

APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DE VON BERTALANFFY PARA EVALUAR EL CRECIMIENTO DE *Macrobrachium rosenbergii* EN CULTIVO SEMI-INTENSIVO EN LA ESTACIÓN DE BIOECOLOGÍA PRODUCTIVA DE SAN JUAN DE CURUMUY, PIURA-PERÚ

Data de submissão: 17/01/2025

Data de aceite: 05/02/2025

A. Salgado-Ismodes

Dpto. de Ciencias Biológicas
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Piura

A. Salgado-Leu

Dpto. de Ciencias Biológicas
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Piura

RESUMEN: En el manejo del cultivo de cualquier especie acuícola, resulta necesario hacer el seguimiento de cómo se comporta ésta, en términos de su crecimiento en longitud y peso, densidades, supervivencia, entre otros. Por tanto, es indispensable tener información, lo más aproximado a lo real sobre uno de estos factores como es el crecimiento que esta experimentando la especie sometida a cultivo. Uno de los modelos que se aplica para estos fines, es el modelo de Von Bertalanffy, inicialmente, utilizado para evaluar el crecimiento en diversas pesquerías. En consecuencia, se propone traer este modelo para evaluar el crecimiento de la especie, en este caso, al “camarón gigante de Malasia”, *Macrobrachium rosenbergii*, sometida a un cultivo semi-intensivo. Este modelo

permite obtener información sobre la longitud y peso asintóticos (máximos), así como su velocidad y tiempo de crecimiento. Para estos efectos se sembraron 250 individuos juveniles en cada estanque de 37 metros cuadrados, con una columna de agua de 1 m. La densidad de siembra fue de 6,7 individuos por metro cuadrado. El tamaño promedio de los juveniles fue de 34,21 mm y peso de 0,23169 g. Se propusieron tres tratamientos alimenticios, (A) harina de pescado (40%) + polvillo de arroz (60%); (B) harina de pota (40%) + polvillo de arroz (60%), y (C) sin alimento. Cada tratamiento tuvo dos réplicas. La alimentación fue suministrada dos veces al día. Al cabo del quinto mes, los tratamientos A y B obtuvieron los mayores crecimientos (162,35 y 160,93 mm, respectivamente) y longitudes asintóticas de 385,65 y 448,53 mm, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Von Bertalanffy, *Macrobrachium*, crecimiento

APPLICATION OF VON BERTALANFFY MODEL TO GROWING ASSESSTMENT OF MACROBRACHIUM ROSENBERGII IN SEMI-INTENSIVE FARMING IN ESTACIÓN DE BIOECOLOGIA PRODUCTIVA SAN JUAN DE CURUMUY, PIURA-PERU

ABSTRACT: Assessment strategies for following behaviours of growing in length and weight, densities, survival, among others, must be needed in aquaculture species. Therefore, it is essential to get the more real information, in this case on growing of the species cultured. One of the models applied for these purposes is the Von Bertalanffy model, which was, primarily, used to assess the growth of species belonged to different fisheries. As a consequence, it is proposed to apply this model to assess the growing of the specie, in this case “giant freshwater prawn”, **Macrobrachium rosenbergii**, subjected to a semi-intensive culturing. For this purpose, 250 juveniles were seeded in each pond (37 square meters). Initial density was 6,7 individuals per square meter. Average size of juveniles was 34,21 mm and 0,23169 g. Three feeding treatment were essayed with two replicates: Treatment (A) fish meal (40%) + rice bran (60%); Treatment (B) giant squid meal (40%) + rice bran (60%); and Treatment (C) no feeding. At month 5, treatment A and B got the highest size (162,35 and 160,93 mm respectively) and Asinthotic lengths of 385,65 and 448,53 mm respectively.

KEYWORDS: Von Bertalanffy, Macrobrachium, growth

1 | INTRODUCCIÓN

El “Camarón gigante de Malasia”, *Macrobrachium rosenbergii* fue introducido por la Universidad Nacional Agraria La Molina, por los años 1983, mediante la siembra de post-larvas traídas de Israel y Panamá. A partir de esa introducción, la especie se ha propagado a través de su cultivo a distintas regiones del país (Salgado, 1995). Esta actividad llegó a Piura luego de haber pasado por periodos de adaptación y ensayos preliminares (Salgado, 2001), habiendo alcanzado niveles comerciales.

Para esto, lograr comprender las características del crecimiento de la especie en el cultivo, resulta fundamental para su manejo y constante evaluación en acuicultura (Sampaio and Venturi, 1996; Ibarra and Wehrtmann, 2020). El crecimiento es el incremento en longitud, volumen o peso en un determinado tiempo (Hartnoll, 1982), que resulta del balance entre los procesos anabólicos y catabólicos que ocurren en el individuo (Von Bertalanffy, 1938)

En acuicultura, el análisis de la información del crecimiento, mayormente recae en los datos del inicio y de la finalización de la cosecha, soslayando la información que puede haberse tomado o no durante el tiempo de cultivo. En este sentido, en el presente trabajo, se ha efectuado el seguimiento de este parámetro, para lo cual, los datos obtenidos han sido obtenidos de Salgado (2001) y ajustados a los modelos desarrollados para estos objetivos y que permiten efectuar una comparación cuantitativa relacionada a la condición del animal, su alometría en el crecimiento, su longitud y peso asintóticos y velocidad y tiempo de crecimiento, con el fin de optimizar ingredientes alimenticios, y tiempo optimo

de cosecha mediante el uso del modelo de crecimiento de von Bertalanffy. (Dominguez et al., 2024).

2 | MATERIAL Y METODOS

El trabajo se ejecutó en las instalaciones de la Estación de Bioecología Productiva de San Juan de Curumuy, Medio Piura, que conduce el Departamento de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Piura. Se estabularon 250 individuos juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* (34,21 mm y 0,2316 g de longitud y peso respectivamente), en cada estanque de mampostería (láminas de piedra + cemento, tanto en paredes como en fondo) y cuyas dimensiones fueron: largo, 9,5 m; ancho, 3,9 m; y profundidad 1,2 m. (En total, 6 estanques). Los juveniles provenían de la fase de precrianza efectuada en la misma Estación. El agua utilizada fue tomada del canal Parales del sistema de riego Chira-Piura que irriga la zona de Curumuy, ingresando esta a los estanques por un tubo PVC 4" de diámetro, cubierto de malla celosía para impedir el ingreso de predadores y otros. La estructura de desagüe estaba formada por un monge con tubo de cemento de 8" de diámetro, accionado con mallas y tablas corredizas. La tasa de renovación de agua fue de 2% diario, llegándose a tener periodos sin abastecimiento de agua por razones de la Administración del valle. La densidad de siembra fue de 6,7 individuos por metro cuadrado. Se plantearon tres tratamientos con dos repeticiones cada uno: Tratamiento A (T-A) - Harina de pescado (40%) + Polvillo de arroz (60%); Tratamiento B (T-B) – Harina de pota (40%) + Polvillo de arroz (60%); y Tratamiento C (T-C) – Testigo (sin alimento). Los animales fueron alimentados inicialmente con una ración diario de 200 gramos del alimento correspondiente; luego fue suministrado *ad-libitum*, evaluándose su consumo y reajuste mediante la instalación de "muestreadores" (aros de metal de 0,5 m de diámetro, con malla celosía adherida a la superficie circular) colocados sobre el fondo de cada estanque. El consumo de alimento se evaluó sobre la cantidad que se posaba sobre la malla del aro de muestreo, efectuándose el reajuste pertinente. La ración diaria se dividió en dos porciones: 25% por la mañana (09 horas) y 75% por la tarde (18 horas). Se realizaron tomas de muestras mensuales de ejemplares (25 individuos) en cada estanque, con la finalidad de evaluar el crecimiento en longitud y en peso. El proceso y análisis de los datos se efectuaron según Santos (1978), determinándose para cada uno de los tratamientos las siguientes expresiones y parámetros:

-Relación entre el peso (P en gramos) y la longitud (L en mm)

Se utilizó la expresión matemática $P=F.L^n$ correspondiente al gráfico resultante de relacionar Pesos contra Longitudes, corroborado por la linealidad de su transformación logarítmica, donde "F" (factor de condición que mide el grado de gordura del animal) y "n" mide la alometría del crecimiento.

-Ecuación de crecimiento en longitud y peso

Para expresar el cambio que experimenta la longitud media en función del tiempo de cultivo, se utilizó el modelo de Von Bertalanffy, cuya ecuación se basa en hipótesis fisiológicas que manifiesta que el crecimiento en longitud y en peso, es el resultado de la diferencia entre factores anabólicos y catabólicos considerados proporcionales a la superficie del cuerpo y al peso del animal (Gulland, 1971). Esta expresión matemática es la siguiente:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

Donde:

L_t = longitud media de los individuos en un tiempo de cultivo t ;

L_∞ = longitud media máxima asintótica que los individuos puedan alcanzar en un crecimiento indefinido bajo condiciones de cultivo;

K = coeficiente de crecimiento que mide la velocidad de este;

t = tiempo de cultivo;

t_0 = corrección del tiempo de cultivo para mejorar el ajuste.

Estos parámetros fueron encontrados mediante método de mínimos cuadrados.

Consecuentemente, el valor promedio de $W_\infty = F \cdot L_\infty^n$

Complementariamente, se determinaron los parámetros físico-químicos del agua de cultivo para cada tratamiento: Temperatura, Transparencia, pH y Oxígeno disuelto.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se muestran los resultados del análisis matemático de la relación Peso – Longitud que se le efectuaron a los datos obtenidos de las muestras mensuales. Esta relación resultó expresada en forma diferente, en virtud de las variadas condiciones del hábitat (Santos, 1978)

TRATAMIENTO	ECUACIÓN
A	$P = 2,26 \times 10^{-6} L^{3,29}$
B	$P = 7,59 \times 10^{-6} L^{3,03}$
C	$P = 3,82 \times 10^{-6} L^{3,18}$

Tabla 1.- Expresión matemática de la relación Peso – Longitud según tratamientos

La constante “F” denominada factor de condición mide el grado de engorde o bienestar del animal. Esta constante varió según los tratamientos $P = 2,26 \times 10^{-6}$ para el Tratamiento A; $P = 7,59 \times 10^{-6}$ para el Tratamiento B; y $P = 3,82 \times 10^{-6}$ para el Tratamiento C. De estas, como se observa, el mejor resultó el T-B, muy superior al $P = 1,21 \times 10^{-6}$ encontrado por Sampaio y Valenti, 1996 en Sao Paulo, Brasil, también en cultivos semi-intensivos. Sin embargo, debemos anotar que estos valores son inferiores a los obtenidos en Hawai (Anuenue Fisheries Center): $P = 1,21 \times 10^{-2}$, sometidos estos a niveles de crianza intensiva (Malecha, 1978), así como también lo obtenido en Tailandia $P = 3,4 \times 10^{-3}$ (Menasveta and

Piyatiratitovkul, 1982). En cuanto a la constante “n” relacionada con el tipo de crecimiento de la especie, esta indica modificaciones en la forma ó peso específico del cuerpo de los individuos. Para los tratamientos, esta constante varía entre 3,03 (T-B), 3,29 (T-A), mientras que en Sao Paulo se indica valores entre 3,35 y 3,42 (Sampaio and Valenti, 1996), en Tailandia 3,42 (Menasveta and Piyatiratitovkul, 1982), en Hawai 3,1 (Malecha, 1978), sugiriendo que la mayoría de ellos tienen un crecimiento alométrico positivo (Hartnoll, 1982), siendo el más perfecto el que se acerca a 3 (individuos del T-B = 3,03). En el análisis que se efectúa de la relación Peso – Longitud, el mejor obtenido sugiere la influencia de diversos factores. En el caso que nos ocupa, el crecimiento de los organismos depende de factores endógenos (genéticos) de cada población, así como de factores exógenos (ambientales), que actúan sobre los individuos. Entre los factores exógenos, existen dos de mayor gravitación: la temperatura y la disponibilidad de alimento (Hartnoll, 1982). En este sentido, la mejor relación P/L en la presente experiencia ($P = 7,59 \times 10^{-6}L^{3,03}$), sugiere la influencia del tipo de alimento. Los factores endógenos se descartan puesto que la distribución (siembra) de los juveniles se hicieron al azar.

En el análisis del cuadro 2, se aprecia que los valores obtenidos de las variables L_{∞} y W_{∞} del modelo de Von Bertalanffy, utilizado para expresar el crecimiento en longitud y en peso, se observa que existe variación entre los tratamientos en función de la densidad final o menor sobrevivencia (Croll and van Kooten, 2022). A este respecto y en líneas generales, se observó que conforme disminuyen estas dos variables, existen mayores longitudes y pesos asintóticos (L_{∞} y W_{∞}), como también mayor velocidad de crecimiento en el cálculo de K. No obstante, se puede observar una influencia específica de la harina de pota como ingrediente en el alimento suministrado cambiando esta tendencia, ofreciendo el mayor crecimiento máximo con L_{∞} de 448,53 mm y W_{∞} de 833,42 g, seguido por la harina de pescado con L_{∞} de 385,65 mm y W_{∞} de 728,97 g. Al cabo del quinto mes, se observó que los mayores crecimientos, se obtuvieron con harina de pescado y harina de pota (162,35 y 160,93 mm, respectivamente). No obstante, con harina de pota se logró una supervivencia del 78,5% frente al 39,5% con harina de pescado.

TRATAMIENTOS	SUPERVIVENCIA (%)	DENSIDAD FINAL (ind./m ²)	ECUACIÓN VON BERTALANFFY	W_{∞} (g)
A	39,5	2,65	$L_t = 385,65[1 - e^{-0,1133(t+0,1789)}]$	728,97
B	78,5	5,26	$L_t = 448,53[1 - e^{-0,0912(t+0,1306)}]$	833,42
C	91,0	6,10	$L_t = 219,91[1 - e^{-0,2993(t+0,9646)}]$	107,25

Tabla 2.- Supervivencia, Densidad final y modelo de Von Bertalanffy según tratamientos

Esta misma tendencia es encontrada por Valenti et al., 1993 y Sampaio y Valenti, 1996. Esto se explica en razón de la competencia por alimento y espacio entre los individuos

que residen en una misma área. Cuando el alimento y espacio son limitados, el crecimiento se verá reducido sobre todo por el gasto energético que demanda esta competencia. Esta situación estaría relacionada en el caso de *Macrobrachium rosenbergii* con su territorialidad que se potenciaría más con mayores densidades o sobrevivencias, demandando mayor consumo energético por la situación de tensión (estrés) que provocaría y en consecuencia reflejándose en las variables de crecimiento descritas. Bajo la presencia de agresiones, el estrés es intenso aun cuando el alimento sea abundante (Krebs, 1972). Se desconoce la densidad más baja en las cuales la competencia deja de influir sobre el crecimiento, por lo que resulta recomendable efectuar este tipo de trabajos. Valverde y Velarde, 2020, señalan densidades de 2,5 individuos por metro cuadrado, indicando resultados con buenas rentabilidades. Todos estos factores están considerados en el modelo predictivo que ilustra el tipo de curva obtenida para cada uno de los tratamientos que sirve para hacer predicciones sobre el crecimiento. (Fig. 1) (Lugert et al., 2016).

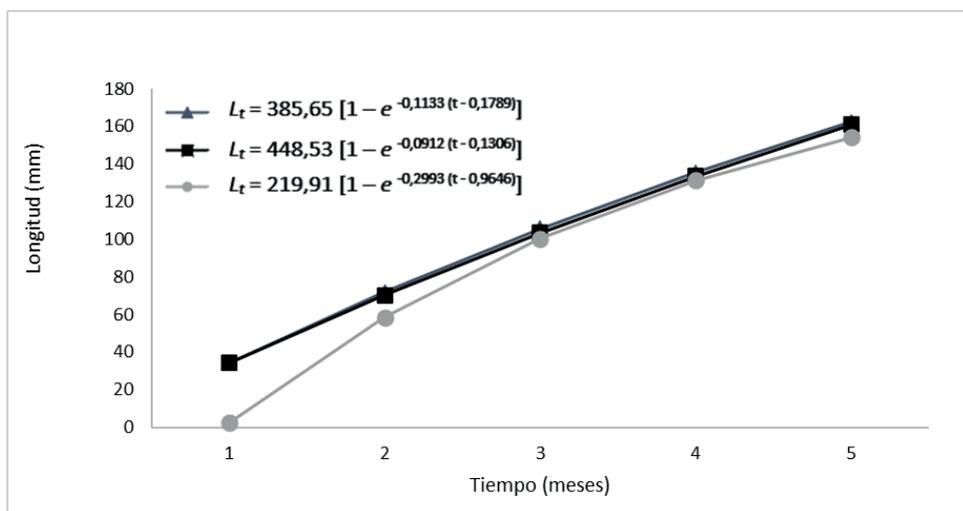


Fig. 1. Curvas de crecimiento de Von Bertalanffy según tratamientos

4 | CONCLUSIONES

El factor de condición y el crecimiento alométrico del “camarón gigante de Malasia”, *Macrobrachium rosenbergii* analizado en la relación Peso-Longitud tiene estrecha relación al tipo de alimento proporcionado, observándose un efecto positivo utilizando harina de pota;

El crecimiento asintótico en longitud y peso, así como la velocidad de crecimiento, considerados en el modelo de Von Bertalanffy, están condicionados con mayor incidencia por la densidad de los individuos en el cultivo que en otras palabras se traduce en competencia por espacio, alimento y sobre todo el estrés relacionado a la territorialidad del

animal, pudiéndose tener una fuerte influencia del tipo de alimento que pueda cambiar esta tendencia. Estos factores están considerados en el modelo para ilustrar y sirven para hacer predicciones de crecimiento.

REFERENCIAS

Croll, J. and van Kooten, T. 2022. **Accounting for temporal and individual variation in the estimation of Von Bertalanffy growth curves.** In: ECOLOGY AND EVOLUTION 12 (12)

Domínguez-May, R., Poot-López, G., Hernández, J., and Velázquez-Abunader, I. 2024. **Optimization of Feed Ration Size in Aquatic System According to the Optimal Control Approach: Implications of Using the von Bertalanffy Growth Model.** In: Aquaculture Research Volume 2024, Article ID 6512507, 13 pages

Gulland, J. 1971. **Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces.** Editorial Acribia, Zaragoza-España. Pag. 39-48.

Hartnoll, R. 1982. **Growth.** In: Bliss, D. E. (Ed. The biology of Crustacea. Embriology, Morphology and Genetics. New York, Academic Press, Inc. v.2, p. 111-198.

Ibarra, M. and Wehrtmann, I. 2020. **Estimates of growth and longevity of six species of freshwater shrimps (Macrobrachium spp.) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) from Costa Rica.** In: JOURNAL OF CRUSTACEAN BIOLOGY 40 (1), pp.45-57

Krebs, C. 1972. **Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance.** Harper and Row, New York, U.S.A.

Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C. And Krieter J. 2016. **A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application.** In: Reviews in Aquaculture 8, 30–42

Malecha, S. 1978. **Aquaculture of freshwater prawn, Macrobrachium rosenbergii in Hawaii: History, present status and application to other areas.** In: Anais Simposio Brasileiro de Aquicultura. Recife-Pe. Jan. 1 – 23, 1978. Pag. 25-38.

Menasveta, P. and Piyatiratitvokul, S. 1982. **Effects of different culture systems on growth, survival and production of the giant freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii De Man).** In: Development in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 10. Giant Prawn Farming. Ed. Michael B. New. Elsevier Scientific Publishing Company. Pag. 175-189.

Salgado, I. 1995. **El engorde del camarón, Macrobrachium rosenbergii. Estudio de factibilidad técnico-económico.** 56 pp.

Salgado, I. 2001. **Efectos de dos dietas con diferentes fuentes proteicas animales, en la fase de engorde de Macrobrachium rosenbergii (De Man).** En: Universalia 6 (2): 27-35.

Santos, E. 1978. **Dinámica de Populacoes aplicada a pesca e piscicultura.** HUCITEC/EDUSP, Sao Paulo. Pag. 15-45.

Sampaio, C. and Venturi, W. 1996. **Growth curves for Macrobrachium rosenbergii in semi-intensive culture in Brazil.** In: Journal of the World Aquaculture Society Vol. 27, N° 3: 353-358.

Valenti, W., Mello, J. e Castagnolli, N. 1993. **Efeito de densidade populacional sobre as curvas de crescimento de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) em cultivo semi-intensivo (Crustacea, Palaemonidae)**. En: Revista Brasileira de Zoologia 10: 427-438.

Valverde, J. y Velarde, A. 2020. **Efecto de la densidad de siembra en la productividad y rentabilidad del langostino *Macrobrachium rosenbergii* en la fase de engorde en estanques, Costa Rica**. En: Rev. Inv.Vet, Perú. 31 (3).

Von Bertalanffy, L. 1938. Hum. Biol., **A quantitative theory of organic growth** 181-213 10 2.