



Acta Pesquera

Volumen 12, No. 23

ISSN: 2395-8944

Periodo: Enero - Junio 2026

Universidad Autónoma de Nayarit

Escuela Superior de Ingeniería Pesquera

Pp. 1 - 15

Recibido: mayo 12 2026

Aceptado: junio 25 de 2026

DOI: 10.60113/ap.v12.i23.165

Efecto de las variaciones de la temperatura y del oxígeno disuelto sobre el crecimiento y la mortalidad de *Penaeus vannamei* en sistemas de producción intensiva.

Effect of Temperature and Dissolved Oxygen Variations on the Growth and Mortality of *Penaeus vannamei* in Intensive Production Systems.

Stefany Lucia López-Delgado, ENIP -UAN,
19020061@uan.edu.mx, (<https://orcid.org/0009-0002-9416-3136>)

Nallely Estrada-Perez, ENIP -UAN,
nallely.estrada@uan.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0003-3343-3147>)

Elifonso Isiordia-Perez, elifonso@uan.edu.mx, ;ENIP -UAN,
(<https://orcid.org/0000-0002-6821-123X>)

Javier M.J. Ruiz-Velazco*, ENIP -UAN, marcialj@uan.edu.mx
(<https://orcid.org/0000-0003-1193-2164>)



La distribución de este artículo es bajo la
Licencia de Reconocimiento- No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

Efecto de las variaciones de la temperatura y del oxígeno disuelto sobre el crecimiento y la mortalidad de *Penaeus vannamei* en sistemas de producción intensiva

Effect of Temperature and Dissolved Oxygen Variations on the Growth and Mortality of *Penaeus vannamei* in Intensive Production Systems.

Stefany Lucia López-Delgado, ENIP –UAN, 19020061@uan.edu.mx, (<https://orcid.org/0009-0002-9416-3136>); Nallely Estrada-Perez, ENIP –UAN, nallely.estrada@uan.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0003-3343-3147>); Elifonso Isiordia-Perez, elifonso@uan.edu.mx, ;ENIP –UAN, (<https://orcid.org/0000-0002-6821-123X>); Javier M.J. Ruiz-Velazco*, ENIP –UAN, marcialj@uan.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0003-1193-2164>)

*Autor de correspondencia: marcialj@uan.edu.mx

RESUMEN

En esta investigación, se evaluó la influencia de las variaciones de la temperatura y el oxígeno de camarón en los parámetros de crecimiento y mortalidad de *Penaeus vannamei* en granjas comerciales intensivas. Para ello, se utilizaron bases de datos aportados por productores de Nayarit que contenían datos de crecimiento y supervivencia, así como valores promedio de temperatura (T) y oxígeno disuelto en el agua (O). El efecto de las variaciones de la temperatura (DT) y el oxígeno disuelto (DO) en el agua (diferencias entre la mañana y la tarde), se analizó mediante correlación y modelos de regresión lineal simple en la tasa de crecimiento semanal (TCS), tasa instantánea de mortalidad (z) y peso final del camarón (W_f). Los resultados indicaron que TCS se relacionó directamente con DT ($p=0.10$) y DO ($P < 0.05$), así mismo, z se correlacionó negativamente con DO . En cuanto a las correlaciones con T y O , TCS se relacionó directamente con O y T , mientras que z se inversamente con T . W_f se correlacionó directamente con ambas variables. Cuando se usaron los modelos de regresión lineal simple, TCS aumentó conforme se incrementaron DT y DO , mientras que z se incrementó a menores valores de DT . Cuando se utilizaron los modelos de regresión lineal simple con TCS , z y W_f con los valores T y O , se encontró que la TCS se incrementó conforme aumentó T y O , z disminuyó con altos valores de T , y W_f aumentó conforme se incrementaron los valores T y O . Se concluye que conforme aumentan DT y DO , mayores son TCS y menores los valores de z y consistentemente, a mayores valores de T y O mayores fueron TCS y W_f y menores los valores de z .

Palabras clave: Diferencias de oxígeno, Diferencias de temperatura, Modelos de regresión lineal.

SUMMARY

In this study, we evaluated the influence of variations in temperature and dissolved oxygen on the growth and mortality parameters of *Penaeus vannamei* in intensive commercial farms. To this end, databases provided by producers in Nayarit were used, containing data on growth and survival, as well as average values for temperature (T) and dissolved oxygen (O) in the water. The effect of variations in water temperature (DT) and dissolved oxygen (DO) in the water (differences between morning and afternoon) was analyzed using correlation and simple linear regression models for the weekly growth rate (TCS), instantaneous mortality rate (z), and final shrimp weight (W_f). The results indicated that TCS was directly related to DT ($p=0.10$) and DO ($P < 0.05$); likewise, z was negatively correlated with DO . Regarding correlations with T and O , TCS was directly related to O and T , while z was inversely related to T . W_f was directly correlated with both variables. When simple linear regression models were used, TCS increased as DT and DO increased, while z increased at lower DT values. When simple linear regression models were applied to TCS , z , and W_f in relation to T and O , it was found that TCS increased as T and O increased, z decreased at high values of T , and W_f increased as T and O increased. It is concluded that as DT and DO increase, TCS increases and z decreases; consistently, as T and O increase, TCS and W_f increase and z decreases.

Keywords: Oxygen differences, Temperature differences, Linear regression models.



La distribución de este artículo es bajo la
Licencia de Reconocimiento- No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).



INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que el camarón puede ser muy susceptible a enfermedades cuando se encuentra en cultivo y se presentan cambios repentinos de variables (Alpuche et al., 2005). Se consideran como las variables más importantes; la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, pH, turbidez, alcalinidad, dureza así como en las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos (Orellana-Tandazo, 2000; Palafox y Soto, 2001; Molina y Orellana-Tandazo, 2001; Arzola-González et al., 2008; Jiménez-Guzmán, 2009). Por lo tanto, la interacción entre variables y la capacidad fisiológica de los organismos para mantener la homeostasis son elementos que deben ser considerados al evaluar los cambios bioquímicos en los organismos (Alpuche et al., 2005).

Por otro lado, Sinaloa, Sonora y Nayarit representan alrededor del 95% de la producción de camarón en México, ocupando Nayarit el tercer lugar en productividad. (CONAPESCA, 2018). El cultivo de camarón ha enfrentado una serie de problemas sanitarios debido a diferentes enfermedades que han afectado severamente la producción y por lo tanto derivado en pérdidas económicas que han colapsado a dicho sector (CONAPESCA, 2018). Las enfermedades son consecuencia de los problemas de manejo en la unidad de producción. Múltiples autores mencionan que la temperatura y el oxígeno disuelto son causantes de estrés en los organismos, lo que provoca bajo crecimiento o altas mortalidades en el cultivo de camarón. (Milstein et al., 2005; Ruiz-Velazco et al., 2010a; Ruiz-Velazco et al., 2010b; Hernández-Llamas et al., 2013; González-Romero et al., 2014; Estrada-Pérez et al., 2015; Estrada-Pérez et al., 2016; González-Romero et al. 2018; Estrada-Pérez et al., 2020a; Estrada-Pérez et al., 2020b).

Con respecto a la temperatura, es uno de los parámetros más importantes en el agua de cultivo, ya que, puede influir en el estado de actividad biológica de los organismos como la letargia, también depende de la temperatura la absorción del oxígeno, la precipitación de compuestos y la desinfección (Ulloa-Tello, 2015).

En cuanto al oxígeno disuelto en el agua, por ser de gran importancia, cualquier disminución no controlada de su concentración puede provocar la muerte de los camarones, lo que alerta a los acuicultores para que tomen mayor énfasis en esta variable. El consumo de oxígeno puede correlacionarse con otras variaciones de factores ambientales (Valenzuela-Quinónez et al., 2011).

Por lo tanto, el efecto de la temperatura y la cantidad de oxígeno disuelto se relacionan ampliamente. La temperatura en organismos poiquiloterms afecta la tasa metabólica y por consecuencia afecta la demanda de oxígeno, en este caso, los organismos son capaces de modificar su capacidad oxireguladora (Alpuche et al., 2005).

En consecuencia, la temperatura y el oxígeno disuelto son dos de los factores físico-químicos más importantes en los cultivos acuícolas, que determinan un buen crecimiento o supervivencia en el camarón, de modo que, un buen conocimiento de su comportamiento puede llevarnos al éxito del cultivo. Por esta razón, el presente trabajo tiene como propósito dar a conocer las afectaciones que tienen las variaciones de temperatura y las concentraciones de oxígeno disuelto en las tasas de mortalidad y de crecimiento en el cultivo de camarón blanco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos

La presente investigación parte de una base de datos proporcionada por los productores de una granja camaronera con tecnología intensiva ubicada en San Blas Nayarit, México. Dicha base de datos contiene datos de crecimiento y mortalidad del camarón de 26 estanques en dos ciclos de producción (invierno y verano). Así mismo, contiene datos diarios de temperatura y oxígeno disuelto que se registraron en la mañana (6:00 AM) y en la tarde (6:00 P.M.). Los valores promedio de cada una de las variables analizadas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores promedios, máximos y mínimos de la tasa de crecimiento semanal (TCS), tasa instantánea de mortalidad (z), peso final (W_f), Diferencias de temperatura (DT), diferencias de oxígeno (DO), promedios de la temperatura (T) y del oxígeno disuelto (O).

Variables	Promedio	Max	Min
TCS	1.0920	1.4994	0.64985
z	0.0177	0.0211	0.01301
W_f	18.4803	30	9.1
DT	2.43824	3.1	1.8
DO	8.4070	13	5.1537
T	30.1778	32.11	26.34
O	7.9389	10.1	6.11

De acuerdo con los productores, el crecimiento y la mortalidad del camarón se determinó cada semana mediante biometrías. El peso del camarón se determinó con una balanza Velab modelo VE-5000 precisión=0.01 g y la supervivencia mediante un estudio poblacional. Tanto para las biometrías y el estudio poblacional se utilizó una atarraya.

Promedios semanales

Para determinar las diferencias entre la mañana y la tarde (DT y DO) en las variables de la temperatura (T) y oxígeno disuelto (O), respectivamente, se utilizó una ecuación estandarizada para calcular esas diferencias cada semana de acuerdo con:

$$DT = (Tm - Tv)/t$$

Para el caso de las diferencias en la temperatura, donde Tm es la Temperatura matutina y Tv la temperatura vespertina y t es el tiempo en días.

En el caso de las diferencias en el Oxígeno disuelto en el agua (O) se utilizará la ecuación:

$$DO = (Om - Ov)/t$$

donde Om es el oxígeno disuelto matutino y Ov el oxígeno disuelto vespertino y t es el tiempo en días.

Al final se consideraron esas diferencias en el promedio semanal hasta el final del cultivo. Adicionalmente, se consideraron los promedios totales de la temperatura y el oxígeno disuelto de todo el ciclo del cultivo, esto con la finalidad de establecer los valores óptimos para el crecimiento del camarón y verificarlo con las tasas de crecimiento, mortalidad y el peso final (W_f).

Tasas de crecimiento y mortalidad

Para determinar la tasa de crecimiento semanal (TCS), se utilizó la ecuación:

$$TCS = (\text{peso promedio inicial} - \text{peso promedio final}) / \text{semanas transcurridas}$$

La tasa instantánea de mortalidad se determinó mediante la ecuación decreciente de mortalidad (Gulland, 1969):

$$n_t = n_0 e^{-zt}$$

donde n_0 es el número de organismos al momento de la siembra, t es el tiempo y z es la tasa instantánea de mortalidad.

De dicha ecuación, se obtuvo z quedando como sigue:

$$z = -\ln(N_f/N_0)/t$$

donde N_f es el número de individuos sobrevivientes al final de cada semana y t es el tiempo final por semana.

El peso final (W_f) fue tomado directamente del registro de la base de datos proporcionada por los productores.

Análisis de correlación

Con la finalidad de llevar a cabo un análisis exploratorio de los datos, se realizó un análisis de correlación de Pearson ($P < 0.05$) entre todas las variables, lo que sirvió para construir los modelos de regresión lineal simple.

Modelos de regresión lineal simple

En un primer paso, para determinar el efecto de las variaciones de la temperatura y el oxígeno disuelto en la tasa de crecimiento (TCS) y mortalidad (z) del camarón, se utilizaron modelos de regresión simple a un nivel de significación de $P=0.05$, de acuerdo con:

$$TCS = B_0 + B_1 * DT$$

Para el caso de las diferencias de la temperatura, donde B_0 es el intercepto y B_1 es la pendiente de la regresión.

Para el caso del oxígeno disuelto se utilizó la ecuación:

$$TCS = B_0 + B_1 * DO$$

Para la tasa instantánea de mortalidad que se relacionó con las diferencias de la temperatura se utilizó el modelo:

$$z = B_0 + B_1 * DT$$

En el caso de las diferencias del oxígeno disuelto afectando la tasa instantánea de mortalidad se usó la ecuación:

$$z = B_0 + B_1 * DO$$

En un segundo paso, adicionalmente se utilizaron modelos de regresión lineal simple para relacionar la TCS , z y W_f con los valores promedio de la temperatura y oxígeno disuelto del agua.

Para el caso de la TCS con la temperatura promedio de agua (T), se utilizó la ecuación:

$$TCS = B_0 + B_1 * T$$

donde B_0 es el intercepto y B_1 es la pendiente de la regresión.

Para el caso de la TCS con Oxígeno disuelto en el agua promedio de agua (O), se utilizó la ecuación:

$$TCS = B_0 + B_1 * O$$

Para la tasa instantánea de mortalidad que relaciona la temperatura final promedio se utilizó el modelo:

$$z = B_0 + B_1 * T$$

En el caso del oxígeno disuelto promedio afectando la tasa instantánea de mortalidad se usó la ecuación:

$$z = B_0 + B_1 * O$$

Finalmente, para relacionar el peso final (W_f) con los valores promedios de la temperatura y del oxígeno disuelto en el agua, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Para relacionar el peso final con la temperatura final promedio se utilizó el modelo:

$$W_f = B_0 + B_1 * T$$

En el caso del oxígeno disuelto promedio afectando el peso final (W_f) se usó la ecuación:

$$z = Bo + B_1 * O$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de correlación y regresión lineal simple

El análisis de correlación y los modelos de regresión lineal simple muestran relaciones consistentes en las encontradas en la literatura científica internacional con respecto al comportamiento del cultivo de camarón.

De acuerdo con el análisis de correlación, la *TCS* se relacionó de manera positiva con las diferencias de la temperatura a un nivel de $P=0.10$ y el oxígeno disuelto aun nivel de $P < 0.05$ (Tabla 2), así mismo, la Tasa instantánea de mortalidad se correlacionó negativamente con los valores diferenciales del oxígeno disuelto en el agua, mas no con las diferencias de temperatura (Tabla 2).

En cuanto a las correlaciones con los valores promedio de la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua, la tasa de crecimiento semanal se relacionó directamente con el oxígeno disuelto y la temperatura del agua (Tabla 2). Así mismo, la tasa instantánea de mortalidad se relacionó negativamente con la temperatura del agua pero no con el oxígeno disuelto (Tabla 2).

En cuanto al peso final de camarón, éste se correlacionó directamente con ambas variables (temperatura y oxígeno disuelto en el agua) (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de correlación de *TCS*, *z* y *W_f* con la diferencia de temperatura (*DT*), diferencia de oxígeno (*DO*) y valores promedio de temperatura (*T*) y oxígeno disuelto en el agua (*O*). Se presentan solamente los que fueron significativos ($P < 0.05$).

Variable	<i>DT</i> (°C)	<i>DO</i> (mg/L)	<i>T</i> (°C)	<i>O</i> (mg/L)
<i>TCS</i>	0.3257	0.8211	0.794	0.4231
<i>z</i>		-0.5124	-0.7475	
<i>W_f</i>		0.8132	0.7035	0.5182

Modelos de regresión lineal simple

Se presentan en la Figura 1 los diferentes modelos de regresión lineal simple que relacionaron o no las diferencias de la temperatura y oxígeno disuelto de agua con las tasas de crecimiento semanal (*TCS*) y mortalidad del camarón (*z*). Así mismo, se presentan en la Figura 2 los modelos de regresión lineal simple de la tasa de crecimiento semanal (*TCS*), tasa de mortalidad (*z*) y peso final (*W_f*) que relacionan o no la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua.

Como era de esperarse, una vez que se encontraron correlaciones mediante el análisis de Pearson, se encontraron relaciones respecto a la mayoría de las variables dependientes. La tasa de crecimiento semanal del camarón (*TCS*) aumentó conforme se incrementaron las diferencias de temperatura (Figura 1a) y oxígeno disuelto en el agua (Figura 1b).

Aunque no está bien documentado en la literatura científica, es de esperarse que mayores tasas de crecimiento y menores tasas de mortalidad puedan obtenerse conforme menores diferenciales de los valores de oxígeno y temperatura durante la mañana y la tarde existan

durante la producción de camarón. Esas variaciones pueden tener diferentes efectos en la fisiología del camarón y por lo tanto en la producción. Algunos estudios, por ejemplo, han reportado que las variaciones de temperatura en el agua causan alteraciones a nivel de la expresión génica del camarón *P. vannamei* (Camacho-Jiménez et al. 2018) y cambios a nivel enzimático que afectan la función branquial (Camacho-Jiménez et al. 2019). Es bien conocido que cambios o variaciones del oxígeno disuelto (OD) en el agua causan alteraciones moleculares y bioquímicas en el organismo (Narváez-Vega, 2024). Aunque los resultados del presente trabajo establecen que conforme aumentan esos cambios (diferenciales entre la mañana y la tarde) de temperatura y oxígeno disuelto en el agua, mayores son las tasas de crecimiento y menores las de mortalidad, contrario a lo que inicialmente fue hipotizado. Esto puede ser atribuido a que el análisis de la temperatura fue realizado con datos de invierno y verano, y que generalmente los mayores crecimientos se obtienen en los ciclos de verano cuando la temperatura en el agua es más alta que en el invierno. Es muy probable que la tendencia hubiera podido ser inversa a lo que se encontró, sin embargo, la falta de datos del ciclo de invierno limitó el análisis.

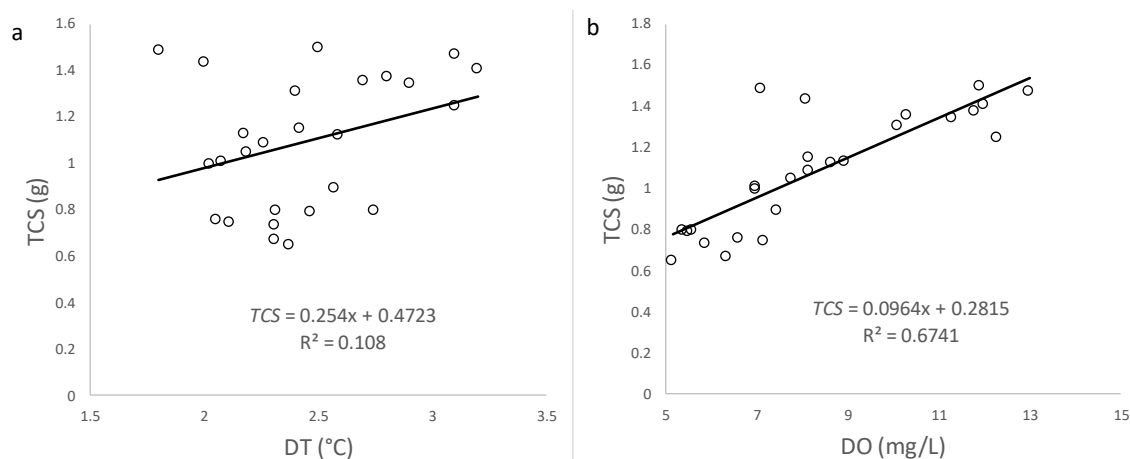


Figura 1: Modelos de regresión lineal simple que relacionan la tasa de crecimiento semanal (TCS), con las diferencias de la temperatura (a) y el oxígeno disuelto en el agua (b).

En cuanto a los valores diferenciales del oxígeno disuelto en el agua, está demostrado que bajos niveles de oxígeno que se registran durante las primeras horas de la mañana son debidos a la actividad fitoplanctónica por el consumo del oxígeno durante la noche (Boyd 1990, García y Brune 1991; Narváez-Vega, 2024) y aunque se dice de manera genérica que existen consecuencia por esas variaciones, no se logró encontrar formalmente alguna referencia al respecto. Entendiendo que al igual que lo que se esperaba con la variable de la temperatura con respecto a lo hipotizado, los resultados mostraron lo contrario (a mayor diferencial del oxígeno disuelto en el agua, mayor tasa de crecimiento y menor tasa de mortalidad). Esto puede ser atribuido a que en sistemas intensivos, el oxígeno es controlado mediante la aireación mecánica y por lo tanto, los niveles promedio de oxígeno en el agua estuvieron siempre por encima de los recomendados en la literatura para el crecimiento y supervivencia del camarón, es decir, por encima de los 4 mg/L (Mackay, 1974; McGraw et al., 2001; Robertson, 2006). El oxígeno es el principal elemento que limita la producción en acuicultura (Boyd y Watten, 1989, Santa y Vinatea 2007). Así mismo, la tasa instantánea de mortalidad

se incrementó a menores diferencias de la temperatura del agua (Figura 2a), pero no con las diferencias del oxígeno disuelto (Figura 2b).

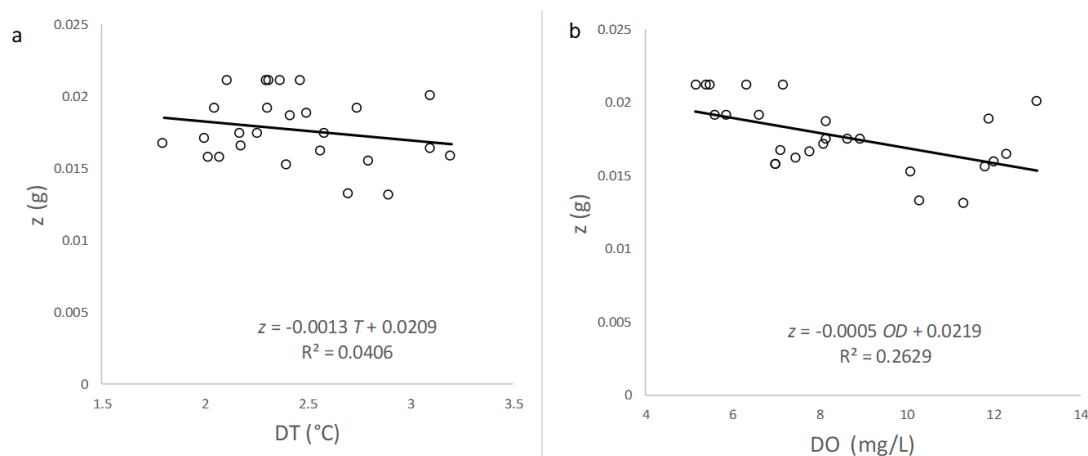


Figura 2: Modelos de regresión lineal simple que relacionan la tasa instantánea de mortalidad (z) con las diferencias de la temperatura (a) y el oxígeno disuelto en el agua (b).

Cuando se construyeron los modelos de regresión lineal simple con la tasa de crecimiento semanal, tasa instantánea de mortalidad y el peso final con los valores promedio de la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua, se encontró que la TCS se incrementó conforme se incrementó la temperatura del agua (Figura 3a) y el oxígeno disuelto (Figura 3 b).

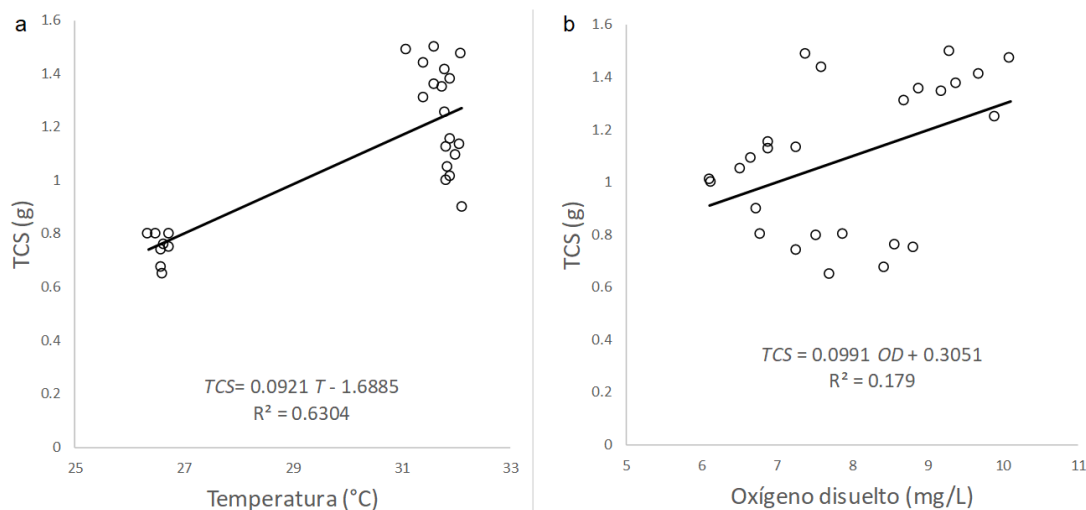


Figura 3: Modelos de regresión lineal simple que relacionan la tasa de crecimiento semanal (TCS) con los promedios de la temperatura (a) y el oxígeno disuelto en el agua (b).

Por otro lado, la tasa de mortalidad disminuyó con temperaturas altas (Figura 4). No se encontró relación con el oxígeno disuelto en el agua.

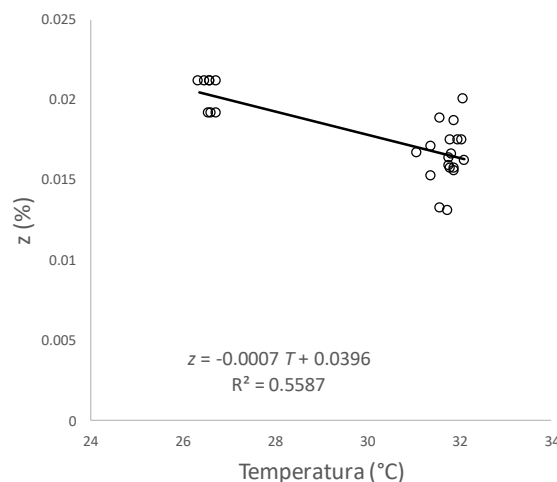


Figura 4: Modelo de regresión lineal simple que relaciona la tasa instantánea de mortalidad (z) con el promedio de la temperatura del agua (T).

Finalmente, el peso final aumentó conforme aumentaron los valores de la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua (Figuras 5a y 5b).

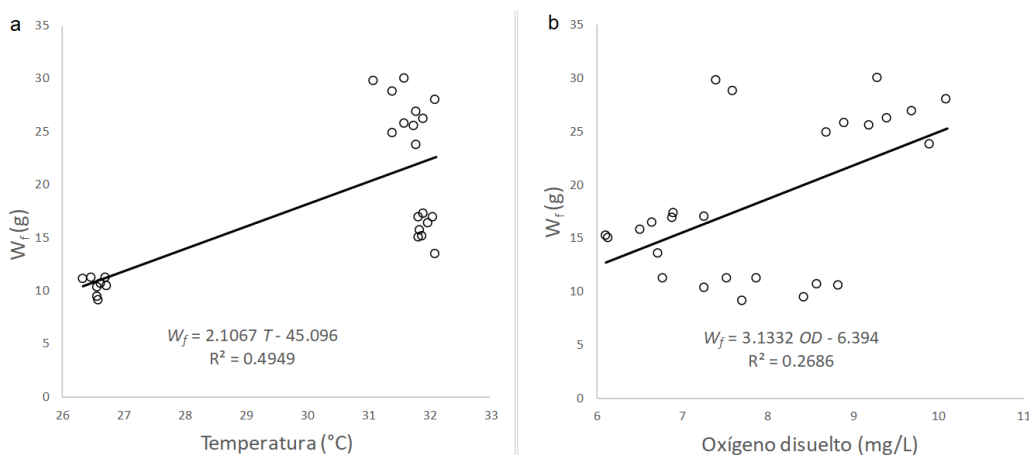


Figura 5: Modelo de regresión lineal simple que relaciona el peso final de los organismos con los promedios de la temperatura (a) y el oxígeno disuelto (b).

Generalmente el camarón crece más rápido cuando las temperaturas y los oxígenos disueltos en el agua muestran valores altos dentro de los límites permitidos para el buen desarrollo del camarón. Se han establecidos límites de temperaturas para el buen crecimiento del camarón (hasta 32° C) (Ponce-Palafox et al. 2019). Del mismo modo, otros investigadores han establecido que a mayores temperaturas se obtienen mejores pesos finales en camarones cosechados (Ruiz-Velazco et al., 2010a,b; Estrada-Pérez et al., 2015; Estrada-Pérez et al., 2020b). El presente estudio, es consistente con lo encontrado por esos autores, por lo que a nivel de la temperatura en el agua manejados en este tipo de tecnología (intensiva), estuvieron dentro de los valores óptimos para el buen desarrollo del camarón. De igual manera se pudo comprobar que las tasas de crecimiento del camarón fueron mejores a mayores temperaturas que en estanques con menores temperaturas.

Con respecto al crecimiento de camarón relacionado con el oxígeno disuelto en el agua, los valores encontrados en esta investigación estuvieron por arriba de 4 mg/L favoreciendo el buen crecimiento del camarón. McGraw et al. (2001) y Robertson (2006) establecen valores óptimos por arriba de 4 mg/L, similares en este estudio. Ruiz-Velazco et al. (2010a,b) y Estrada-Pérez et al. (2020b) coinciden con este estudio referente a que entre mayores sean los valores de oxígeno disuelto en el agua, mayores pesos finales son obtenidos. Al igual que el efecto que tuvo la temperatura en el crecimiento del camarón, las tasas de crecimiento semanal (*TCS*) fueron mejores cuando los niveles de oxígeno disuelto en el agua fueron los más altos. Si bien se sabe que la temperatura del agua tiene una relación inversa con el oxígeno disuelto (Boyd y Tucker 1998), se esperaba que el oxígeno disminuyera a altas temperaturas, sin embargo, este no fue el caso, puesto que los datos del presente estudio fueron de producción intensiva y por lo tanto se utilizaron aireadores para el mejor control del oxígeno disuelto en el agua.

En cuanto a la mortalidad del camarón, se ha documentado que bajas temperaturas y bajos valores de oxígenos disueltos en el agua, provocan mayores mortalidades en estanques de cultivo (Ruiz-Velazco et al. 2010ab; Estrada-Pérez, 2020b). Ponce-Palafox et al. (1997) y Hennig y Andreatta (1998) por ejemplo, encontraron una influencia positiva de la temperatura en la supervivencia entre 20 °C y 30 °C con *L. vannamei* y *Penaeus paulensis*, respectivamente. Con respecto al oxígeno disuelto afectando la mortalidad del camarón, Hepher y Prucinin, (1981) y Carranza (2020) establecen que las primeras horas de la mañana son críticas para la producción de camarón, puesto que generalmente se presentan bajos niveles de oxígeno debido a la demanda biológica de oxígeno. Sin embargo, este no fue el caso, ya que no se presentaron mortalidades debido a esta variable. Esto puede ser atribuido al manejo de la aireación por ser tecnología intensiva controlando los niveles de oxígeno disueltos en el agua.

Aunque como se mencionó anteriormente acerca de la relación contraria que puede esperarse respecto a los cambios de la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua, se corroboró que las tasas de crecimiento del camarón son mayores cuando la temperatura y el oxígeno son más altos, parcialmente lo mismo ocurre con la tasa de mortalidad del camarón, que a mayor temperatura, menor la tasa de mortalidad, y consistentemente no se observó un efecto del oxígeno disuelto con la tasa de mortalidad del camarón, que como se estableció en párrafos anteriores, la aireación jugó un papel importante en el control del oxígeno disuelto en el agua por tratarse de producción con tecnología intensiva.

CONCLUSIONES

Se concluye que conforme aumentan *DT* y *DO*, mayores son *TCS* y menores los valores de *z* y consistentemente, a mayores valores de *T* y *O* mayores fueron *TCS* y *W_f* y menores los valores de *z*.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

"No aplicable"

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran que no tienen intereses en competencia”

LITERATURA CITADA

- Alpuche, J., Pereyray, A., Agundis, C. (2005). Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(5): 1-10.
- Arzola-González, J.F., Flores-Campaña, L.M., Izabal-C.A., Gutiérrez-Rubio, Y. (2008), Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *AquaTIC*, 28: 8-15.
- Boyd, C. E., Watten B. (1989). Aeration systems in aquaculture. *Review of Aquatic Sciences*, 1(3):425-472.
- Boyd, C.E. (1990) Water quality in ponds for aquaculture. Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama, 482 pages.
- Boyd C. E., Tucker C. S. (1998). Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers.
- Boyd, C.E., Davis, R.P., McNevin, A.A. (2022). Perspectives on the mangrove conundrum, land use, and benefits of yield intensification in farmed shrimp production. *A review. Journal of the World Aquaculture Society*, 53(1), 8-46. <https://doi.org/10.1111/jwas.12841>
- Camacho-Jiménez, L., Peregrino-Uriarte, A.B., Martínez-Quintana, J.A., Yepiz-Plascencia, G. (2018). The glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase of the shrimp *Litopenaeus vannamei*: Molecular cloning, characterization and expression during hypoxia. *Marine environmental research*, 138:65-75. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.04.003>
- Camacho-Jiménez, L., Felix-Portillo, M., Nuñez-Hernandez, D.M., Yepiz-Plascencia, G. (2019). Molecular cloning and modeling of the Tp53-induced glycolysis and apoptotic regulator (TIGAR) from the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its expression in response to hypoxia. *Fish & Shellfish Immunology*, 93:484-491. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.08.003>
- Cárcamo-Blanco, R.J., Vallecillo-Ruiz, M.M. (2011). Comparación de dos condiciones del manejo del parámetro físico del agua (temperatura alta con retención de calor y con temperatura ambiente) sobre los parámetros poblacionales de camarón *Litopenaeus vannamei* en etapa de postlarva (PL12-PL42 días) (Tesis Doctoral).
- Carranza, É. O. (2020). Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal. *Revista Ciencia y Tecnología*, 25: 55-65. <https://doi.org/10.5377/rct.v13i25.10412>
- Carrasco-Escalante, J. C., León-Balderrama, J. I., Rojas-Méndez, D. (2018). Análisis de las Capacidades de Absorción Como Determinante Clave para la Competitividad en las PYME'S Camaronícolas En el Litoral del Norte de Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A. C. Coeditores, México.
- Carrasco-Escalante, J.C., Rojas-Rodríguez, I.S., Rossetti-López, S.R. (2022). Análisis Discriminante de las Capacidades de Absorción y la Competitividad. *Investigación administrativa*, 51(130) 2-12.
- CONAPESCA, (2018). Anuario Estadístico de la Acuicultura y Pesca. México: SAGARPA. https://nube.conap.esca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2018/ANUARIO_2018.pdf.
- Estrada-Perez, M., Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernandez-Llamas, A., Zavala-Leal, I. (2015). A bio-economic approach to analyze the role of alter native seeding-harvesting schedules,

- water quality, stocking density and duration of cultivation in semi-intensive production of shrimp in Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43, 466–472. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue3-fulltext-8>
- Estrada-Perez, A., Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernandez-Llamas, A., Zavala-Leal, I., Martinez-Cardenas, L. (2016). Deterministic and stochastic models for analysis of partial harvesting strategies and improvement of intensive commercial production of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquacultural Engineering*, 70, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.11.003>
- Estrada-Pérez N, Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernández-Llamas, A. (2020a). Economic risk scenarios for semi-intensive production of *Litopenaeus (Penaeus) vannamei* shrimp affected by acute hepatopancreatic necrosis disease. *Aquacult Rep* 18 (2020) 100442. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100442>
- Forsberg OI (1999) Optimal harvesting of farmed Atlantic salmon at two cohort management strategies and different harvest operation restrictions. *Aquac Econ Manag*, 3:143–158. <https://doi.org/10.1080/13657309909380241>
- Estrada-Pérez, N., Ruiz-Velazco, J.M.J., Magallon-Barajas, F.J., Campa-Cordova, A.I., Hernandez-Llamas, A. (2020b). Dynamic stock model for analysing semi-intensive production of whiteleg shrimp *Litopenaeus (Penaeus) vannamei* affected by the acute hepatopancreatic necrosis disease: assessment of disease severity indicators and relationships with pond water quality parameters. *Aquac. Res.* 51, 242–254. <https://doi.org/10.1111/are.14370>
- FAO y ECLAC, (2020). Food systems and COVID-19 in Latin America and the Caribbean: impacts and oppor tunities in fresh food production Bulletin 11. Santiago FAO. <https://doi.org/10.4060/cb0501en>. Accessed 26 June 2025.
- García, A., Brune, D. (1991). Transport limitation of oxygen in shrimp culture ponds. *Aquacultural Engineering*, 10(4):269-279. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(91\)90016-D](https://doi.org/10.1016/0144-8609(91)90016-D)
- González-Romero, M.A., Hernández-Llamas, A., Ruiz-Velazco, J.M.J., Plascencia-Cuevas, T.N. y Nieto-Navarro, J.T. (2014). Stochastic bio-economic optimization of pond size for intensive commercial production of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 433, 496–503.
- González-Romero, M.A., Ruiz-Velazco, J.M.J, Estrada-Pérez N, Nieto-Navarro JT, Zavala-Leal I, y Hernández-Llamas A. (2018). Assessing uncertainty of semi-intensive production of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using partial harvesting programs. *Aquac Res.* 2018;49:953–962. <https://doi.org/10.1111/are.13542>
- Hennig, O.L., Andreatta, E.R. (1998). Effect of temperature in an intensive nursery system for *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). *Aquaculture*, 164, 167–172.
- Hepher, B., Prucinin, Y. (1981). Commercial Fish Farming. Interscience Publishing. New York.
- Hernández-Llamas, A., Ruiz-Velazco, J.M.J., Gómez-Muñoz, V.M. (2013). Economic risk associated with white spot disease and stochastic variability in economic, zootechnical and water quality parameters for intensive production of *Litopenaeus vannamei*. *Rev. Aquacult.*, 5, 121–131.
- Jiménez-Guzmán, F. (2009). Técnica de Diagnóstico Presuntivo para Enfermedades Camarón. Curso Teórico Práctico, Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Guerrero, México, del 27 al 30 de Abril 2009, 115 p. (Edición previa).

- Mackay, R.K. (1974). A note on minimal levels of oxygen required to maintain life in *Penaeus schmitti*. *Proceedings of the World Mariculture Society*, 5:451-452.
- Marroquín-Guerra, E. L., Valdés-Ramírez, M.A., y González-Pineda, J.E. (2012). Trabajo de Investigación: Potencial del camarón marino *Litopenaeus vannamei* para cultivo en agua dulce. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General De Investigación, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. 78 p.
- McGraw, W., Teichert-Coddington, D.R., Rouse, D. B., Boyd, C. E. (2001). Higher minimum dissolved oxygen concentrations increase penaeid shrimp yield in earthen ponds. *Aquaculture*, 199(1-3), 311-321. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00530-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00530-0)
- Milstein, A., Islam, M.S., Wahab, M.A., Kamal, A.H.M. (2005). Characterization of water quality in shrimp ponds of different sizes and with different management regimes using multivariate statistical analysis. *Acuicultura Internacional*, 13, 501-518.
- Molina, C., Orellana-Tandazo, P. (2001). Efecto de la salinidad y la relación proteína/energía, en el rendimiento de *L. vannamei*. *Panorama Acuicola*, 6(5): 53:60.
- Narváez-Vega, A.N., Velásquez-López, P.C., Romero-Bustamante, G.E. (2024). Efecto de la variación temporal de la temperatura sobre la producción del camarón *Penaeus vannamei* en sistemas de cultivo en lagunas. *AquaTechnica*, 6(1): 41-56. <https://doi.org/10.33936/at.v6i1.5870>
- Orellana Tandazo A. P. 2000. Efecto de diferentes niveles de salinidad y balances proteína/energía en el crecimiento del *Penaeus vannamei*. (2000). Tesis de grado. Ingeniero Acuicultor. Facultad de agronomía veterinaria y Acuicultura. Universidad Técnica de Machala. Machala del Oro, Ecuador.
- Ovando, S. M., Velázquez, V. E., Penagos, G. F. E., Velázquez, L. A. (2022). La Necrosis Hepatopancreatitis Aguda que afecta al cultivo de camarones peneidos en México. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 10(28). <https://doi.org/10.31644/IMASD.28.2021.a07>
- Paredes-Mendoza, J.R., Rodríguez-Romero, J.S. (2020). Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz. Tesis de grado.
- Palafox, F., y Soto, Z. M. (2001). Relación entre la producción y algunas variables de calidad de agua en un cultivo semi-intensivo (*Litopenaeus vannamei*) en una granja comercial. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, UAS. México
- Ponce-Palafox J., Martínez-Palacios C. A., Ross L. G. (1997). Los efectos de la salinidad y la temperatura en las tasas de crecimiento y supervivencia de juveniles de camarón blanco, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 157(1-2):107-115. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00148-8)
- Ponce-Palafox, J.T., Pavia, Á.A., López, D.G.M., Arredondo-Figueroa, J.L., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M.R., Esparza-Leal, H., Ruiz-Luna, A., Páez-Osuna F., Castillo-Vargasmachuca S.G., Peraza-Gómez, V. (2019). Response surface analysis of temperature-salinity interaction effects on water quality, growth and survival of shrimp *Penaeus vannamei* postlarvae raised in biofloc intensive nursery production. *Aquaculture*, 503, 312-321. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.020>
- Robertson C. (2006). Australian Prawn Farming Manual: Health Management for profit. The State of Queensland, Department of Primary Industries and Fisheries, Brisbane, 159. <http://aciarc.gov.au/publication/CoP01>

- 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.
- Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernandez-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>
- Santa, K., Vinatea, L. (2007). Evaluation of respiration rates and mechanical aeration requirements in semi-intensive shrimp *Litopenaeus vannamei* culture ponds. *Aquacultural Engineering*, 1:73-80. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.07.002>
- The Economist. (2013). El mundo en 2050. Todas las tendencias que cambiarán al planeta, Barcelona.
- Thornber, K., Verner-Jeffreys, D., Hinchliffe, S., Rahman, M.M., Bass, D., y Tyler, C.R. (2020). Evaluating antimicrobial resistance in the global shrimp industry. *Reviews in aquaculture*, 12(2), 966-986. <https://doi.org/10.1111/raq.12367>
- Ulloa-Tello, R.F. (2015). El efecto de dos porcentajes de recirculación de agua en el cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*). Tesis Ing. Machala. Ecuador. 74p.
- Valenzuela-Quinónez, W., Rodríguez-Quiroz, G., Ponce-Palafox, J. T., & Esparza-Leal, H. M. (2011). Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista de biología marina y oceanografía*, 46(3), 303-311. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572011000300002>