

Nota Científica

Relación longitud-peso y factor de condición del hacha china *Atrina maura* en Laguna Ojo de Liebre, BCS, México

Marisol Arce-Acosta*, Uliyanov Jakes-Cota*✉,
José Luis Gutiérrez-González** y Víctor Gerardo Vargas-López*

El hacha china *Atrina maura* (Sowerby 1835) es un recurso pesquero de gran importancia comercial en Baja California Sur, su músculo aductor posterior (callo) tiene demanda y precios altos en los mercados regional y nacional. Para autorizar su explotación se requiere una evaluación de las poblaciones silvestres a fin de determinar la porción disponible para la captura comercial. La longitud y el peso, así como su relación, son aspectos básicos para determinar volúmenes de captura. El objetivo de este estudio fue estimar los parámetros de la relación longitud-peso y factor de condición relativo de *A. maura* en la laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, con 3 547 datos de longitud de la concha y peso del músculo aductor provenientes de evaluaciones de la población realizadas anualmente por el CRIAP La Paz durante el periodo 2008-2016. La relación longitud-peso para todos los años fue significativa con valores de b entre 2.36 (2012) y 3.54 (2015), con diferencias significativas entre años ($F_{(8,3538)} = 27.09$, $p < 0.05$). La variación interanual del factor de condición relativo fue significativa ($F_{(8,3538)} = 31.14$, $p < 0.05$), de 2008 a 2013 se observó un incremento continuo, encontrándose el pico más alto en 2013, seguido de una disminución en 2014 y 2015. Debido a esta variación interanual en el valor de b de la relación longitud-peso y el factor de condición relativo, es recomendable realizar la evaluación de la población en diversos meses dentro de un año para observar la variación estacional y con ello poder asignar cuotas y temporadas de captura con base en una mayor cantidad de información. **Palabras clave:** Crecimiento alométrico, intervalo de longitud, ordenamiento pesquero, Pinnidae.

Length-weight relationship and condition factor of pen shell *Atrina maura* in Laguna Ojo de Liebre, BCS, Mexico

The pen shell *Atrina maura* is a fishing resource of high commercial importance in Baja California Sur, his posterior adductor muscle (callo) has demand and high prices in the regional and national market. To authorize exploitation, the evaluation of wild populations is required to determine the portion available for commercial capture. Length and weight, and their relationship are basic aspects to be able to determine capture volumes. The objective of this study was to estimate the parameters of the length-weight relationship and relative condition factor of *A. maura* in laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, with 3 547 data on shell length and weight of the adductor muscle from population assessments conducted annually by the CRIAP La Paz during the period 2008-2016. The length-weight relationship for all years was significant with b values between 2.36 (2012) and 3.54 (2015), with significant differences between years ($F_{(8,3538)} = 27.09$, $p < 0.05$). The inter-annual variation of the relative condition factor was significant ($F_{(8,3538)} = 31.14$, $p < 0.05$), from 2008 to 2013 a continuous increase was observed, with the highest peak in 2013, followed by a decrease in 2014 and 2015. Due to this interannual variation in the b -value of the length-weight relationship and the relative condition factor, it is advisable to evaluate the population in several months within a year to observe the seasonal variation and thus be able to assign quotas and seasons of capture based on more information. **Key words:** Allometric growth, length interval, fisheries management, Pinnidae.

Introducción

En México, las especies de la familia Pinnidae se conocen comúnmente como callos de hacha

o hacha; en el Pacífico mexicano, las especies más importantes son *Atrina maura* (Sowerby 1835) y *Pinna rugosa* (Sowerby 1835) (Ahumada-Sempoal *et al.* 2002). El recurso hacha se extrae en la franja costera y aguas protegidas de los litorales del Pacífico y Golfo de California (Vélez-Barajas y Fajardo-León 1996). El “hacha china” o “hacha de riñón”, *A. maura*, es un molusco bivalvo que habita aguas marinas someras (p. ej., bahías, lagunas costeras y estuarios) desde Baja California en México, hasta Perú (Keen 1971).

* Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. AP 592, La Paz, Baja California Sur, México., 23096.

✉ Responsable de la correspondencia: ujakesc@gmail.com

** Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera-La Paz. km 1 carretera Pichilingue s/n Col. Esterito, La Paz, Baja California Sur, México, 23020

Es un recurso pesquero de elevada importancia comercial en el estado de Baja California Sur, México; su músculo aductor posterior (callo) tiene amplia demanda y precios altos en los mercados regional y nacional (Ahumada-Sempoal *et al.* 2002), y se comercializa fresco o enhielado (Vélez-Barajas y Fajardo-León 1996). Su captura en el estado proviene de distintos cuerpos de agua con características propias, tales como aportes fluviales, salinidad, temperatura, intensidad y duración de la luz, que pudieran influir en aspectos biológicos como crecimiento, reproducción, peso, factor de condición, entre otros, que a su vez influyen en la biomasa susceptible de captura (Ahumada-Sempoal *et al.* 2002, Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda 2003).

Para autorizar la explotación del hacha china, el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) realiza una evaluación de la población silvestre para determinar la porción disponible para la captura comercial a través de estimaciones de biomasa y posteriormente emite un dictamen técnico de captura con base en los lineamientos incluidos en la Carta Nacional Pesquera (DOF 2018). En Baja California Sur se han puesto en práctica medidas de manejo tales como el acceso a la captura mediante permiso de pesca comercial, talla mínima legal de 140 mm y cuota de captura variable por zona y banco de entre 20 a 25% de la población mayor a la talla legal (DOF 2018).

La longitud y el peso son dos aspectos biológicos básicos a escalas individual y de población, y su relación es esencial para conocer la condición de los organismos, su tipo de crecimiento y la biomasa susceptible de captura; información útil para su correcta evaluación y el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros (Park y Oh 2002, Froese 2006). En el caso de moluscos como *A. maura*, estudios de estos aspectos biológicos permiten determinar volúmenes de captura, tallas mínimas y periodos de explotación por localidad (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda 2003). En este sentido, el objetivo de este trabajo fue estimar los parámetros de la relación longitud-peso y factor de condición de *A. maura* en laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, durante el periodo 2008-2016.

Materiales y métodos

Se analizaron datos de longitud de la concha (LC) y peso del músculo aductor (PM) provenientes de las evaluaciones de la población de *A. maura* realizadas anualmente por el Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera-La Paz (CRIAP-La Paz) en la laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México, durante el periodo 2008-2016. De manera general, la evaluación de la población se realiza por petición del sector pesquero un mes de cada año, mismo que puede variar de un año a otro. Los muestreos consisten en una red de inmersiones distribuidas de manera aleatoria en los bancos tradicionales de extracción, que pueden ser distintos de un año al otro. En cada inmersión, los buzos recolectan todos los organismos de *A. maura* presentes en un transecto de cinco metros de largo por dos de ancho y se realizan las mediciones correspondientes (LC y PM). El peso del músculo aductor es utilizado en la evaluación de las poblaciones de *A. maura*, dado que representa un alto porcentaje del peso total de los organismos y además es la porción que se comercializa y sobre la que se otorgan cuotas de captura.

La relación longitud-peso (RLP) para cada año fue determinada mediante la ecuación $PM = aLC^b$, donde PM es el peso del músculo aductor (g) y LC es la longitud de la concha (cm), a y b son el intercepto y la pendiente (coeficiente de crecimiento) de la línea de regresión, respectivamente (Froese 2006). Los parámetros a y b fueron estimados por regresión lineal simple con los datos de peso y longitud convertidos logarítmicamente ($\log PM = \log a + b \log LC$). Para evaluar si los valores de b de la RLP fueron significativamente diferentes del crecimiento isométrico ($b = 3$) se aplicó una prueba t de Student (Zar 2010), y para determinar si la RLP fue significativamente diferente entre años se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA).

El factor de condición relativo (K_n) para cada año fue calculado por medio de la ecuación $K_n = W/\hat{W}$, donde W es el peso observado del músculo aductor (PM) y \hat{W} es el peso estimado del músculo aductor a partir de la RLP (Le Cren 1951). Para evaluar diferencias en K_n promedio entre años se utilizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), y en el caso de encontrar

diferencias significativas, se aplicó una prueba *a posteriori* de Tukey para determinar entre qué años se encuentran las diferencias.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el lenguaje de programación R (R Core Team 2019).

Resultados

El tamaño de muestra (n), intervalos de longitud de la concha y el peso del músculo aductor, así como los parámetros a y b de la relación longitud-peso y factor de condición relativo (K_n) del hacha china se presentan en la Tabla 1. La *RLP* para todos los años fue significativa ($p < 0.05$) con valores de b entre 2.36 (2012) y 3.54 (2015).

Se encontraron diferencias significativas en la *RLP* entre años ($F_{(8,3538)} = 27.09$, $p < 0.05$). En los años 2008, 2014 y 2016, el valor de b no fue significativamente diferente de 3 ($p > 0.05$), lo que sugiere crecimiento isométrico e indica que el incremento en peso y longitud de *A. maura* fue proporcional en dichos años; en el resto de los años el valor de b fue significativamente diferente de 3 ($p < 0.05$). Para los años 2011, 2012 y 2013 el valor de b fue menor que 3, lo que implica un crecimiento alométrico negativo y refleja mayor incremento en longitud que en peso; en cambio, para los años 2009, 2010 y 2015, el valor de b fue mayor que 3, lo que indica que el crecimiento fue alométrico positivo, obteniéndose mayor in-

cremento en peso que en longitud. El valor de b más bajo se registró en el año 2012 y el valor más alto en el año 2015 (Tabla 1).

La variación interanual del factor de condición relativo fue significativa ($F_{(8,3538)} = 31.14$, $p < 0.05$). De 2008 a 2013 se observó un incremento continuo de K_n , encontrándose el pico más alto en 2013, seguido de una disminución en 2014 y 2015, y el segundo pico más alto en 2016. La prueba *a posteriori* de Tukey reveló que los valores de K_n de los años 2012, 2013, 2014 y 2016 son significativamente diferentes ($p < 0.05$) de los del resto de los años y corresponden a los valores más altos registrados durante el periodo de estudio.

Discusión

La variación interanual de los valores de b (2.36 a 3.54) pudiera deberse a que los datos no fueron registrados durante los mismos meses de cada año, dado que las evaluaciones poblacionales se realizan cuando el sector pesquero solicita una cuota de captura y no en un mes definido. Además, la evaluación poblacional para fijar cuotas de captura dependerá de si las condiciones ambientales (p. ej., viento) permiten realizarla y si la captura de otras especies propicia que el hacha no sea un recurso objetivo primario y, por ende, no haya una solicitud de cuota de captura por parte de sector pesquero.

Tabla 1

Parámetros de la relación longitud-peso y factor de condición relativo de *Atrina maura* en la laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México, durante el periodo 2008-2016

Año	n	LC intervalo (cm)	PM intervalo (g)	a	IC 95% de a	b	IC 95% de b	r^2	K_n promedio	IC 95% de K_n
2008	384	9.5-18.0	5.0-37.0	-5.22	-5.70 -4.75	3.01	2.84 3.19	0.74	0.19	0.12 0.27
2009	475	9.0-19.0	3.0-41.0	-6.16	-6.58 -5.74	3.35	3.19 3.51	0.78	0.23	0.16 0.30
2010	567	8.0-19.0	2.0-52.0	-6.42	-6.89 -5.96	3.53	3.36 3.70	0.74	0.21	0.15 0.27
2011	835	8.6-17.5	3.0-31.0	-4.87	-5.15 -4.60	2.89	2.78 3.00	0.75	0.30	0.25 0.35
2012	475	7.3-18.2	2.8-43.0	-3.24	-3.59 -2.88	2.36	2.22 2.50	0.71	0.44	0.37 0.51
2013	302	4.0-17.9	1.0-48.0	-3.12	-3.48 -2.75	2.39	2.25 2.54	0.77	0.88	0.79 0.96
2014	269	6.3-18.8	2.0-42.0	-4.85	-5.36 -4.34	2.93	2.73 3.13	0.75	0.42	0.33 0.51
2015	124	8.4-17.1	3.0-42.0	-6.31	-7.19 -5.43	3.54	3.20 3.88	0.77	0.34	0.21 0.47
2016	116	5.3-17.4	0.7-38.5	-4.72	-5.12 -4.33	2.90	2.74 3.06	0.91	0.77	0.64 0.91

n , número de organismos; LC, longitud de la concha; PM, peso del músculo aductor; a , intercepto; b , pendiente; r^2 , coeficiente de determinación; IC, intervalo de confianza; K_n , factor de condición relativo.

Otro factor que pudiera influir en la variación interanual de los valores de b , es que las estimaciones fueron realizadas con los datos de hembras y machos combinados, ya que no fue posible realizar la identificación del sexo de los organismos, y se ha reportado para otra especie del género *Atrina*, que machos y hembras presentan diferencias en crecimiento, donde en los machos es alométrico positivo y en las hembras isométrico (Rangel *et al.* 2017).

El ciclo reproductivo es otro aspecto importante que puede influir en la variación de los valores de b y K_n . Serrano-Guzmán *et al.* (2003¹) reportaron que *A. maura* presentó crecimiento alométrico en un sistema lagunar del Pacífico sur de México; el crecimiento de hembras fue mayor que el de machos debido al incremento en peso por el desarrollo de las gónadas. En relación con lo anterior, aunque es posible que haya aumento en peso total por efecto del desarrollo de las gónadas, se ha determinado que el rendimiento muscular de *A. maura* es menor cuando los organismos están en las etapas de gametogénesis, madurez y desove. Esto debido al costo energético de la producción de gametos, que a menudo es subsidiado con la reabsorción del músculo aductor mediante procesos de transferencia de reserva energética a la gónada (Angel-Pérez *et al.* 2007, Angel-Dapa 2015).

Otras causas que pueden afectar la *RLP* y, en consecuencia, al factor de condición, son la variabilidad ambiental, disponibilidad de alimento, tamaño de muestra e intervalo de longitud (Le Cren, 1951, Koutrakis y Tsikliras 2003, Froese 2006, Nieto-Navarro *et al.* 2010). En el presente estudio, el tamaño de muestra fue variable porque el número de bancos evaluados cada año es diferente, aspecto que a su vez está directamente relacionado con las variaciones en el intervalo de longitud entre años y bancos de extracción, como lo reporta Ahumada-Sempoal *et al.* (2002). Asimismo, el intervalo de longitud pudiera estar relacionado con el valor de b de los años 2009

y 2010 cuando se evidenció crecimiento alométrico positivo, probablemente como resultado de que en dichos años se registraron los organismos más grandes del periodo de estudio. Además, durante el año 2013 se obtuvo el valor más bajo de b , mismo que indica crecimiento alométrico negativo, posiblemente debido a que en ese año se incluyeron los organismos más pequeños del periodo de estudio.

En los años 2013 y 2016 se registraron los valores más altos del factor de condición relativo, y en los años 2008 a 2010, los valores más bajos. Como se mencionó anteriormente, uno de los factores que pudiera incidir en las estimaciones del factor de condición es el intervalo de tallas analizado; en esta investigación, los valores más altos de dicho factor se observaron en los años en los que se registró a los organismos más pequeños de todo el periodo de estudio, en contraste con los valores más bajos del factor de condición que se observaron en aquellos años en los que se registraron los organismos más grandes. Los valores más altos del factor de condición pueden ser indicadores de condiciones ambientales favorables (p. ej., de hábitat, disponibilidad de presas) (Blackwell *et al.* 2000), que favorecen el crecimiento (Le Cren 1951, Froese 2006), mientras que valores bajos de ese factor pueden indicar condiciones ambientales menos favorables (Blackwell *et al.* 2000) que pudieran limitar el crecimiento de los organismos (Le Cren 1951, Froese 2006).

Con base en todo lo descrito anteriormente, es evidente que gran número de factores puede afectar las estimaciones de los parámetros de la *RLP* y al factor de condición. Para minimizar los efectos de los diferentes factores ya mencionados, es recomendable que se determine el ciclo reproductivo de *A. maura* en la laguna Ojo de Liebre, y que la evaluación poblacional se realice siempre en la misma época del año, que no coincida con las etapas de gametogénesis, madurez o desove y, de ser posible, que se realice en diversos meses dentro de un año para observar la variación estacional de la *RLP* y el factor de condición, para con ello poder asignar cuotas y temporadas de captura con base en información más completa. Asimismo, se recomienda registrar el peso total, además del peso de músculo aductor, para evaluar cuál de ellos es el mejor indicador

1. Serrano-Guzmán SJ, MA Ahumada-Sempoal, N Ruíz-García. 2003. Tamaño, forma y crecimiento de *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae), en el Sistema Lagunar Corralero-Alotengo, Oaxaca. *Memorias del 1er Foro de Intercambio Científico sobre Recursos Bentónicos de México*. La Paz, Baja California Sur. 1 al 3 de septiembre de 2003.

de la biomasa de la población, así como registrar la longitud de los organismos con precisión de dos decimales en la medición, ya que variaciones mínimas en las mediciones pudieran sesgar los resultados.

Vélez-Barajas y Fajardo-León (1996) mencionan que es indispensable un ordenamiento pesquero del recurso, para lo cual es necesario llevar a cabo estudios de biología, dinámica poblacional y pesquerías. Anteriores a este trabajo, no hay estudios de *RLP* y factor de condición relativo de *A. maura* en la laguna Ojo de Liebre, indispensables para la evaluación poblacional del recurso y base para la asignación de cuotas de captura. Este estudio contribuye a generar información que sustente una línea base para la especie en dicho cuerpo lagunar.

Literatura citada

- Ahumada-Sempoal MA, SJ Serrano-Guzmán, N Ruíz-García. 2002. Abundancia, estructura poblacional y crecimiento de *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae) en una laguna costera tropical del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical* 50(3-4): 1091-1100.
- Angel-Pérez C, SJ Serrano-Guzmán, MA Ahumada-Sempoal. 2007. Ciclo reproductivo del molusco *Atrina maura* (Pterioidea: Pinnidae) en un sistema lagunar costero, al sur del Pacífico tropical mexicano. *Revista de Biología Tropical* 55(3-4): 839-852.
- Angel-Dapa MA. 2015. Evaluación de la dinámica energética y el desempeño reproductivo y larvario del callo de hacha *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae). Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 130p.
- Baqueiro-Cárdenas E, D Aldana-Aranda. 2003. Patrones en la biología poblacional de moluscos de importancia comercial en México. *Revista de Biología Tropical* 51(4): 97-107.
- Blackwell BG, ML Brown, DW Willis. 2000. Relative weight (W_r) status and current use in fisheries assessment and management. *Reviews in Fisheries Science* 8(1):1-44. DOI: 10.1080/10641260091129161
- DOF. 2018. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*. México. 11 de junio de 2018.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22(4): 241-253. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x
- Keen AM. 1971. *Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press. California, EE.UU. 1064p.
- Koutrakis ET, AC Tsikliras. 2003. Length-weight relationships of fishes from three northern Aegean estuarine systems (Greece). *Journal of Applied Ichthyology* 19: 258-260. DOI: 10.1046/j.1439-0426.2003.00456.x
- Le Cren ED. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20(2): 201-219. DOI: 10.2307/1540
- Nieto-Navarro JT, M Zetina-Rejón, F Arreguín-Sánchez, NE Arcos-Huitrón, E Peña-Messina. 2010. Length-weight relationship of demersal fish from the Eastern coast of the mouth of the Gulf of California. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 5(6): 494-502. DOI: 10.3923/jfas.2010.494.502
- Park KY, CW Oh. 2002. Length-weight relationships of bivalves from coastal waters of Korea. *Naga, The ICLARM Quarterly* 25(1): 21-22.
- R Development Core Team. 2019. A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. DOI: 10.1890/0012-9658(2002)083[3097:CFHIWS]2.0.CO;2
- Rangel MS, J Mendoza, L Freitas, A Tagliafico, J Silva, N García. 2017. Biometric and reproductive aspects of the pen shell *Atrina seminuda* (Bivalvia: Pinnidae) in northeastern Venezuela. *Molluscan Research* 37(2): 88-97. DOI: 10.1080/13235818.2016.1231303
- Vélez-Barajas JA, MC Fajardo-León. 1996. Pesquería de hacha. En: M Casas-Valdez, G Ponce-Díaz (eds.). *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*. SEMARNAP, Gobierno del Estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, INP, CETMAR. México, pp: 101-111.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5th edition. Prentice Hall/Pearson, Upper Saddle River, New Jersey, EE.UU. 944p.

Recibido: 12 de septiembre de 2019.

Aceptado: 31 de octubre de 2019.