

IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE ALIMENTACIÓN DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei* EN CULTIVO MEDIANTE EL USO DE LA REGRESIÓN LOGÍSTICA

IDENTIFICATION OF FEEDING STATUS OF SHRIMP *Litopenaeus vannamei* FARMED BY USING LOGISTIC REGRESSION

Juan Carlos Valdelamar-Villegas

RESUMEN

El manejo de la alimentación de los camarones en estanques artificiales es uno de los aspectos de mayor importancia en el cultivo de los mismos, ya que esto puede representar cerca del 40 % de los costos de operación del cultivo, debido a ello varios autores han orientado sus investigaciones en la optimización de este aspecto. El presente trabajo tuvo como propósito presentar el modelo de regresión logística apropiado para predecir el comportamiento de la variable dicotómica, estado de alimentación de los camarones (sobrealimentados = 1 y no sobrealimentados = 0), a partir de las variables independientes (cualitativa dicotómica: contenido intestinal con bentos o vacío (CIBV = 1) y contenido intestinal con alimento (CIA = 0), y la variable cuantitativa crecimiento semanal (CS). Los resultados muestran que el modelo logístico es el que mejor explica el comportamiento de los datos, además que las variables, crecimiento semanal y contenido intestinal de bentos o vacío, resultan ser las de mayor significancia para éste. Se discuten los resultados encontrados en el presente trabajo.

PALABRAS CLAVE: regresión logística, contenido intestinal, *Litopenaeus vannamei*.

ABSTRACT

Feeding management in artificial ponds is one of the most important aspects in shrimp culture, as this may represent about 40 % of the operating costs, because of that several authors have focused their research on optimizing this aspect. This work was aimed to present the appropriate logistic regression model to predict the behavior of the dichotomics variable shrimp feeding state (over-fed = 1 and not over-fed = 0), from independent variables (qualitative dichotomic: intestine content benthos or emptied (CIBV = 1), intestine contents with food (CIA = 0) and the quantitative variable weekly growth (CS). Results show that the logistic model is the one that best explains the behavior of data, in addition variable, weekly growth and intestine content of benthos or emptied, turn out to be the most significance. Results found in this work are discussed.

KEY WORDS: logistic regression, intestinal content, *Litopenaeus vannamei*.

INTRODUCCIÓN

En acuicultura, especialmente en la camaronicultura, los costos de alimentación constituyen la parte más significativa de la operación, tanto en los sistemas semi-intensivos como en los intensivos (Parrado, 2012; Ferreira et al., 2015). Debido a ello se han desarrollado varias herramientas para controlar el manejo del alimento, entre las que se destacan el uso de tablas de alimentación, de amplio uso entre los acuicultores;

los cuales se basan en el comportamiento histórico del consumo y la captura de animales y aportan una idea aproximada de la cantidad de animales vivos o biomasa existente en los estanques. Con base a esta información se programa la cantidad de alimento necesario para que el animal obtenga el crecimiento deseado. Sin embargo, las tablas de alimentación no siempre reflejan el verdadero comportamiento de los estanques, hecho por el cual se puede incurrir en dos tipos de errores, el primero sucede cuando se sobreestima la biomasa

Dirección de los autores:

Doctor (c) en Toxicología Ambiental. Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Universidad de Cartagena, Campus Zaragocilla, Cartagena, Colombia, Teléfono 6698278 Ext. 133; e-mail: jvaldelamarv1@unicartagena.edu.co (J.C.V.V.).



y por ende se adiciona al estanque más alimento del requerido, lo cual conduce a sobrealimentación y se incurre en desperdicio de alimento y dinero y de paso contribuye al deterioro de la calidad del agua y del fondo de los estanques, lo que finalmente ocasiona enfermedad en los animales y posteriormente su muerte (Lozano et al., 2012; Fonseca et al., 2013).

Otra situación ocurre cuando se subestima la biomasa, hecho con el cual se suministra menos cantidad de alimento del requerido por la población, lo que provoca un estado de subalimentación en el cultivo y conlleva al debilitamiento y enfermedad del camarón, que finalmente muere en caso de persistir dicha situación (Hongxing et al., 2016).

Las dos situaciones antes expuestas finalmente conducen a la degradación del ambiente acuático, el detrimento de la productividad del cultivo y a la disminución de su rentabilidad, por ello se hace necesario desarrollar herramientas que mejoren el manejo del alimento. En ese sentido algunos autores han propuesto el uso de comederos o charolas de alimentación (Kungvankij et al., 1986; Casillas-Hernández et al., 2007), mientras que otros proponen el uso de herramientas teóricas basadas en el incremento paralelo entre la ración aplicada y la biomasa de los camarones alimentados (Estrada-Pérez et al., 2016), así como también el uso de topes en la alimentación, para tratar de identificar de forma indirecta el estado de alimentación de los organismos (Jiménez y Guerrero, 2011); por su parte Limsuwan (2005), propone una herramienta directa, mediante la cual se registra el contenido intestinal de los camarones, cuyo resultado puede considerarse menos subjetivo que los anteriores, sin embargo este procedimiento carece de una fundamentación estadística al momento de inferir sobre los valores bajo los cuales se puede categorizar un estanque de cultivo con respecto a su estado de alimentación.

Debido a lo antes expuesto y con la finalidad de generar un criterio de clasificación del estado de alimentación menos subjetivo, basado en una técnica estadística que permite expresar sus resultados en términos probabilísticos, el presente trabajo tuvo como propósito, presentar un modelo de regresión logística, capaz de predecir el comportamiento de la variable dicotómica estado de alimentación de los camarones (sobrealimentado = 1 y no sobrealimentado = 0), a partir de las variables independientes (cualitativa dicotómica: contenido intestinal con bentos ó vacío (CIBV = 1) y contenido intestinal con alimento (CIA = 0), y la variable cuantitativa crecimiento semanal (CS).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló con datos obtenidos de 33 estanques que funcionaban bajo el sistema intensivo (40 a 80 camarones / m²), en una finca camaronera ubicada en la parte sur de la ciudad de Cartagena. La información se obtuvo a partir del seguimiento de análisis de contenido intestinal *in situ*, propuesto por Limsuwan (2005), para el cual se capturaron 100 camarones de cada estanque de cultivo posterior a su alimentación (por lo general 15 minutos antes de aplicar la segunda ración, en los cultivos con tres raciones), a cada espécimen se le observó el contenido presente en su tracto digestivo, de fácil observación debido al carácter transparente del exoesqueleto de los camarones pertenecientes a la especie *L. vannamei*, y se contabilizó el número de animales con cada tipo de contenido, el cual puede diferenciarse de acuerdo al color que presenta, siendo amarillo cuando contenía alimento artificial y negro o café pardo cuando contenía bentos o material orgánico procedente del fondo de las piscinas (Figura 1a y b). Cuando no se observó material alguno, se clasificó como vacío. Para efectos del análisis, solo se tuvo en cuenta la suma de los porcentajes de animales con bentos y vacíos, denominándose esta variable como Contenido Intestinal Bentos-Vacío categórico (CIBV categ).

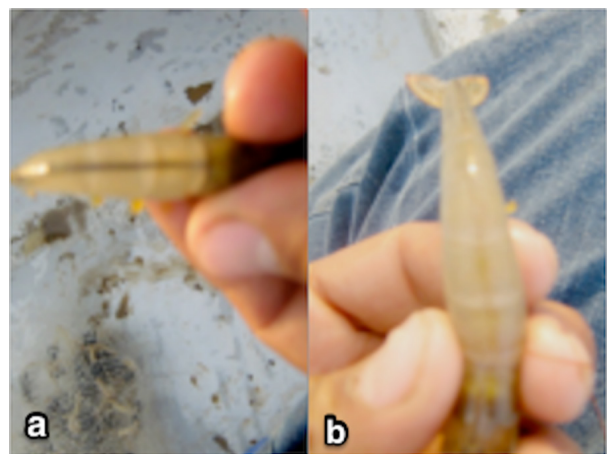


Figura 1. Contenido intestinal de camarones, (a) cuando parte de su intestino contiene alimento artificial y (b) cuando tiene material orgánico procedente del bentos.

Procesamiento y análisis de los datos

Previo a la realización de los análisis estadísticos, se hizo necesario categorizar los estanques de acuerdo con

el contenido intestinal que presentaban los camarones, para tal fin estos se categorizaron en dos estados, los primeros con el número uno (1) cuando el porcentaje de camarones que poseían en su intestino bentos o estaban vacíos era igual o superior a 80 %. El segundo grupo de estanques, se categorizó con el número cero (0), cuando el porcentaje de camarones que tenían su intestino con bentos o vacío, fue inferior a 80 %.

Además del contenido intestinal, también se tuvo en cuenta las variables cuantitativas: porcentaje de consumo (% de consumo) de alimento, estimado con la ayuda de charolas de alimentación, las cuales muestran de manera indirecta si los camarones están consumiendo o no el alimento colocado sobre ellas; la sobrevivencia final, que se obtuvo como el porcentaje (%) de animales vivos al final del ciclo de cultivo, y el crecimiento semanal (CS: g / semana), acumulado o ganancia en peso que tuvo la población de camarones durante el ciclo de cultivo (Fraga-Castro y Jaime-Ceballos, 2011). Estas variables se consideraron como independientes, y fueron relacionadas con el estado de alimentación general de los camarones en el estanque (variable dependiente), calculado empíricamente como la relación entre el CS y la conversión alimenticia (CA) o cociente de la biomasa total de camarones cosechados y la cantidad total de alimento suministrado al final del ciclo en cada estanque. Esta última variable también se categorizó en dos estados; sobrealimentado (1) y no sobrealimentado (0), cuando el valor de la relación fue inferior o superior a 0,5.

La relación entre el estado de alimentación general de los camarones en el estanque, y las variables contenido intestinal, porcentaje de consumo, sobrevivencia final y crecimiento semanal acumulado se determinó mediante el uso de la regresión logística multivariada, empleando la Ecuación 1. Este método permite expresar la probabilidad de ocurrencia de un evento en función de las variables que se consideren importantes o influyentes (Díaz et al., 2013).

$$\ln [P (1-p)] = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots \beta_n X_n$$

(Ecuación 1)

Donde "α" es la constante, "β" es el coeficiente de regresión asociado a la variable independiente (X).

Para la estimación de los parámetros poblacionales, se empleó el método de máxima verosimilitud, cuya aplicación requiere el cumplimiento de los siguientes supuestos:

- Los valores de estimados para la función logística o Logits de Y, se deben relacionar de manera lineal con las variables explicativas o independientes.
- La razón de Momios (RM) y las probabilidades estimadas, no son funciones lineales
- Las observaciones deben ser independientes
- La medición de las variables debe hacerse sin error

La selección de las variables incluidas en el modelo propuesto, se realizó siguiendo el criterio de modelización estadística (Kleinbaum y Klein, 2002; Llinás, 2006), el cual solo admite en el modelo aquellas variables independientes con capacidad de predicción estadísticamente significativa. Este procedimiento se realizó con la ayuda del paquete estadístico Statgraphic Centurión XV, el cual utiliza el contraste de la prueba Chi cuadrado; en este caso con un nivel de significancia (P), igual a 0,05.

RESULTADOS

Se analizaron los datos procedentes de 33 estanques de cultivo del camarón blanco *L. vannamei*, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de productividad de las piscinas de *L. vannamei* analizadas.

Parámetro	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad (días)	64,3	21,0	36	106
Conversión alimenticia final	1,9	0,2	1,53	2,68
Crecimiento semanal (g / semana)	1,0	0,1	0,77	1,22

La estimación de los parámetros del modelo, se muestran en la Tabla 2; a partir de estos valores se puede deducir el carácter inverso de las relaciones entre el crecimiento semanal y el contenido intestinal Bentos-Vacío categórico (CIBV categ = 0), con la variable dependiente estado de alimentación, sobrealimentado. Los mismos parámetros fueron empleados en la construcción de la Ecuación 2.



Tabla 2. Modelo de regresión estimado (Máxima verosimilitud).

Parámetro	Estimado	Error estándar	*RM estimada
Constante	14,7498	6,05549	-
Crecimiento semanal	-14,3616	6,03712	5,79205E-7
CIBV categ = 0	-2,05692	0,949199	0,127847

*RM = Razón de Momios

$$\text{Logit}_p(\text{estado de alimentación}) = 1/\text{CIBV}; \text{CS} = 1 + \left(\frac{e^{14,75 + 2,06 * \text{CIBVcat} - 14,36 * \text{CS}}}{1 + e^{14,75 + 2,06 * \text{CIBVcat} - 14,36 * \text{CS}}} \right)$$

(Ecuación 2)

Además de la estimación de los parámetros del modelo, se verificó el ajuste de los datos al modelo logístico mediante el análisis de desviación, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3, a partir de la cual se aprecia la significancia del modelo de regresión logística ($P < 0,05$), frente a los modelos, completo, nulo, saturado y algún submodelo; además en la misma tabla se observa que el modelo propuesto, explica en un 29,85 % la variabilidad de los datos.

Tabla 3. Análisis de desviación.

Fuente	Desviación	Grados de libertad	Valor P
Modelo	11,422	2	0,0033
Residual	34,0526	30	0,2787
Total (corregido)	45,4746	32	
Desviación explicada por el modelo = 29,85 %			

Al analizar la significancia de los factores para el modelo de regresión logística propuesto, se observa que ambas son significativas, como se muestra en la Tabla 4; mientras que en la Tabla 5, se puede observar que el grado de asociación de los factores, crecimiento semanal y CIBVcat, con la constante es de carácter inverso, mientras que entre el crecimiento semanal y CIBVcat, es de tipo directo, aunque moderada.

Finalmente en la Figura 2, se puede observar la forma que adopta el comportamiento de la probabilidad

de sobrealimentación frente al crecimiento semanal, denotándose una distribución de tipo logística de carácter inverso, a partir de la cual se puede deducir que en la medida que aumenta el crecimiento semanal de los camarones, las probabilidades de tener un estanque sobrealimentado se reduce hasta ser casi nulas, cuando el crecimiento semanal supera 1,2 g.

Tabla 4. Significancia de los factores

Factor	Chi-Cuadrado	Grados de libertad	Valor P
Crecimiento semanal	7,89543	1	0,0050
*CIBV categ = 0	5,71199	1	0,0168

*CIBV categ = Contenido intestinal Bentos-Vacío categórico

Tabla 5. Matriz de correlación para coeficientes estimados.

Factor	Constante	Crecimiento semanal
Constante	1,0000	-0,9943
Crecimiento semanal	-0,9943	1,0000
*CIBV categ = 0	-0,5148	0,4449

*CIBV categ = Contenido intestinal Bentos-Vacío categórico

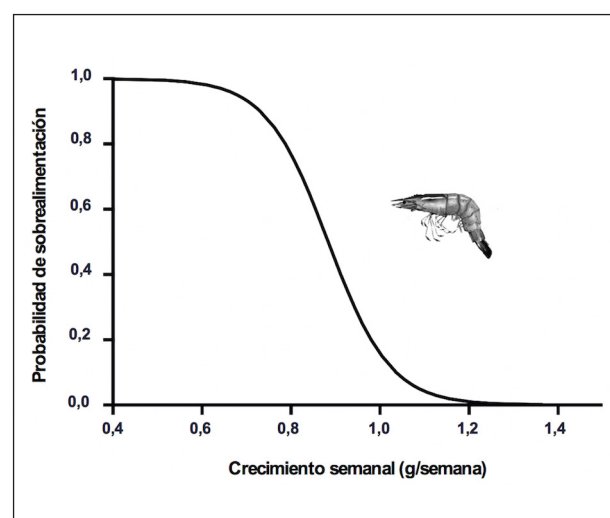


Figura 2. Probabilidad de sobrealimentación vs crecimiento semanal.

DISCUSIÓN

El modelo de regresión logística resultó adecuado para relacionar el estado de alimentación, con las variables crecimiento semanal y contenido intestinal de bentos y vacío; contrario a lo que se podía pensar, el porcentaje de consumo de alimento, no presentó ninguna significancia para el modelo, lo cual indica que esta variable es de poca ayuda para predecir si algún estanque está siendo sobrealimentado. La importancia de este modelo radica en que las variables significativas son fáciles de medir, sin requerirse dispositivos ni procedimientos complejos, además de eso por ser técnicas de manejo directo de los animales, se puede reducir el error en mayor medida, con respecto a las técnicas indirectas (Jiménez y Guerrero, 2011), como el manejo de las charolas de alimentación o comederos, cuyos resultados están fuertemente influenciados por el cuidado que pueda tener el personal encargado de realizar su lectura, así como por sus características de fabricación.

Debido a que el coeficiente de estimación asociado a las dos variables significativas para el modelo, son de signo negativo, se puede afirmar que en la medida que disminuye el crecimiento semanal y el porcentaje de animales con bentos o vacío en su intestino, es probable que estos estén siendo sobrealimentados. Esta situación puede estar explicada por el hecho de que tanto los camarones, como el resto de animales reflejan el aprovechamiento de los nutrientes en su tasa de crecimiento, la cual suele ser óptima cuando se suministra la cantidad adecuada, sin la generación de excesos que puedan generar problemas de calidad de agua o del fondo, ocasionando disminución en la concentración de oxígeno y la aparición de parásitos epibiontes que afectan negativamente el crecimiento y la salud de los camarones (Vinatea, 2002; Rojas et al., 2005; Casillas-Hernández et al., 2013). A su vez, un bajo porcentaje de animales con bentos o vacío, es un fiel reflejo de que se está suministrando alimento en exceso, el cual no es consumido por completo por los camarones en el tiempo requerido para que este siga conservando su estabilidad, palatabilidad y calidad de nutrientes deseada, facilitando su acumulación en el fondo del estanque.

CONCLUSIONES

Se concluye que la sobrealimentación de los camarones mantenidos en cultivos intensivos puede ser identificada a partir del conocimiento de su crecimiento semanal,

así como también a partir del conocimiento de la proporción de especímenes que tengan su intestino lleno de bentos o vacíos; convirtiéndose de esta manera la regresión logística en una herramienta útil para el mejoramiento del manejo de la alimentación de camarones. La implementación y refinamiento de la metodología propuesta puede contribuir de manera significativa al ahorro de alimento, la disminución de los problemas de calidad del fondo y el agua de los estanques de cultivo y con ello a la disminución de enfermedades, lo cual se reflejaría en mejores índices de productividad del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A Blanca Galindo por sus recomendaciones y comentarios acertados durante la ejecución de las pruebas de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Carbajal-Hernández, J., Sánchez-Fernández, L., Villa-Vargas, L., Carrasco-Ochoa, J. y Martínez-Trinidad, J. 2013. Water quality assessment in shrimp culture using an analytical hierarchical process. *Ecological Indicators* 29: 148-158.
- Casillas-Hernández, R., Nolasco-Soria, H., García-Galano, T., Carrillo-Farnes, O. y Páez-Osuna, F. 2007. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies. *Aquacultural Engineering* 36: 105-114.
- Díaz, M., González, A., Henao, A. y Díaz, M. 2013. *Introducción al análisis multivariado aplicado. Experiencias y casos desde el Caribe colombiano*. Editorial Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.
- Estrada-Pérez, A., Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernández-Llamas, A., Zavala-Leal, I. y Martínez-Cárdenas, 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.
- Ferreira, J., Falconer, L., Kittiwanch, J., Ross, L., Saurel, C., Wellman, K., Zhu, C. y Suvanachai, P. 2015. Analysis of production and environmental effects of Nile tilapia and White shrimp culture in Thailand. *Aquaculture* 447: 23-36.
- Fonseca, E., González, R. y Rico, R. 2013. Sistema inmune de los camarones. *AquaTIC* 38: 68-84.

- Fraga-Castro, I. y Jaime-Ceballos, B. 2011. Estrategias para optimizar el manejo de alimento en el engorde del camarón blanco del Caribe *Litopenaeus schmitti*. *AquaTIC* 35: 20-34.
- Hongxing, G., Li, J., Chang, Z., Chen, P., Shen, M. y Zhao, F. 2016. Effect of microalgae with semicontinuous harvesting on water quality and zootechnical performance of white shrimp reared in the zero water exchange system. *Aquacultural Engineering* 72-73: 70-76.
- Jiménez, R. y Guerrero, M. 2011. Optimización del procedimiento de cálculo del alimento en estanques de engorde para la eficiencia del cultivo del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en Cuba. *REDVET* 12(4): 2-10.
- Kleinbaum, D. y Klein, M. 2002. *Logistic Regression: A Self Learning Text*. Segunda edición, Ed. Springer, New York.
- Kungvankij, P., Chua, T., Pudadera, B.J., Corre, G., Borlongan, E., Tiro, L.B., Potestas, I.O., Taleon, G.A. y Paw, J.N. 1986. *Shrimp culture: Pond design, operation and mangement*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. NACA Training Manual Series N° 2. URL: <http://www.fao.org/3/contents/76b2641d-29e4-51b0-b9e5-6ca46beb0d9f/AC210E00.htm>. Consultado: 05 de marzo de 2016.
- Lozano, R., Marrujo, F. y Abad, S. 2012. Necrosis cuticular en camarón *Litopenaeus vannamei* asociada a *Fusarium* sp. *REDVET* 13(7): 1-7.
- Limsuwan, C. 2005. *Cultivo intensivo del camarón blanco*. Boletín Nicovita Camarón del mar. URL: http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/oct_dic_2005_01.pdf. Consultado: 25 de febrero de 2016.
- Llinás, H. 2006. Precisiones en la teoría de los modelos logísticos. *Revista Colombiana de Estadística* 29(2): 239-265.
- Parrado, Y. 2012. Historia de la Acuicultura en Colombia. *AquaTIC* 37: 60-77.
- Rojas, A., Haws, M. y Cabanillas, J. 2005. *Buenas prácticas de manejo para el cultivo de camarón*. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement N°. PCE-A-00-95-0030-05). URL: http://www.crc.uri.edu/download/PKD_good_mgt_field_manual.pdf. Consultado: 16 de mayo de 2016.
- Vinatea, L. 2002. *Principios químicos de calidad de agua en acuicultura. Una revisión para peces y camarones*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

Fecha de recepción: 30/05/2016

Fecha de aceptación: 12/10/2016

Para citar este artículo: Valdelamar-Villegas, J.C. 2016. Identificación del estado de alimentación del camarón *Litopenaeus vannamei* en cultivo mediante el uso de la regresión logística. *Revista Intropica* Vol. 11: 105 - 110

