

INFORMACIÓN PRELIMINAR PARA MEJORAR EL MANEJO DEL CULTIVO DE RANA TORO A ESCALA COMERCIAL EN SINALOA, MÉXICO

PRELIMINARY INFORMATION TO IMPROVE BULLFROG CULTURE MANAGEMENT ON A COMMERCIAL SCALE IN SINALOA, MEXICO

Hernández López Carlos Humberto¹, Martínez Sánchez Heimy Franceline², Vázquez Olivares Alfredo Emmanuel³, Noriega Urquidez David⁴

<https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v7i2.338>

¹Doctor en Ciencias en Recursos Acuáticos, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mazatlán / Ingeniería en Pesquerías. carlos.hl@mazatlan.tecnm.mx C.p. 82070 Mazatlán, Sinaloa. <https://orcid.org/0000-0002-6938-0502>

²Maestría en Pesquerías Sustentables, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mazatlán / Ingeniería Bioquímica. heimy.ms@mazatlan.tecnm.mx C.p. 82070 Mazatlán, Sinaloa. <https://orcid.org/0000-0001-8268-9072>

³Maestría en Pesca Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mazatlán / Ingeniería en Gestión Empresarial. alfredo.vo@mazatlan.tecnm.mx C.p. 82070 Mazatlán, Sinaloa. <https://orcid.org/0000-0003-3819-0797>

⁴Maestría en Ciencias en Óptica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mazatlán / Ingeniería en Eléctrica y Electrónica. david.nu@mazatlan.tecnm.mx C.p. 82070 Mazatlán, Sinaloa. <https://orcid.org/0000-0002-6938-0502>

Resumen – En la acuicultura, el crecimiento es uno de los factores de mayor relevancia para lograr una mayor rentabilidad. Estimar el crecimiento es una estrategia que permite gestionar y optimizar los procesos productivos en la acuicultura moderna. En este artículo, el modelo de Ruíz-Velasco diseñado para organismos bajo condiciones de cultivo fue ajustado a los datos del crecimiento de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) cultivado en estanques de flujo continuo de agua aumentando la producción al doble de lo que maneja el productor. Para su análisis, se sembraron 1000 juveniles de rana toro de 1.7 ± 0.81 g en un tanque de 16 m² bajo condiciones operativas comerciales. Las ranas se alimentaron dos veces al día al 5% de su biomasa estimada con una dieta para trucha por un periodo de 45 días. Se reporta la primera información detallada sobre algunos parámetros biológicos de crecimiento de rana toro bajo condiciones reales de cultivo a escala comercial en México. Se demuestra que el modelo de Ruíz-Velasco puede estimar el crecimiento de rana toro en condiciones comerciales de cultivo. Se ajustó la relación longitud-peso para determinar el tipo de crecimiento observado. Los resultados acerca del modelo ajustado en este estudio solo son aplicables para el intervalo 1.7 a 60 g de peso y representan un primer paso para disponer de datos e información y proponer programas de investigación para optimizar el cultivo de rana en México.

Palabras Clave: crecimiento, manejo, modelo de uso acuícola, rana toro, seguridad alimentaria.

Abstract – In aquaculture, growth is one of the most important factors to achieve greater profitability. Estimating growth is a strategy that allows managing production processes in aquaculture. In this article, the Ruíz-Velasco designed for organisms under culture conditions model was fitted to growth data of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) cultured in continuous water

flow tanks. For this analysis, 1000 bullfrogs juveniles with 1.7 ± 0.81 g were stocked in a 16 m² tank under commercial conditions. Frogs were fed twice daily at 5% of their estimated biomass with a trout diet for a period of 45 days. The first detailed information is reported on some biological parameters of bullfrog growth under real farming conditions on a commercial scale in México. It is demonstrated that the Ruíz-Velasco model can estimate bullfrogs growth under culture conditions. The results about the adjusted model in this study are only applicable for the range 1.7 to 60 g of weight.

Key words – growth, management, aquaculture model, bullfrog, food safety.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) representa una alternativa dentro de la acuicultura en México [1]. Las investigaciones sobre su cultivo se han centrado básicamente en la alimentación [2] y crecimiento [3] y [4], no obstante que el gobierno de México ha mostrado interés en su desarrollo, dado que las demandas de su carne y ancas se han intensificado en el mercado internacional, sobre todo Estados Unidos, donde existen tres tipos de mercado: ranas vivas, ranas para estudios científicos y ancas de rana. En la acuicultura comercial, el rendimiento en el crecimiento es uno de los factores de mayor relevancia para lograr una rentabilidad técnica y económica. A pesar de los conocimientos adquiridos sobre el crecimiento de rana toro, es importante conocer sus límites de y establecer un modelo que optimice la eficiencia productiva. Actualmente, varios modelos de crecimiento son utilizados, sin embargo, el modelo de von Bertalanffy (VBM) ha sido hasta hoy uno de los modelos de mayor uso para describir el crecimiento de cualquier especie acuática; ya sea de captura o acuicultura. Otros modelos utilizados para describir el crecimiento son los modelos

propuestos por [5], [6] y el [7]. El modelo de Schnute es un modelo versátil, que incorpora de manera general los modelos de crecimiento de von Bertalanffy, Gomperts, Schnute-Richars y logístico como casos especiales. Sin embargo y a pesar de que son buenos descriptores y presentan curvas sigmoideas, no fueron diseñados para el crecimiento de organismos bajo condiciones de cautiverio. La situación es diferente para los organismos bajo condiciones acuícolas, lo cual les permite acceder con mayor facilidad a un régimen alimenticio y ayuda en reducir los tiempos de crecimiento. Diversos autores [8] y [9] mencionan que es necesario predecir con mayor precisión el crecimiento de los organismos para mejorar la planificación. Este artículo presenta los resultados sobre la información biológica de crecimiento considerando el ajuste de un modelo de crecimiento diseñado para la acuicultura, el ajuste de la relación longitud-peso y estructura de tallas. Todo ello en su conjunto, contribuye al desarrollo responsable del cultivo de rana toro en México.

DESARROLLO

Metodología

Se obtuvieron 1000 ranas toro con un peso promedio inicial de 1.7 ± 0.81 g todas las ranas fueron F1. Durante el experimento, las ranas se distribuyeron en un tanque a escala comercial a una densidad de 60 ranas / m² (1000 ranas en el tanque) con flujo continuo de agua con profundidad inundaible de 20 cm. Para el tanque se utilizó un plástico o linner especial con tubo de drenaje de PVC de 2" de diámetro para el desagüe para evitar la fuga de ranas y permitir la limpieza del tanque. En este sistema de producción el agua es bombeada desde pozos y se utilizó cruda en el cultivo. Las ranas fueron alimentadas dos veces al día (8:00 y 16:00 horas) con una dieta para trucha con 45% de proteína y 16% de lípidos. El alimento se suministró al 5% de su biomasa durante todo el experimento. Cada siete días se realizaron biometrías a 150 ranas; las ranas se capturaron con redes "scuba" y posteriormente fueron pesadas en una báscula digital porcionadora Torrey hasta 5 kg, al final de cada biometría se ajustó la ración alimenticia. Las ranas se cultivaron durante 45 días y la tasa de sobrevivencia (S) se estimó mediante la revisión diaria de los tanques retirando de inmediato las ranas muertas. El porcentaje de sobrevivencia se calculó restando el número de ranas muertas del número inicial de ranas sembradas. Los parámetros de crecimiento determinados fueron los siguientes [10]: peso ganado PG (g) = $P_f - P_i$, donde P_f = peso final and P_i = peso inicial; tasa de crecimiento absoluto TCA (g/día) = $(P_f - P_i) / t$, donde t = número de días; tasa de crecimiento específico TCE (%/día) = $100 \times (\ln P_f - \ln P_i) / t$; sobrevivencia (S) (%) = (ranas sembradas / ranas cosechadas) $\times 100$ y la tasa de conversión alimenticia aparente $TCAA$ = alimento suministrado / peso ganado de las ranas. Los datos observados se ajustaron al modelo de [11]. El modelo propuesto es:

$$w_t = w_i + (w_f - w_i) \left(\frac{1 - k^t}{1 - k^c} \right)^3 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde W_i es el peso inicial, W_f es el peso final, k se refiere a la velocidad a la cual el peso cambia de su valor inicial a su valor final y c es el tiempo de duración del cultivo.

Posteriormente utilizamos el peso y la longitud total para determinar la relación longitud-peso utilizando la siguiente función potencial:

$$P = aL^b \quad \text{Ec.(2)}$$

donde P es el peso, L es la longitud total y a y b son parámetros por estimar.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El periodo total del cultivo fue de 45 días abarcando la etapa de primavera y parte del verano. Los parámetros ambientales no fueron el foco del presente estudio, dado que se proyectan cuestiones de monitoreo electrónico, pero se registraron temperaturas promedio de 27.5 ± 1.36 y el pH osciló entre 6.4 a 7 con valores promedio de 6.6 ± 0.25 . Estos resultados evaluaron el doble de la producción por tanque que el acuicultor utiliza. Por tanto, los resultados indican que la producción por tanque podría ser aumentada manteniendo los demás parámetros de cultivo. La tasa de sobrevivencia fue del 93%, aceptable para acuicultura según los reportes de [12]. La mortalidad se observó durante todo el cultivo, en trabajos previos se ha observado que la mortalidad es mayor en esta etapa por cuestiones de canibalismo y se mantiene hasta superar las tres pulgadas de longitud, etapa donde la mortalidad se ve disminuida. La información de las tasas de crecimiento en estos sistemas de producción son limitadas, o bien no han sido publicadas, hacer una comparación resulta un tanto complicada. No obstante, son aceptables dentro de los recursos acuícolas con potencial de cultivo, con tasas de crecimiento cerca a 2 g/ día [13]. Para éste cultivo, las ranas toro tuvieron una ganancia en peso superior a los 70 g (Figura 1), registró un peso promedio final de 76.18 ± 6.21 g, una TCA 1.34 g/día y una biomasa final cercana a los 400 kg (Tabla 1).

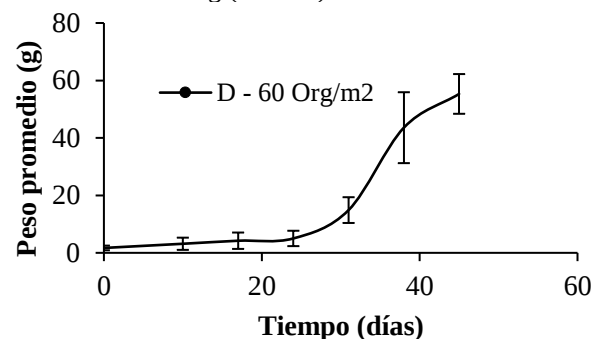


Figura 1. Crecimiento de rana toro cultivada en sistema de flujo continuo de agua por un periodo de 45 días a densidad de 60 ranas/m².

Tabla 1. Desempeño del crecimiento de juveniles de rana toro *Lithobates catesbeianus* cultivada en estanques de flujo continuo de agua por 45 días. Los valores son reportados como promedio $\pm$ DE.

Parámetros de medición	Densidad de cultivo
	1000 org
Peso inicial (g)	1.7 $\pm$ 0.81
Peso final (g)	76.18 $\pm$ 6.21
Ganancia en peso (g)	74.48 $\pm$ 5.40
Biomasa inicial (Kg)	5.1
Biomasa final (Kg)	360
Sobrevivencia (%)	93
FCA	2.6
TCA (g/día)	1.34
TCE (%/día)	7.38

Se presentó una alta variabilidad durante todo el periodo de evaluación. Al final del periodo, se encontraron ejemplares con peso cercano al de la siembra, para ello los trabajos de separación por tallas deben ser mas frecuentes. Una distribución de frecuencia de peso al final de la prueba se muestra en la Figura 2.

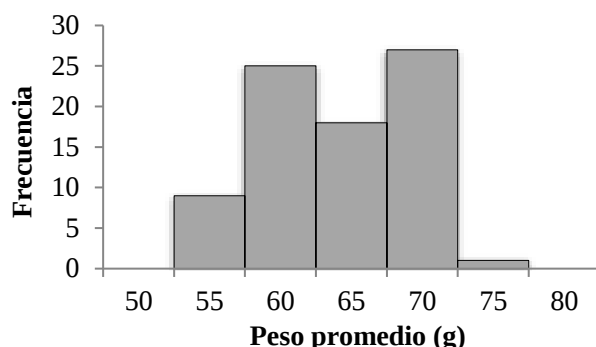


Figura 2. Distribución de frecuencias del peso promedio para rana toro cultivada en sistema de flujo continuo de agua por 45 días a densidad de 60 ranas/m².

Esto obliga a que cada cinco días como mínimo, se requiere una separación de tallas para permitir un crecimiento uniforme y evitar posible dispersión de tallas y canibalismo. Dentro de los primeros 20 días de cultivo el crecimiento fue lento, quizá debido a que las ranas se aclimataron a una densidad mayor, durante las siguientes 25 días la tasa de crecimiento se aceleró, pasando de una TCA de 0.11 a 1.68. Los datos se ajustaron al modelo de crecimiento en peso de Ruiz-Velazco sin contratiempos.

Los parámetros estimados se presentan a continuación (Tabla 2; Figura 3).

Tabla 2. Parámetros estimados para el modelo de Ruiz-Velazco ajustado al crecimiento de rana toro en cautiverio a una densidad de 60 ranas/m².

Densidad	Modelo	wi	wf	k
60 ranas/m ²	Ruiz-Velazco	0.987	89.273	0.997

Para este recurso bajo estas condiciones de cultivo, se presentan los primeros resultados de modelación utilizando un modelo de crecimiento diseñado para su aplicación en acuicultura. Este nuevo modelo puede estar sujeto a criticas, sin embargo es importante mencionar que el uso de este modelo debe de ser considerado como modelo candidato principal para describir el crecimiento en peso de organismos acuáticos bajo condiciones de cultivo.

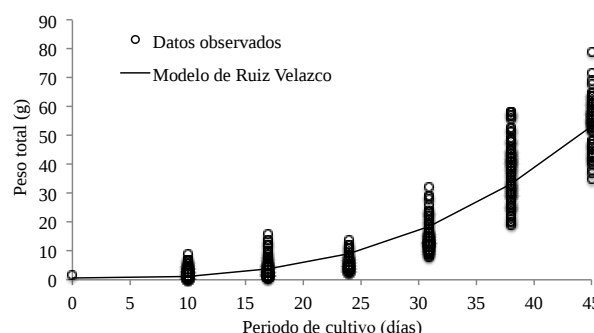


Figura 3. Modelo de Ruiz-Velazco ajustado a la tasa de crecimiento de rana toro cultivada en estanques de flujo de agua continua durante 45 días a una densidad de 60 ranas/m².

Cabe mencionar, que para una mejor expresión del modelo y su comparación con otros modelos de crecimiento, se sugiere un mayor aumento en la temporalidad del cultivo, de al menos dos meses mas de evaluación, con ello podría explicarse una parte de la información asintótica del crecimiento. Ya que el comportamiento general de los recursos bajo condiciones de cultivo es la formación de una curva en forma de S [14] y [15], la cual describe tres etapas principalmente; en la etapa 1 se presenta un crecimiento lento debido a la aclimatación, la etapa 2 presenta un crecimiento de mayor aceleración donde los organismos ganan mayor peso y la etapa 3 donde los organismos presentan un punto de inflexión. Por lo anterior, el enfoque del modelo de Ruiz-Velazco aplicado en este estudio puede considerarse una mejora relevante en la descripción de un modelo de crecimiento.

La relación longitud-peso se ajustó bien a los datos registrados. Los valores de la función son los siguientes: $P = 0.102 L^{2.86}$. Una prueba t ($H_0: b = 3$) sugirió que el crecimiento de rana toro podría ser alométrico negativo (Figura 4).

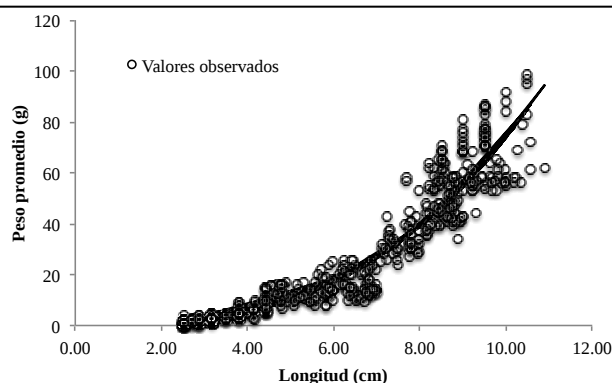


Figura 4. Ajuste de la relación longitud peso para la rana toro en cautiverio a una densidad de 60 ranas/m².

CONCLUSIONES

Los datos iniciales sugieren que el modelo de Ruiz-Velazco puede ser evaluado con otros modelos de crecimiento para optimizar la ecuación que mejor describa el crecimiento de rana toro bajo condiciones de cultivo similares. El análisis de la relación longitud-peso mostró que el patrón de crecimiento de rana toro ($b = 2.86$) es alométrico negativo, donde el crecimiento en longitud es menor que el crecimiento en peso y la especie se hace más robusto en peso corporal. Para saber si esta relación es constante durante su periodo de cultivo, se sugiere seguir recopilando datos para futuras aplicaciones. Por lo anterior, se recomienda seguir generando datos e información sobre el cultivo de rana toro en fases de cultivo cercanas a la cosecha para disponer una información más amplia de su periodo de cultivo comercial, ya que estos parámetros reportados solo son válidos de aplicar en intervalos de peso de 1.7 a 60 g de peso, y cualquier extrapolación es incierta. Por lo anterior, es posible que los parámetros estimados en este artículo puedan cambiar cuando se consideren de forma amplia datos de juveniles y engorda. Además se propone contemplar una línea de investigación incluyendo sensores de medición de parámetros de operación como complemento, de igual manera una segunda línea de investigación puede considerar separadores mecánicos con el objetivo de reducción de tiempos operativos. Estos resultados forman parte de los estudios multidisciplinarios sobre acuicultura que se realizan en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mazatlán y que sin duda fortalecen la ranicultura en México.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a las autoridades del Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 19973, convocatoria 2024.

BIBLIOGRAFÍA

[1] INAPESCA. (2018). Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Rana toro. Acuicultura comercial. <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y>

programas/acuicultura-rana-toro

[2] Flores-Nava, A., & Vera-Muñoz, P. (1999). Growth, metamorphosis and feeding behavior of *Rana catesbeiana* Shaw 1802 tadpoles at different rearing densities. *Aquaculture Research*, 30(5), 341-347. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00335.x>

[3] Hernández-López, C.H. & Hernández-Yau, J.A. (2023). Crecimiento de juveniles de rana toro en estanques de flujo continuo de agua como alternativa de seguridad alimentaria de las comunidades pesqueras. *IPSUMTEC*, 6(4), ISSN: 2594-2905.

[4] Islas-Ojeda, E., García-Munguía, A., Chávez-González, L., López-Gutiérrez, M., Hernández-Valdivia, E., & García-Munguía, C. (2021). Sustainable production of bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*) with reused water from a Biofloc system. *Abanico veterinario* ISSN 2448-6132.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.37>

[5] Schnute, J. (1981). A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can J Fish Aquat Sci*. 38(9): 1128-1140.

[6] Gompertz, B. (1825). On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new model determining the value of life contingences. *Philos T R SOC A*. 115(1825): 515-585.

[7] Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fish Res Board Can Bulletin*. 191.

[8] Prein, M., Hulata G., & Pauly, D. (1993). Multivariate methods in aquaculture research: case studies of tilapia in experimental and commercial systems. *International Center for Living Aquatic Resources Management*, Manila.

[9] Katsanevakis, S. (2006). Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fishery research* 81:229-235.

[10] Benetti, D., Hanlon, B., Rivera, J., Welch, A., Maxey, C., & Orhun, M. (2010). Growth rates of cobia, (*Rachycentron canadum*) cultured in Open Ocean submerged in the Caribbean. *Aquaculture* 302:195-201.

[11] Ruiz-Velasco, J. M. (2011). Modelo bioeconómico para el análisis de riesgo del cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, México 161 pp.

[12] Hernández, C.H., Hernández, C., Martínez-Cordero, F.J., Castañeda-Lomas, N., Rodríguez-Domínguez, G., Tacon, A.G., & Aragón-Noriega, E.A. (2016). Effect of Density at harvest on the growth performance and profitability of hatchery-reared spotted rose snapper, *Lutjanus guttatus*, cultured in floating net cages. *J World Aquacult Soc*. 47(1):51-60. <https://doi.org/10.1111/jwas.12253>

[13] Hernández, C., Ibarra-Castro, L., Hernández, C.H., Quintero-Martínez, G., Aragón-Noriega, E.A., Tacon, A.G. (2015). Growth performance of spotted rose snapper in floating cages and continuous water-flow tank systems. *N Am J Aquacult*. 77(4): 423-428.

<https://doi.org/10.1080/15222055.2015.1032458>

[14] Arzola-Sotelo, E. A. (2014). Aplicación del enfoque multimodelo para la evaluación del crecimiento individual de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California. *Ciencia Pesquera*, 22(1): 79-88.

[15] Jurado-Molina, J., Hernández-López, C. H., & Hernández, C. (2023). Evaluation of fish density influence on the growth of the spotted rose snapper reared in floating net cages using growth models and non-parametric tests. *Ciencias Marinas*, 49. <https://doi.org/10.7773/cm.y2023.3253>

ROLES DE CONTRIBUCIONES

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Carlos Humberto Hernández López<Principal> Heimy Martínez Sánchez <Igual> Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares<Igual> David Noriega Urquidez<Igual>
Curación de datos	Carlos Humberto Hernández López
Metodología	Carlos Humberto Hernández López<Igual> Heimy Martínez Sánchez<Igual> Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares<Igual> David Noriega Urquidez<Igual>
Recursos	Tecnológico Nacional de México Convocatoria 2024
Supervisión	Carlos Humberto Hernández López<Igual> Heimy Martínez Sánchez<Igual> Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares<Igual>
Validación	Carlos Humberto Hernández López<Igual> David Noriega Urquidez<Igual> Heimy Martínez Sánchez<Igual> Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares<Igual>

Redacción. Preparación del documento original	Carlos Humberto Hernández López<Principal> David Noriega Urquidez<Igual>
Redacción. Revisión y edición	Carlos Humberto Hernández López<Igual> David Noriega Urquidez<Igual> Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares<Igual> Heimy Martínez Sánchez<Igual>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.