoa¹

E-mail: brigittecisne515@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5611-8815>

Patricio Colón Velásquez-López¹

E-mail: colon.velasquez@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3044-920X>

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Castillo-Ochoa, B. del C. & Velásquez-López, P. C. (2021). Manejo estacional de los sistemas de producción de camarón en el Ecuador. *Revista Sociedad & Tecnología*, 4(3), 447-461.

RESUMEN

La producción de camarón en Ecuador se ve afectada por factores como las variaciones de la temperatura ambiente en las estaciones de invierno y verano. El manejo estacional de los sistemas de producción de camarón se examinó aplicando una investigación cuantitativa con evaluaciones de la ganancia de crecimiento semanal y la supervivencia del camarón. La prueba ANOVA identificó diferencias significativas ($p < 0,001$) en el crecimiento semanal del camarón durante las dos temporadas. En invierno, aplicando un sistema de cultivo bifásico, el incremento fue de $1,39 \pm 0,07$ g/semana, obteniendo un peso final de $21 \pm 1,32$ g en 103 días y una producción total de $2004,42 \pm 351,68$ kg/ha. En verano, en un sistema de cultivo trifásico, el incremento fue de $1,21 \pm 0,09$ g/semana, el peso final de $23 \pm 1,16$ g, en 94 días y una producción total de $1625,22 \pm 294,46$ kg/ha. Un sistema de

producción multifase sostuvo la capacidad productiva del camarón durante las bajas temperaturas de la época de verano.

Palabras clave:

Crecimiento, cultivo de camarón, pre-cría, productividad, supervivencia

ABSTRACT

Shrimp production in Ecuador is affected by various factors, such as ambient temperature variations during the winter and summer seasons. The seasonal management of shrimp production systems was investigated applying a quantitative research approach with evaluations of shrimp growth and survival rate. The ANOVA test identified significant differences ($p < 0.001$) in the weekly growth rate of shrimp during the two seasons. In winter, applying a two-phase culture system, the weekly growth rate was 1.39 ± 0.07 g/week, obtaining a final weight of 21 ± 1.32 g in 103 days and a total production of 2004.42 ± 351.68 kg/ha. In

summer, in a three-phase culture system, the weekly growth rate was 1.21 ± 0.09 g/week, and final weight of 23 ± 1.16 g, in 94 days and a total harvest production of 1625.22 ± 294.46 kg/ha. A multi-phase production system sustained the shrimp production capacity during low seasonal temperatures in the summer season.

Key words:

Growth, nursery, shrimp farming, productivity, survival.

INTRODUCCIÓN

La producción del camarón es una actividad que trasciende dentro del mundo de la acuicultura y que enfrenta desafíos globales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016), en el 2014, la producción acuática ascendió a 73,8 millones de toneladas de las cuales 6,9 millones corresponden a los crustáceos superando la captura por pesca industrial.

En el Ecuador, la actividad camaronera comenzó a finales de los años 60 en la provincia de El Oro, convirtiéndose en la década de los 70 y 80 en una de las principales actividades exportadoras en el país, período en que la industria se estableció en todo el territorio costero. Para la década de los 90, la producción disminuyó notablemente debido a diversos factores tales como la sobreoferta mundial, disminución de precios del crustáceo, aumento de costos de producción y la propagación de enfermedades (Ullsco et al., 2021).

A pesar de que los precios del camarón han mostrado inestabilidad, la acuicultura ecuatoriana ha avanzado considerablemente en la producción del camarón. La Cámara Nacional de Acuicultura de El Ecuador (CNA, 2019) reportó que en el 2015 las exportaciones fueron de 327.413.105,9 kilogramos equivalente a \$2.304.901.984; en el 2016

las exportaciones se elevaron a 363.570.336,8 kilogramos equivalente a \$2.455.284.864 y en el 2019 ascendieron a 635.222.899,5 kilogramos equivalente a \$3.652.684.081. Estas cifras explican que el camarón ecuatoriano es una de las especies más exóticas que ha tenido como principal destino de exportación a China y Estados Unidos, por lo cual se pronostica un crecimiento continuo de su producción (Wurman, 2019).

En Ecuador, los sistemas de cultivo tradicionalmente conocidos son el cultivo semi-intensivo e intensivo, los cuales exigen un estricto control y aplicación de métodos adecuados para la producción. Sin embargo, en los últimos años se han propagado sistemas super-intensivos con el uso de invernaderos, donde las producciones ofrecen altos rendimientos con un desarrollo y supervivencia satisfactorios en tiempo y productividad (Muñoz, 2017).

La producción a gran escala del camarón blanco se mantiene en la zona costera ecuatoriana con índices de producción en continuo crecimiento, pero a la vez con preocupación debido a la inestable rentabilidad de esta actividad, marcada principalmente por factores ambientales tales como la temperatura en la época de verano, que incide en la producción obligando a los productores implementar nuevos sistemas de cultivo.

Entre las variaciones climáticas, la temperatura se constituye en uno de los principales elementos que obligan a ejercer innovaciones de manejo en la producción acuícola. Ponce et al. (1997) mencionan que el camarón blanco en la etapa larvaria es relativamente inactivo a 20 °C pero a temperatura de 35 °C consume más alimento y es hiperactivo; por otro lado, cuando se encuentra en etapa juvenil, la temperatura óptima para su desarrollo es de 27 °C. Los investigadores exponen que para un mayor crecimiento y sobrevivencia los factores de temperatura y salinidad están completamente relacionados. Adicionalmente, se ha reportado que, en

etapa juvenil y adulto, las temperaturas superiores a 35 °C son beneficiosas para una mayor propagación de bacterias patógenas e incrementa el índice de mortalidad por hipoxia, presentando un menor rendimiento en las ganancias de producción (Peña & Varela, 2016; Valverde & Varela, 2018).

Los resultados de la investigación de Wang et al. (2019) demostraron que a temperaturas inferiores a 20 °C existen diferentes respuestas fisiológicas, cambios histológicos en el hepatopáncreas, alteración en la concentración de metabolitos plasmáticos y expresión de varios genes que inciden en la asimilación del alimento y el crecimiento.

Por otro lado, Álvarez et al. (2011) reportaron un incremento en el número de días de producción hasta la cosecha en época de temperaturas bajas a 110 días cuando en condiciones normales el cultivo estuvo entre 60 a 90 días hasta la obtención de un peso comercial aceptable, concluyendo que, el camarón blanco en época de frío reduce el consumo de alimento ocasionando reducción en el crecimiento semanal; lo cual también ha sido mencionad por Coello (2020).

En las granjas camaroneras localizadas fuera del Ecuador, como por ejemplo en Brasil, se conoce que la temperatura del agua tiene dominio directo en el metabolismo, supervivencia y crecimiento del animal, habiéndose citado que a temperaturas cerca a los 18 °C el crecimiento se detiene completamente (Krummenauer et al., 2010; Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2021).

A pesar de la preocupación respecto a los cambios ambientales y la producción del camarón, no existe información actualizada sobre el ritmo de crecimiento y desarrollo del camarón en las diferentes condiciones climáticas en El Ecuador. En consecuencia, se necesita de estudios sobre la implementación de estrategias de cultivo que permitan sostener la producción.

La presente investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento del camarón en las épocas de verano e invierno, para determinar diferencias en el tiempo su desarrollo, crecimiento y supervivencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el cumplimiento del objetivo propuesto se desarrolló un estudio descriptivo con enfoque cuantitativo, sustentado en los métodos de observación científica, analítico-sintético y estadístico.

Ubicación y preparación del área de cultivo

El estudio fue realizado en la finca acuícola "Virgen del Carmen", ubicado en el sitio Chalacal, del cantón El Guabo, provincia El Oro, bajo las coordenadas 3° 10' 40.0" S y 79° 54' 58.3" W. El cultivo de camarón se desarrolló contando con las pre-crías (P) o "piscinas para postlarvas" de 0.5 ha a 2.0 ha, y en cuatro estanques de tierra denominadas "piscinas de crecimiento (C) y engorde (E)", cuyo tamaño fluctuó entre 4.25 ha a 8.4 ha. La clase textural predominante del suelo de los estanques es arcilloso-arenoso y el nivel promedio del agua de los estanques es de 1.80 m en mesa y en préstamo 2.50 m (**Figura 1**).



Figura 1. Zona geográfica de la camaronera Virgen del Carmen, en El Guabo, Provincia de El Oro.
Fuente: elaboración propia

El periodo comprendido para la recolección de datos de producción fue desde enero de 2020 hasta abril 2021. La zona presenta un clima mayormente tropical húmedo y el agua tiene una salinidad de alrededor de 10 ppt siendo variable en época de calor por sus eventos climáticos. Para el presente trabajo se combinó la denominación de piscinas según su fase de cultivo con la época del año.

Cultivo del camarón en las dos épocas del año

Los estanques fueron tratados con barbasco para eliminar todo tipo de organismos presentes en los residuos de agua que quedan al final de un cultivo. Posteriormente se fertilizó el suelo del estanque con carbonato de calcio a razón de 250 Kg/ha, 10 Kg/ha de nitrato de sodio y 75 Kg/ha de silicato de calcio. Además, se aplicó semanalmente ácidos orgánicos y suplementos vitamínicos en el alimento en una proporción de 2 a 5 g/Kg de alimento, tanto en las piscinas de engorde como en

las pre-crías y cada 15 días se agregó un consorcio de bacterias HGS-7 bajo las normas del fabricante para sostener la calidad del medio acuático en buenas condiciones.

En la época de invierno, dos piscinas PI1 con 0.5 ha y PI2 con 2 ha de tamaño sirvieron como pre-criaderos. De cada pre-cría se originaron dos piscinas de engorde. Es decir, una pre-cría da lugar a dos piscinas de engorde denominadas EI1 con 4.25 ha, EI2 con 8.4 ha, y otra pre-cría permitió la generación de dos piscinas de engorde denominadas EI3 con 6.4 ha y EI4 con 8.10 ha.

En época de verano las post-larvas de camarón se desarrollaron en una pre-cría de 2 ha (PV1). Posteriormente, el camarón fue sometido a una segunda fase de crecimiento (CV1) en una piscina de 8.4 ha. Finalmente, se cumplió una tercera fase de cultivo del camarón en cuatro piscinas de engorde, denominadas EV1, EV2, EV3 y EV4; tal como se muestra en la **figura 2**

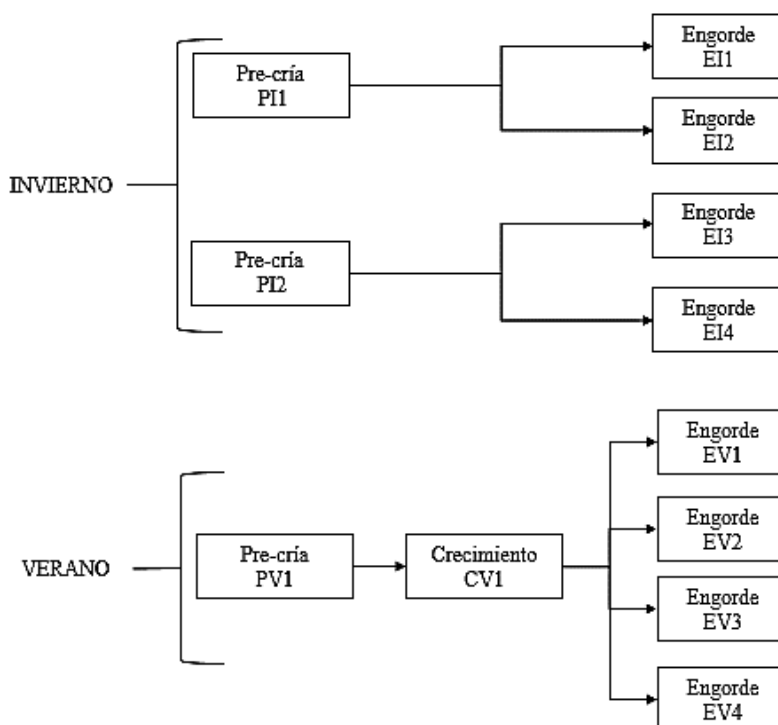


Figura 2. Descripción de las piscinas camaroneras en las diferentes fases de cultivo en época de verano e invierno
Fuente: elaboración propia

Para iniciar el cultivo, las post-larvas fueron obtenidas de varios laboratorios ubicados en la península de Santa Elena. Los nauplios para el desarrollo larval en laboratorio procedieron de una sola planta de maduración del Ecuador. Los resultados de los análisis de Polimeraza Chain Reaction (PCR) realizados en muestras de post-larvas fueron negativos para la detección del Virus de la Mancha Blanca (WSSV) y Virus del Síndrome de Taura (TSV).

El promedio de las densidades de siembra en época de verano fue de 10 animales/m² y en época de invierno fue de 12 animales/m². En la pre-cría, el camarón fue cosechado utilizando una red de 5 mm de ojo de malla. En las piscinas de crecimiento, el camarón fue traslado utilizando una red de 1 cm de ojo de malla. Para las transferencias se utilizaron gavetas de plástico en la que se colocaron aproximadamente 15 Kg de camarón sin agua, realizando el transporte en un tiempo aproximado de 15 segundos hasta que llegue a la piscina destino. El peso del camarón se realizó con una balanza marca

Camry. Previo a la cosecha y transporte se restringió el 50% de la alimentación diaria como estrategia para atraer a los organismos al lugar de cerco. Después se realizó la captura, se pesó y se transfirió en gavetas a la piscina destino. Al ser una granja pequeña, la transferencia de una fase a otra fue a una distancia de aproximadamente 300 metros.

El método de alimentación fue mixto con pienso formulado y mediante la propagación de alimento natural en el estanque. Cuando los animales estaban en la pre-cría se alimentaron por medio del método "al voleo" con una ración diaria según el porcentaje de biomasa mientras que en las piscinas de crecimiento y engorde el método de alimentación fue combinado "al voleo" y comederos, a dos raciones distribuidas en la mañana y en la tarde por seis días consecutivos. El balanceado suministrado presentó un 35% de proteína animal tanto en pre-cría, crecimiento y engorde.

El promedio de peso semanal (PPS) fue calculando el peso total de los organismos

(PT) y dividido para el número de organismos (#org).

$$PPS = PT / \#org$$

Para obtener el incremento de peso semanal (IPS), se restó el valor del peso promedio semanal de la semana posterior con el valor de la semana anterior.

$$IPS = PPS\ 2\ (g) - PPS\ 1\ (g)$$

Para obtener el porcentaje de supervivencia final (%S) de una piscina se tomó en cuenta la población que se sembró al inicio (Pi) y la población final (Pf) que se cosechó al término de cada periodo de cultivo.

$$\%S = Pf \times 100 / Pi$$

Para cada piscina de crecimiento y engorde se dispuso de cuatro aireadores mecánicos que fueron encendidos siempre que los niveles de oxígeno descendían por debajo de 3 mg/L. Aproximadamente el 10% del agua fue recambiada de manera diaria en fase de crecimiento y en piscinas de engorde, se mantuvo el 25% de recambio de manera diaria durante todo el cultivo. Diariamente se controló el oxígeno disuelto con el equipo YSI Pro 20 cada 3 horas desde las 18h00 hasta 05h00.

Tabla 1. Parámetros estadísticos de la época de invierno y verano durante Pre-cría, Crecimiento, Engorde

Parámetros	Invierno		Verano		
	Pre-cría Promedio \pm D.E.	Engorde Promedio \pm D.E.	Pre-cría Promedio \pm D.E.	Crecimiento Promedio \pm D.E.	Engorde Promedio \pm D.E.
Población inicial (#org)	1775000	834840	3500000	3000000	685000
Población final (#org)	1669681	669753	3000000	2740000	519946
Supervivencia (%)	94,06%	79,30%	85,71%	91,31%	75,30%
Tiempo de cultivo (días)	24,5 \pm 4	103,3 \pm 6,7	21 \pm 0	38,5 \pm 9	94,5 \pm 17,6
Peso inicial (g)	0,005 \pm 0,002	1,62 \pm 0,55	0,005 \pm 0	0,40 \pm 0,19	4,14 \pm 1,39
Peso final (g)	0,44 \pm 0,21	21 \pm 1,32	0,1 \pm 0,02	2,65 \pm 0,58	23,5 \pm 1,16
Incremento de peso semanal (g)	0,12 \pm 0,06	1,39 \pm 0,07	0,03 \pm 0,005	0,62 \pm 0,02	1,58 \pm 0,16

Fuente: elaboración propia

En la época de invierno, la fase de pre-cría completó 3 semanas en PI1 y 4 semanas en PI2 con ligeras diferencias en el tiempo de cultivo entre las dos pre-crías. En la fase de engorde, la piscina EI1 tuvo 14 semanas, la EI2 fue de 16 semanas, EI3 con 14 semanas y EI4 con 15 semanas, es decir que también hubo ligeras diferencias

Análisis estadístico

Los resultados de incremento de peso semanal en los camarones se analizaron en el programa IBM SPSS Statistics, mediante un Análisis de Varianza con una confiabilidad del 99,9%, a fin de determinar diferencias significativas entre el crecimiento de los camarones cultivados en las épocas de verano e invierno.

RESULTADOS

En este acápite se analizan los resultados; estos se expresan a través de tablas y gráficos estadísticos.

Desarrollo y supervivencia del camarón

La tabla 1 muestra los resultados generales de tiempo de cultivo, supervivencia, crecimiento del camarón en la época de invierno (pre-cría y engorde) y en la época de verano (pre-cría crecimiento y engorde). El oxígeno disuelto en el agua fluctuó alrededor de 4 mg/L en todas las fases de cultivo y en las dos épocas.

en el tiempo de cultivo de cada piscina de engorde. Las piscinas que se transfirieron primero fueron las que tuvieron el camarón más grande mientras que, las últimas llegaron al tamaño de transferencia en un periodo ligeramente diferente. La población inicial en la fase de pre-cría en invierno fue de 71 animales/m² y en la fase de engorde la densidad se redujo aproximadamente a

12 animales/m². La supervivencia en la fase de pre-cría fue mayor a comparación de la fase de engorde.

En época de verano la primera fase de cultivo de camarón se desarrolló en un sistema de pre-cría de 2 ha (PV1) durante 3 semanas. La fase de crecimiento se desarrolló en piscinas más grandes que las pre-crías, donde el camarón permaneció entre 4 a 7 semanas en la piscina CV1. Posteriormente, el camarón de la piscina de crecimiento fue transferido a piscinas de engorde cuyo traslado hacia las piscinas de engorde duró 4 semanas. Es decir, se realizó un traslado paulatino del camarón. Para engorde se utilizó cuatro piscinas denominadas EV1, EV2, EV3 y EV4. En esta fase final, EV1 se mantuvo por 10 semanas, EV2 por 16 semanas, y EV3 y EV4 con un tiempo de 14 semanas. La

población inicial en la fase de pre-cría en época de verano tuvo un promedio de alrededor de 175 animales/m², en la fase de crecimiento fue de alrededor de 36 animales/m² mientras que en la fase de engorde la densidad alcanzó aproximadamente a 10 animales/m². De acuerdo con las poblaciones registradas, la supervivencia en la época de verano fue diferente entre las tres fases de cultivo, siendo la fase de crecimiento la que más alta supervivencia registró y la fase de engorde la que tuvo menor supervivencia.

Crecimiento del camarón

En la siguiente figura 3A y 3B se muestran el peso promedio semanal del camarón donde se observa el crecimiento en cada fase de cultivo para la época de verano e invierno.

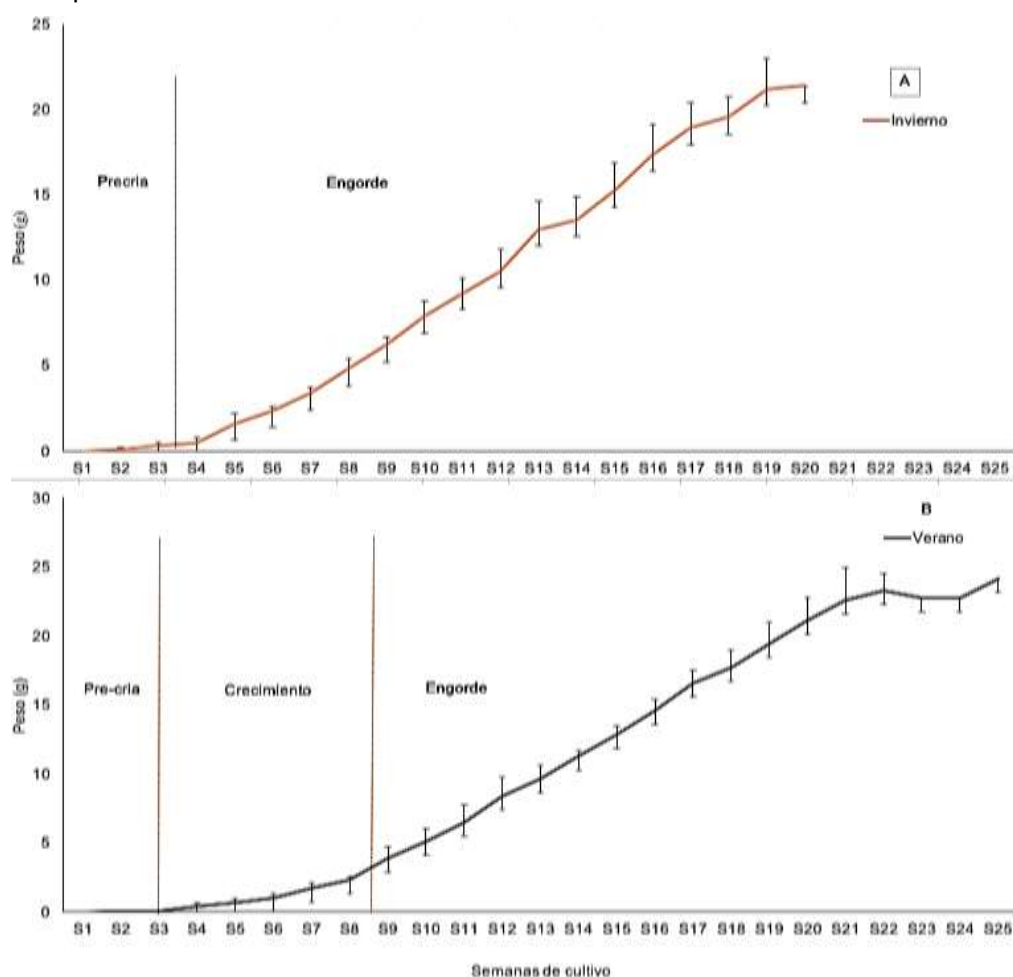


Figura 3. Peso promedio semanal del camarón durante la época de invierno en dos fases de cultivo Pre-cría, Engorde (A) y durante la época de verano en tres fases de cultivo Pre-cría, Crecimiento, Engorde (B)
Fuente: elaboración propia

En la época de invierno el peso del camarón se registró a partir de la siembra de post-larva con un peso promedio de 0,005 g (Figura 3A). En la segunda semana, el peso de las post-larvas ascendió a 0,16 g con un incremento de 0,15 g/semana. En la fase de pre-cría el camarón finalizó su etapa con un peso de 0,44 g y un incremento semanal de 0,12 g. En la fase de engorde, el peso obtenido a cosecha fue de 21 g, con un incremento semanal de 1,39 g. El promedio de incremento semanal de peso desde la siembra hasta la cosecha en la época de verano fue de 1,21 g con una desviación estándar de 0,85 g.

En la época de verano el registro de crecimiento se inició con la siembra de post-larvas con un peso promedio de 0,005 g. En la segunda semana, el peso fue de 0,04 g con un incremento de 0,03 g/semana (Figura 3B). El promedio de incremento semanal de peso en la fase de pre-cría fue de 0,03 g llegando a un peso final de 0,10 g. En la fase de crecimiento, el incremento semanal de peso fue de 0,62 g obteniendo un peso final de 2,65 g. En la fase de engorde, el incremento semanal de peso fue de 1,58 g obteniéndose finalmente un peso de cosecha de 23,5 g. El promedio del incremento semanal de peso desde la siembra hasta la cosecha del cultivo en época de verano fue de 1,11 g/semana con una desviación estándar de 0,85 g/semana.

La producción final de cosecha del camarón en época de verano fue de 1625,22 Kg/ha con un peso final a la pesca de 23 g y con 94 días de fase de duración de la fase de engorde. En invierno la producción final superó a 2004,42 Kg/ha con un peso de 21 g y 103 días de engorde final. El análisis de varianza para el incremento de peso semanal entre las dos épocas del año presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$).

DISCUSIÓN

El presente estudio identificó que el cultivo del camarón en granjas de producción se adapta a las condiciones del clima. En la

época de invierno, el cultivo del camarón se desarrolló en dos fases (bifásico) con piscinas de pre-cría y engorde, en cambio en la época de verano el cultivo se desarrolló en un sistema de tres fases (trifásico) con piscinas de pre-cría, crecimiento y engorde.

Las temperaturas de agua del 2020-2021 de este sector en época de invierno (I) fueron de 27 °C y en época de verano (V) fueron de 24 °C (INOCAR, 2021). El camarón alcanzó un tiempo de cultivo y crecimiento aceptable en ambas épocas. Sin embargo, los resultados evidencian que la época de invierno registró mejor incremento de peso semanal en comparación con la época de verano. El camarón es susceptible a cualquier variación ambiental, y los cambios de temperatura afectan el crecimiento, muda y sobrevivencia de modo que se extiende el tiempo de cultivo y disminuye el rendimiento en la producción (Abad et al. 2011; Chalén, 2006). Abdelrahman et al. (2018) indica que con temperaturas de 30 y 31 °C el rendimiento productivo fue mayor; pero, cuando experimentaron a 33 °C el crecimiento semanal, la supervivencia y el FCA tendieron a ser peores. Por otro lado, Islam et al. (2018) concluyen que las temperaturas óptimas para un crecimiento adecuado son de 20 a 25 °C y que valores mayores de los parámetros indicados pueden provocar mortalidad y propagación de enfermedades.

Al comparar el tiempo del cultivo en las dos épocas, se encontró que en la época de verano la producción se completó en un tiempo de cultivo de 22 semanas desde la fecha de siembra en pre-cría hasta la cosecha mientras que, en época de invierno, el camarón se mantuvo en cultivo por 18,5 semanas. Las diferencias estadísticas ($p < 0,001$) encontradas para la ganancia de peso semanal ocurrieron posiblemente debido a que en invierno el crecimiento era mayor por las condiciones climáticas favorables, es decir altas temperaturas que contribuyen al crecimiento. Sin embargo, el incremento continuo de peso no mostró diferencias

significativas para las dos épocas estudiadas.

En la fase de pre-cría se encontró que en la época de invierno existió mayor supervivencia a comparación de la época de verano. La fase de pre-cría mejoró la adaptación del camarón a la sub-siguiente fase de cultivo, ofreció mejor control de la mortalidad y permitió conocer con mayor certeza la cantidad de animales en el estanque, aumentando la resistencia a enfermedades (Ching, 2014; Fóes et al., 2016).

El tiempo de desarrollo en la fase de pre-cría fue similar para las dos épocas del año, puesto que las post-larvas se mantuvieron entre 3 a 4 semanas en sistemas de cultivo controlados. La población de siembra fue mayor en la pre-cría de la época de verano debido a que todo el camarón fue distribuido en las cuatro piscinas de engorde reduciéndose la densidad de cultivo aproximadamente a 10 animales/m². En la pre-cría de la época de invierno la población de siembra fue menor en aproximadamente 30% puesto que el camarón se distribuyó en dos piscinas de engorde por cada pre-criadero, alcanzando una densidad aproximadamente de 12 animales/m², razón que explica la mayor supervivencia registrada en la fase de pre-cría de la época de invierno. En particular se aprecia que, ante los cambios de temperatura, la fase de pre-cría de verano no se extiende en tiempo cuando este parámetro desciende, pero se complementa con una fase intermedia de cultivo denominada de crecimiento.

En la fase de engorde se determinó que el tiempo de cultivo fue diferente para las dos épocas del año. En invierno, el tiempo de cultivo en la fase final se extendió a 14,7 semanas hasta la obtención de camarones de 21 g listos para la comercialización. Mientras que en verano después de la fase de pre-cría los camarones pasaron por dos fases sucesivas, la de crecimiento con 5,5 semanas, para luego ser transferidos a una fase de engorde final hasta obtener la talla ideal a cosecha en un peso de 23,5 g y 13,5

semanas de tiempo de desarrollo. En tal sentido, en la época de invierno la supervivencia de la fase de engorde fue relativamente menor a la fase de crecimiento de verano, pero ligeramente superior a la fase final de esta época.

Estudios similares indican que la supervivencia es dependiente de la densidad y sugieren que en la época de verano el número de organismos por área de cultivo se debe reducir, lo cual explica las diferencias en supervivencia y desarrollo entre las dos épocas (Aragón et al., 2000). En este trabajo la supervivencia final en época de verano fue menor a la época de invierno.

Según información recibida del técnico en producción de la camaronera explorada, las conversiones de alimento en la época de verano se mantuvieron en una relación aproximada de 1,9 - 2,5:1. En cambio, en invierno la conversión alimenticia estuvo aproximadamente entre 1,4 - 1,7:1. Mayor cantidad de alimento fue usado en la época fría que en la época caliente. Es decir que, si bien el crecimiento y desarrollo fue controlado con la transferencia en diferentes fases de cultivo, no fue posible mantener una conversión de alimento aceptable en la época de verano, posiblemente se deba a la poca experiencia que se tenía con el sistema trifásico; esto causó el incremento en los costos y mayor cantidad de desecho orgánico en el estanque. Para futuros estudios se recomienda analizar la dosificación y consumo diario de alimento en las distintas épocas del año.

Independientemente de la época de cultivo, parece ser que la transferencia de una fase a otra estimula el crecimiento en el camarón (Ching, 2014; Fóes et al., 2016), lo cual posiblemente se deba a la existencia de un ecosistema renovado para el cultivo al ser transferidos de una piscina a otra. Teniendo en cuenta que en verano el crecimiento es lento en un sistema bifásico, el productor camaronero aplicó el sistema de tres fases para obtener un aceptable crecimiento. Se detectaron

fluctuaciones de crecimiento más pronunciadas en la época de verano en comparación a la de invierno, posiblemente debido a la transferencia sucesiva hasta llegar a la etapa de engorde. En la época de verano, el camarón se transfirió a la última fase con un incremento de peso de alrededor de 1,58 g/semana en etapa de engorde final. Por otro lado, en la época de invierno, en la misma etapa de engorde final se mantuvo un incremento de peso de alrededor de 1,39 g/semana. Estas diferencias posiblemente ocurrieron por las transferencias de la época de verano con tres renovaciones del ecosistema de cultivo, aunque tuvieron la desventaja de bajas temperaturas.

Implicaciones en la rentabilidad del cultivo

Para el productor camaronero, cuando aplica el sistema de transferencias múltiples, el tiempo de cultivo tiene un nuevo inicio en cada fase (día 1/semana 1). Por ejemplo, en el presente estudio se observó que el sistema trifásico permitió reducir el tiempo de utilización de las piscinas facilitando una mayor rotación anual de los estanques de cultivo, lo cual consecuentemente aumenta la rotación financiera y permite dinamizar las proyecciones económicas del cultivo del camarón (Valverde & Alfaro, 2014).

Al comparar la producción final de cosecha del camarón en época de verano y de invierno se registró una diferencia de producción de alrededor del 18%. Asimismo, el tiempo de cultivo para la época de invierno y verano tuvo una diferencia de alrededor del 9%. A pesar de que el peso final fue menor en la época de invierno, se demuestra que la capacidad productiva en términos de biomasa final por área de cultivo es mejor en esta época cuando predominaron altas temperaturas.

Cabe señalar que el cultivo en la fase de engorde de la época de invierno se extendió en comparación con el tiempo de cultivo en la época de verano, por lo cual en futuros estudios se recomienda analizar la rentabilidad económica de cada época.

Es importante obtener mayor producción de camarón medida en la cantidad de kilogramos cosechados, sin embargo, se debe tomar en cuenta factores económicos que conlleva la práctica de técnicas bifásicas y trifásicas midiendo su rendimiento. En las granjas de camarón, la factibilidad del negocio se mide por el tiempo de cultivo, talla comercial y costos operativos. Si el costo de cada kilogramo de producto final es menor en comparación al precio de venta del producto final, entonces se puede obtener un margen de ganancia económica en un tiempo aceptable (Valverde y Alfaro, 2014). El fin de la metodología de múltiples fases con técnicas de transferencias, es reducir al máximo posible el tiempo de cultivo y renovación rotativa de los estanques, para de esa forma mejorar las condiciones ambientales de cultivo e incrementar los ciclos anuales.

Los resultados de la presente investigación concuerdan con otros estudios realizados en otras localidades y zonas geográficas; por ejemplo, Costa (2018) reportó que en Brasil se implementaron estrategias de cultivo bifásico y trifásico en sistemas intensivos y super-intensivos para promover un cultivo más eficiente y adaptable a los cambios climatológicos. De acuerdo a Rugama y Martínez (2015), el modelo bifásico (pre-cría a engorde) es más factible para producción que el modelo de siembra directa, debido a que compensa más biomasa en poco tiempo de cultivo; sin embargo, afirma que el mismo efecto se refleja en el modelo trifásico (pre-cría, crecimiento y engorde) donde ciclos de cultivo más cortos permiten un crecimiento acelerado en el tamaño del camarón.

El sistema bifásico es muy común en Ecuador, siendo actualmente utilizado por pequeños y grandes productores. Este sistema consiste en transferir camarón de menos de un gramo desde un "pre-criadero" a la piscina de desarrollo final (Chávez, 2004). El sistema trifásico está en auge en la época de verano (frío), permitiendo controlar mejor la población en cultivo en cada fase. Según la literatura

y entrevistas con profesionales del área, se identifican dificultades de manejo y transferencias para obtener mayor crecimiento en verano, por tanto, el sistema trifásico tiene como objetivo mejorar la dinámica del estanque por medio de tres fases: siembra en pre-crías hasta 20 días y fases sucesivas de crecimiento y engorde. En la pre-cría, Piedrahita (2003) explica que este periodo puede ser hasta 30 días, dependiendo de la capacidad de carga del estanque. La segunda fase es transferir de la pre-cría a la piscina de crecimiento por un periodo de hasta 30 días y, por último, la tercera fase, donde se transfiere de la piscina de crecimiento a la piscina de engorde hasta obtener un camarón de talla comercial.

El modelo trifásico no ha sido mayormente aplicado en las granjas del Ecuador dado que la técnica de cultivo es laboriosa y dependiendo del tamaño del organismo y distancias a transferir, puede causar estrés en el camarón, por lo cual se considera de alto riesgo en comparación con el modelo bifásico (Valverde & Alfaro, 2015). Los modelos de cultivo bifásico y trifásico ajustados a las dos épocas del año del Ecuador y cambios estacionales de temperatura tienen un comportamiento diferente debido a que la producción está sujeta al tiempo de cultivo, tasa de sobrevivencia y crecimiento, lo cual exige mayor cuidado y control del cultivo (Antón & Zurita, 2000; Coello, 2020).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, los resultados demostraron diferencias en el tiempo de cultivo del camarón en la época de verano y la época de invierno. En la época de verano, la producción se completó en 22 semanas de cultivo, el peso final para cosecha fue de 23,5 gramos con un incremento de los 1,11 gramos/semana y una supervivencia de 75,3%. En época de invierno los resultados fueron ligeramente diferentes, se redujo a 18,5 semanas de cultivo, el peso final fue de 21,05 gramos con un incremento de 1,21 gramos/semana y una supervivencia de 79,31%.

Los sistemas aplicados en cada época reflejaron semejanza en el incremento de peso semanal a pesar de las diferentes temperaturas en las dos épocas, pero se determinaron diferencias en el tiempo de cultivo y en la producción final. Es necesario recalcar que la diferencia mínima en el incremento semanal en el sistema de tres fases fue de 8,27% menor en comparación con el sistema de dos fases. La época de frío tiene incrementos semanales similares a la época de calor, debido a la siembra a menor densidad y a una compensación de crecimiento causado en las transferencias en distintas fases.

Aunque en el presente trabajo no se analizan los costos de producción, los resultados de esta investigación demuestran que el cultivo del camarón en la zona sur del Ecuador en la época invernal de calor con dos fases de cultivo se obtuvo una menor conversión de alimento y mejor ganancia en peso con un menor tiempo de cultivo, sin embargo en la época de verano, el sistema trifásico permite mantener la producción y contrarrestar los efectos de las bajas temperaturas, es decir que el sector camaronero ecuatoriano busca adaptarse a las condiciones de cambio climático mediante innovadoras estrategias y técnicas de cultivo.

LIMITACIONES Y ESTUDIOS FUTUROS

La principal limitación del estudio radicó en la insuficiente observación de factores económicos relacionados con el cultivo del camarón. En futuros estudios se sugiere analizar la rentabilidad económica de cada época para determinar el rendimiento productivo.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a los propietarios y técnico de producción de la camaronera "Virgen del Carmen" por haber permitido recolectar información de los cultivos para la presente investigación, como también a los revisores anónimos por sus valiosas contribuciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, S., Betancourt, M., Vargas, F. & Roque, A. (2011). Interacción de factores físicos, químicos y biológicos en el cultivo de camarón. *Avances en Acuicultura y Manejo Ambiental*, 151-164.
- Abdelrahman, H., Abebe, A. & Boyd, C. (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.
- Álvarez, S., Sorí, M., Pelegrin, E. & Galindo, J. (2011). Conducta alimentaria del camarón *Litopenaeus vannamei* durante la época invernal en estanques de tierra. (Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias), 1-3.
- Antón, H. & Zurita, G. (2000). Análisis Estadístico de la producción camaronera del Ecuador. (Tesis de grado). <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4103>
- Aragón, E., Córdova, J., Trías, H. & García, A. (2000). Efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. *Ciencia Pesquera*, 14, 39-46.
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2019). Estadísticas CNA / Análisis de las Exportaciones de camarón. <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Chalén, D. (2006). Evaluación de una estrategia de manejo de cultivo intensivo del *Litopenaeus vannamei*. (Tesis de grado). <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/39767>
- Ching, C. (2014). Manejo de raceways y/o pre-crías en el cultivo del camarón marino. *Presentación en Power Point*. Nicovita-VITAPRO. Tumbes, Perú.
- Chávez, D. M., Calvario, M. O., Montoya, R. L. (2004). *Buenas Prácticas de Manejo para el Cultivo de Camarón*. (Taller de Revisión del Estudio Relaciones entre Acuicultura y Salud Humana). https://www.crc.uri.edu/download/36_Mzt_2004_Chavez_rev.pdf
- Coello, J. (2020). *Evaluación económica del camarón (Litopenaeus vannamei) en el sistema de transferencia con pre-cría en la parroquia Tenguel, provincia de Guayas*. (Trabajo de grado). Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15510>
- Costa, M., J. (2018). *Cultivo do camarão marinho Litopenaeus vannamei em sistema intensivo e semi-intensivo na fazenda Aquarium Aquicultura do Brasil Ltda*. (Tesis de licenciatura). UFRPE. <https://repositorio.ufrpe.br/handle/123456789/1327>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016*. <http://naval582.com/pesca/pdf/informe.pesca.fao.pdf>
- Fóes, G., Krummenauer, D., Lara, G., Poersch, L. & Wasielesky, W. (2016). Long term storage and the compensatory growth of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in aquaculture ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(3), 588-594. doi: <https://doi.org/10.3856/vol44-issue3-fulltext-17>
- Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada. (2021). *Temperatura Superficial del mar*. <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php>
- Islam, A., Akber, A., Ahmed, M., Rahman, M. & Rezaur, R. (2018). Climate change adaptations of shrimp

- farmers: a case study from southwest coastal Bangladesh. *Climate and Development*, 11(6), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1442807>
- Krummenauer, D., Cavalli, R., Ballester, E. & Wasielesky, W. (2010). Feasibility of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. *Aquaculture Research*, 41(2), 240-248. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02326.x>
- Ponce, J., Martinez, C. & Ross, L. (1997). The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 157(1-2), 107-115. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00148-8)
- Muñoz, G. & Cardenas, M. (2017). "Evaluación de la calidad del agua y sedimento de piscinas camaroneras durante un ciclo productivo del cultivo semi-intensivo en la Parroquia Cojimíes, Cantón Pedernales, Provincia de Manabí, Ecuador". (Tesis de licenciatura). UEES. <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/2181>
- Peña, N. & Varela, A. (2016). Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas en el camarón blanco *Penaeus vannamei* cultivado en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(3), 553-564. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572016000300007>
- Piedrahita, R. (2003). Reducing the potencia environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, 226(1-4), 35-44. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00465-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00465-4)
- Rugama, J. & Martínez, E. (2015). Comparación del crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* bajo dos condiciones de cultivo: uno en siembra directa y el otro por fases (invernadero, pre-cría). *Universita Journal*, 6(1), 95-102. <http://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/revistauniversita/article/view/137>
- Ullsco, E., Garzón, V., Quezada, J. & Barrezueta, S. (2021). Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero, periodo 2015-2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 112-119. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/418>
- Valverde, J. & Alfaro, J. (2014). Productividad y rentabilidad del cultivo de camarones marinos en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Journal of Marine and Coastal Sciences*, 6, 37-53. <http://hdl.handle.net/11056/19899>
- Valverde, J. & Alfaro, J. (2015). Crecimiento compensatorio y producción en las fases de pre-cría, pre-engorde y engorde comercial del camarón blanco, *Litopenaeus vannamei*, en Costa Rica. *Journal of Marine and Coastal Sciences*, 7, 99-115. doi: <https://doi.org/10.15359/revmar.7.7>
- Valverde, J. & Varela, A. (2018). Cultivo comercial de camarones *Litopenaeus vannamei* en Costa Rica durante El Niño 2015: incidencia de enfermedades. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(1), 188-204. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14187>

Wang, Z., Qu, Y., Yan, M., Li, J., Zou, J. & Fan, L. (2019). Physiological responses of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vanamei* to temperature fluctuation in low-salinity water. *Frontiers in physiology*, 10, 1025. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01025>

Wurman, G. (2019). Aquaculture in Latin America and the Caribbean: Progresses, opportunities and challenges. *Aquatechnica*, 1, 1-21.

CONTRIBUCIÓN DE LOS COAUTORES

La autora Brigitte Castillo Ochoa tuvo a su cargo el diseño de la investigación, la recogida de la información y la redacción del informe final, mientras que, Patricio Colón Velásquez se responsabilizó con la búsqueda y estudio de investigaciones similares, el procesamiento de la información y la redacción del informe final.

Breves datos biográficos de los autores

Brigitte del Cisne Castillo Ochoa

Estudiante de Ingeniería Acuícola por la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Línea de interés: producción acuícola y sustentabilidad.

Patricio Colón Velásquez López

Doctorado en The University of British Columbia, Canada. Investigador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Línea de interés: recursos acuáticos, mineralogía y sostenibilidad.