

# CRECIMIENTO DE JUVENILES DE RANA TORO EN ESTANQUES DE FLUJO CONTINUO DE AGUA COMO ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LAS COMUNIDADES PESQUERAS

## GROWTH OF BULLFROG JUVENILES IN CONTINUOUS FLOW PONDS AS A FOOD SECURITY ALTERNATIVE FOR FISHING COMMUNITIES

Hernández López Carlos Humberto<sup>1</sup>, Hernández Yau Juan Antonio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctor en Ciencias en Recursos Acuáticos, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mazatlán / Ingeniería en Pesquerías, [carlos.hl@mazatlan.tecnm.mx](mailto:carlos.hl@mazatlan.tecnm.mx) Cel. 6691608165. 82070 Mazatlán, Sinaloa.

<sup>2</sup>Ingeniero en Pesquerías, Global Fish y Acuacultura S.A. de C.V. [hyau83@gmail.com](mailto:hyau83@gmail.com) Cel. 6691512281. Mazatlán, Sinaloa.

**Resumen** -- El desempeño del crecimiento de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) cultivado en estanques de flujo continuo de agua fue estudiado y discutido. Se sembraron 1500 juveniles de rana toro (promedio de 13 g) en tres tanques (500 ranas por tanque). Las ranas se alimentaron dos veces al día con una dieta para trucha. La tasa de sobrevivencia fue del 80%. Después de 60 días las ranas presentaron valores de crecimiento para ser considerados como un cultivo alternativa en la acuicultura, mostrando un TCA superior a 1.5 en organismos mas grandes. El análisis de ajuste de modelo sugirió que el modelo de Ruíz presento un soporte de los datos del 100%. Estos datos fortalecen el potencial productivo de la acuicultura de rana toro en estanques de flujo continuo de agua.

**Palabras Clave:** Rana toro, crecimiento, producción, modelos de crecimiento, seguridad alimenticia,

**Abstract** -- Growth performance of bullfrog's cultured in continuous water flow tank was studied and discussed. 1500 bullfrogs juveniles were stocked in three tanks (500 frogs/tanks). Frogs were fed twice daily with a trout diet. The survival rate was 80%. After 60 days, the frogs presented growth values to be considered as an alternative in aquaculture, showing a TCA greater than 1.5 in larger organisms. The model fit analysis suggested that Ruíz model presented 100% data support. These data strengthen the productive potential of bullfrog's aquaculture in continuous water flow tank.

**Key words** – Bullfrog, growth, production, growth models, food safety

### INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento responsable de los recursos acuáticos se ha convertido en un problema a nivel nacional y se prevé desde hace ya varios años que las capturas de los recursos pesqueros sea limitada, al menos para cumplir con el abasto de alimento para consumo humano directo. La acuicultura que hasta hace algunos años ha sido el sostén de este sector que presenta ya problemas con perspectivas de crecimiento en tanto se cultiven las mismas especies [1-2]. En ese sentido, emerge el cultivo de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) como una

actividad con perspectivas de crecimiento y contribución a la seguridad alimentaria, generación de empleos y desarrollo social. Instituciones gubernamentales como la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) ha promovido el cultivo de rana toro como alternativa de desarrollo social y económico, por ello es indispensable elaborar, promover y aplicar acciones para fortalecer su producción responsable [3].

Históricamente la acuicultura mexicana está enfocada en especies como el camarón, la tilapia y siguen los esfuerzos con especies de peces marinos en muchos casos utilizando sistemas de flujo continuo de agua. Las técnicas de cultivo en sistemas de flujo continuo de agua están bien establecidas y su control nos permite maximizar los niveles de crecimiento. Existen algunos casos de éxito durante la implementación de estos sistemas para la producción de peces marinos [4]. En cuanto a la producción de rana toro en México, las estadísticas de producción son limitadas sin embargo, es ampliamente conocido que los niveles de producción son cada vez mayores, sobre todo las exportaciones hacia países como Estados Unidos. FAO (2020) reporta una producción de ranas spp de 131,300 toneladas, un dato interesante es que para el año 2002 se estimó que el 15% del mercado global de ranas toro fue abastecido por la acuicultura [5]. Durante los últimos 10 años, la producción de ranas aumento de 79,600 a 107,300 toneladas, dejando aún una brecha insatisfecha entre la oferta y la demanda, sobre todo para los países como Taiwan, Brasil y México, al ser los mayores productores y comercializadores de rana toro con tres áreas de mercado; ranas vivas, ranas para estudios científicos y ancas de rana, ordenadas de menor a mayor precio comercial. Con base en su valor y demanda en los mercados [5-6] y las investigaciones recientes, el cultivo de rana toro ha sido identificado como una oportunidad de producción siendo así un recurso potencial en la acuicultura comercial en México. La producción de rana toro en México se ha mantenido, y en algunos Estados como en Sinaloa ha aumentado, aún con el cierre de mercados derivados del Covid-19. La pandemia no solo dejó estragos en el sector, sino que al final también favoreció la producción de rana toro, ya que la sociedad inició una mayor preocupación de ingesta de alimentos de

mayor calidad nutricional (*comunicación personal con exportadores de rana toro viva a mercados de Estados Unidos*). Se sabe que durante varios gobiernos mexicanos la seguridad alimentaria ha sido un tema relevante y prioritario, ya que somos más de 132,000 millones de habitantes y el país presenta una tasa promedio de crecimiento de 1.4% durante la última década. Este artículo tiene como objetivo conocer el potencial de crecimiento de rana toro así como comparar los modelos de Ruíz y Logístico e identificar cual de ellos describe mejor el crecimiento de rana toro en estanques de flujo continuo de agua.

## DESARROLLO

### Metodología

Se obtuvieron 1500 ranas toro reproducidas en criadero con un peso promedio inicial de  $13 \pm 3.16$  g, todos las ranas fueron obtenidos de los mismos reproductores. Durante el experimento, las ranas se distribuyeron aleatoriamente pero en cantidades iguales (500 ranas en cada tanque / densidad de 30 ranas por  $m^3$ ) en tres tanques de flujo continuo de agua con capacidad de  $120 m^3$  con profundidad inundable de 20 cm. Para los tres tanques 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 de los tanques. El agua fue bombeada desde pozos y no tiene ningún tratamiento para su uso en el cultivo. Las ranas fueron alimentadas dos veces al día (8:00 y 16:00 horas) con una dieta para trucha. El alimento se suministró al 4% de su biomasa durante todo el experimento. Se tomaron muestras cada 10 días para monitorear el crecimiento y hacer ajustes en la alimentación. De cada tanque se obtuvo una muestra de 50 ranas; las ranas se capturaron con redes "cucharones" y posteriormente fueron pesadas en una báscula digital porcionadora Torrey hasta 5 kg. Las ranas se cultivaron durante 60 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 [7]: 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) (%) = (peces sembrados / peces cosechados)  $\times 100$  y la tasa de conversión alimenticia aparente  $TCAA$  = alimento suministrado / peso ganado de los peces. La curva de crecimiento se ajustó a dos modelos utilizando el método de mínimos cuadrados. Como parte inicial al conocimiento de los datos, se aplicó un enfoque multimodal [8] para seleccionar el mejor modelo con el AIC [9] que describa el crecimiento de juveniles de rana toro, utilizando como modelos candidatos el modelo de Ruiz-Velasco [10] y el modelo Logístico [11]. Los modelos candidatos son:

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

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.

$$w_t = A / (1 + B e^{-kt}) \quad \text{Ec. (2)}$$

donde  $A$  = peso asintótico,  $B$  y  $k$  son parámetros del modelo y  $t$  = tiempo  $t$ .

$$AIC_c = 2(k - LL) + (2k(k + 1) / (n - k - 1)) \quad \text{Ec. (3)}$$

donde  $k$  = número de parámetros a estimar en el modelo,  $n$  el número de datos y  $LL$  es la función de máxima Log verosimilitud. Los parámetros fueron estimados maximizando la función de log-verosimilitud:

$$LL = \left( -\frac{n}{2} \right) (\ln(2\pi) + 2\ln(\sigma) + 1) \quad \text{Ec. (4)}$$

El peso de Akaike fue estimado como:

$$W_i = \frac{e^{-0.5\Delta AIC}}{\sum_{i=1}^n e^{-0.5\Delta AIC}} \quad \text{Ec. (5)}$$

El  $W_i$  es considerado como el peso de evidencia a favor del modelo  $i$  de los dos modelos candidatos.

## DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los juveniles de rana toro se adaptaron al sistema de flujo de agua continua. La tasa de sobrevivencia fue del 80%, aceptable según los reportes de [5]. La mortalidad se observó durante todo el cultivo, en trabajos previos se ha observado que la mortalidad es mayor en esta etapa y sigue así no hasta superar las tres pulgadas. Si bien las tasas de crecimiento son aceptables dentro de los parámetros de la acuicultura, para este recurso resulta un tanto complicada su comparación, dado que los resultados de crecimiento de rana toro en cultivo son limitados o bien, no han sido publicados. Para este cultivo, las ranas toro tuvieron una ganancia en peso cercana a los 20 g (Figura 1), registró un peso promedio final de  $29.79 \pm 4.42$  g, una TCA  $< 1$  g/día y una biomasa final superior a los 400 kg (Tabla 1). Una distribución de frecuencia de peso al final de la prueba se muestra en la Figura 2. Se destaca la gran variabilidad en el crecimiento durante toda la evaluación, se siguieron encontrando ranas con el mismo peso aún cuando ya se tenía un periodo de 20 días de cultivo. Esto obliga a que cada cinco días como mínimo, se requiere una separación de tallas para permitir un crecimiento uniforme y evitar la dispersión y canibalismo.

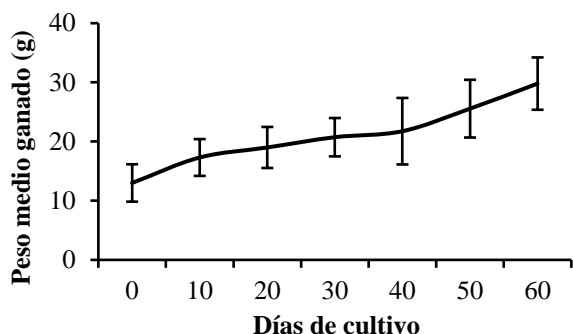


Figura 1. Curva de crecimiento de rana toro cultivada en sistema de flujo continuo de agua por un periodo de 60 días. Los valores son promedio  $\pm$  error estándar

Tabla 1. Desempeño del crecimiento de juveniles de rana toro *Lithobates catesbeianus* cultivada en estanques de flujo continuo de agua por 60 días. Los valores son reportados como promedio  $\pm$  DE

Parámetros de medición	Densidad de cultivo
	500 org/m <sup>2</sup>
Peso inicial (g)	13.00 $\pm$ 3.16
*Peso final (g)	29.79 $\pm$ 4.42
Ganancia en peso (g)	16.80 $\pm$ 1.26
Biomasa inicial (Kg)	195
Biomasa final (Kg)	360
Sobrevivencia (%)	80
FCA	1.6
*TCA (g/día)	< 1
TCE (%/día)	1.38

\*Si se consideran las ranas grandes en esta evaluación el TCA es cercano a 1.5 y el Peso Final incrementa hasta los 80 g promedio.

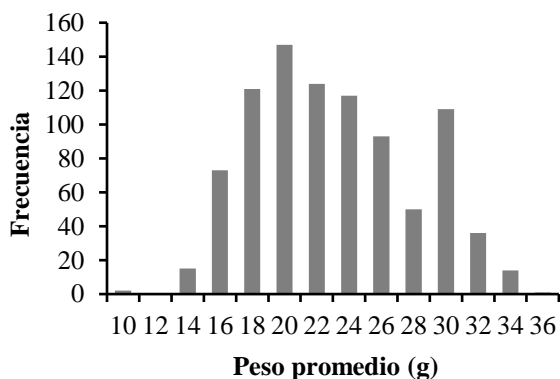


Figura 2. Distribución de frecuencias de peso para rana toro cultivado en sistema de flujo continuo de agua

El mejor modelo de crecimiento para la rana toro fue el de Ruíz-Velasco registrando un soporte en los datos del 100% (Tabla 2; Figura 3). El modelo Logístico tuvo nulo soporte en los datos.

Tabla 2. Índice, diferencias y peso de Akaike de los dos modelos ajustados al crecimiento de rana toro

Caso	K	AIC	$\Delta$ AIC	Wi (%)
Ruíz	3	3952	0.00	100
Logístico	3	4009	57.71	0.00

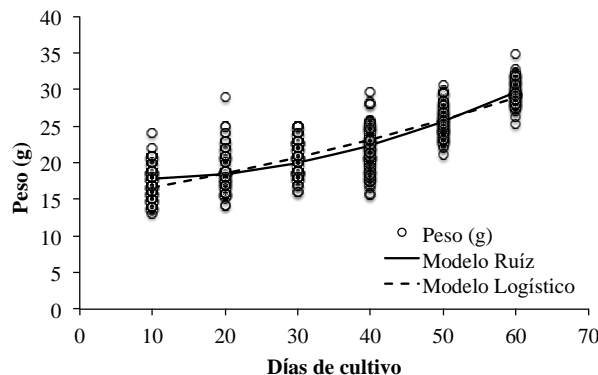


Figura 3. Modelos ajustado a la tasa de crecimiento de rana toro cultivado en estanques de flujo de agua continua

Estos ejemplos de modelación matemática para el crecimiento de rana toro son los primeros indicios de un trabajo científico, al menos durante la exploración de trabajos estos no fueron encontrados. Para el manejo biológico sobre los parámetros de crecimiento de organismos acuáticos el modelo mas popular y comúnmente utilizado es el modelo de crecimiento en longitud de [12] el cual aún es una alternativa usada en los estudios de crecimiento de peces [13]. Sin embargo, [14] demostró que la inferencia multimodelo es una mejor herramienta. No obstante, al utilizar esta herramienta y comparar varios modelos, el modelo de Von Bertalanffy no se ha ajustado al crecimiento de peces en acuicultura, esto debido a que las curvas de esta ecuación son un mal descriptor en las etapas tempranas de los organismos marinos. En el presente estudio, el mejor modelo para la curva de crecimiento fue el modelo de [10], curva que explica un tiempo inicial, además de tener un solo datos de crecimiento para cada periodo de tiempo, como frecuentemente sucede con las especies acuícolas. De igual manera, estas curvas de crecimiento coinciden con lo descrito por Arzola-Sotelo [15] para las curvas en forma de "S" (Logística) misma que presenta tres etapas de crecimiento: la primera es de un crecimiento lento debido a una posible aclimatación, seguido por una segunda etapa de crecimiento rápido donde los organismos ganan mayor peso y la tercera atapa donde se produce un punto de inflexión y el crecimiento se hace mas lento ya que el pez se acerca asintóticamente a su peso máximo.

## CONCLUSIONES

Los datos obtenidos sugieren que la rana toro cultivada en tanques de flujo de agua continua mostró rendimientos favorables para su cultivo, sin embargo, experimentos pilotos comerciales deberían llevarse a

cabo para determinar tasas de alimentaciones óptimas para su producción. Respecto a otros organismos acuáticos, los juveniles de rana toro no presentan una limitante para su cultivo comercial a gran escala. Considerando lo anterior, se recomienda intensificar investigaciones además de generar recursos humanos por líneas de investigación prioritarias para el desarrollo de la ranicultura en México. De ellas destacan por orden de prioridad la alimentación automatizada con el objetivo de maximizar el crecimiento y homogeneizar estructura de tallas, además de separadores manuales o automatizados, dado que la separación de tallas requiere de una inversión de tiempo mayor.

La continuidad del estudio de este recurso bajo estas condiciones, es importante para proporcionar datos e información y adquirir conocimientos para optimizar su producción mejorando la gestión y la operatividad de este recurso en cautiverio. Ello es sin duda una alternativa de desarrollo social, económico y que mejora la disponibilidad de alimento para las comunidades menos favorecidas.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] Hernández CH, Hernández C, Martínez-Cordero FJ, Castañeda- Lomas N, Rodríguez-Domínguez G, Tacon AGJ, Aragón- Noriega EA. 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>

[2] Hernández C, Ibarra-Castro L, Hernández CH, Quintero-Martínez G, Aragón-Noriega EA, Tacon AG. 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>

[3] INAPESCA. 2018. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Rana toro. Acuicultura comercial. <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-rana-toro>

[4] Álvarez-Lajonchère, L., Reina-Cañez, M. A., Camacho-Hernández, M.A., and Kraul, S. 2007. Desing of a pilot-scale tropical marine finfish hatchery for a research at Mazatlán, Mexico. *Aquacultural Engineering* 36:81-96.

[5] Islas-Ojeda, E., García-Munguía, A., Chávez-González, L., López-Gutierrez, 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>

[6] Musigapan, R., Promya, J., Tongsir, S., Thiammueang, D. and Chitmanat, C. 2022. Consumer acceptance and new business development of processed frog products in Chiang Mai province. *Food Research* 6(5): 250-255. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(5\).876](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(5).876)

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

[8] 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>

[9] Akaike H. 1992. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Kotz S, Johnson N (eds.), *Breakthroughs in Statistics*. New York (USA): Springer Verlag. p. 610–624.

[10] 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.

[11] Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin of the Fisheries of the Research Board of Canada* 191.

[12] Von Bertalanffy L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. *Q Rev Biol.* 32(3):217–231. <https://doi.org/10.1086/401873>

[13] Gherard, K.E., B.E. Erisman, O. Aburto-Oropeza, K. Rowell, and L.G. Allen. 2013. Growth, development, and reproduction in Gulf corvine (*Cynoscion othonopterus*). *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 112:1-18.

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

[15] 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.

### ROLES DE CONTRIBUCIONES

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Carlos Humberto Hernández López
Curación de datos	Carlos Humberto Hernández López Juan Antonio Hernández Yau
Metodología	Carlos Humberto Hernández López
Recursos	Carlos Humberto Hernández López Juan Antonio Hernández Yau
Supervisión	Juan Antonio Hernández Yau
Validación	Juan Antonio Hernández Yau Carlos Humberto Hernández López

Redacción. Preparación del documento original	Carlos Humberto Hernández López
Redacción. Revisión y edición	Carlos Humberto Hernández López Juan Antonio Hernández Yau



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