



UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel

CRECIMIENTO ASOCIADO AL DESARROLLO LARVARIO DEL “CALLO DE HACHA CHINO” *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Mollusca: Bivalvia) BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

TESIS

Que para obtener Título Profesional de
Licenciado en Biología Marina

Presenta

Antonio de Jesús Rojas Márquez

Director

M. en C. Saúl Jaime Serrano Guzmán

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2018



Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, junio del 2018

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber realizado una cuidadosa revisión del trabajo de tesis “CRECIMIENTO ASOCIADO AL DESARROLLO LARVARIO DEL “CALLO DE HACHA CHINO” *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Mollusca: Bivalvia) BAJO CONDICIONES DE CULTIVO” que presenta el pasante de Biología Marina, C. Antonio de Jesús Rojas Márquez, con matrícula 10020020; consideramos que cumple con la calidad y los requisitos necesarios para que continúe con los trámites correspondientes para la defensa de examen profesional y titulación.

COMISIÓN REVISORA

M. en C. Saúl Jaime Serrano Guzmán
Profesor-Investigador, UMAR
Director de Tesis

Dr. Francisco Benítez Villalobos
Profesor-Investigador, UMAR
Revisor

Dr. Jorge Castro López
Profesor-Investigador, UMAR
Revisor

Dr. Edgar Robles Zavala
Profesor-Investigador, UMAR
Revisor

M. en C. José Alberto Montoya Márquez
Profesor-Investigador, UMAR
Revisor

RESUMEN

Los miembros de la familia Pinnidae conocidos comúnmente como Callos de Hacha y en especial *Atrina maura* es apreciada por el tamaño y delicado sabor de su músculo abductor posterior o callo, esto le atribuye gran importancia y presión pesquera en México, lo que ha afectado gravemente a las poblaciones naturales. Es necesaria la implementación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que respalden su producción sostenible y controlada, que permitan satisfacer las necesidades de conocimiento sobre los reproductores, embriones, larvas, postlarvas y semillas (juveniles) de la especie en condiciones controladas para su cultivo comercial. Lo que actualmente, no se ha podido lograr debido al desconocimiento del manejo tecnológico adecuado para cultivar larvas y semilla exitosamente. El presente trabajo describe el crecimiento de las conchas (relativo y absoluto) y características (morfológicas y morfométricas) de cada etapa larvaria de *A. maura*, en un cultivo realizado en el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) en 1994 a 28.3 ± 0.4 ° C y dieta a base de una mezcla de cepas de microalgas: T-ISO, CHGRA y CCAL en proporción 2:1:1. Tras la caracterización y determinación del tipo de crecimiento relativo de las conchas de cada etapa larvarias (Trocófora, Veliger D, Veliger, Veliger Umbada, Veliger Umbada con mancha ocular y Pediveliger) con el ajuste del Modelo II de regresión lineal (Y_1 : Alto, Y_2 : Largo y Y_1 :Largo, Y_2 : Alto), se infirió el tipo de crecimiento relativo que osciló entre las etapas: alométrico positivo en la primera etapa (Veliger), alométrica negativa en la etapa Veliger Umbada y Veliger Umbada con mancha ocular (cuando la variable independiente fue el Alto) e isométrica en la etapa Pediveliger; lo que genera discontinuidad al ajustar las regresiones de crecimiento de los cultivos larvarios, obteniendo los mejores ajustes con las regresiones no lineales sigmoideal y logístico con coeficientes de determinación de $R^2 > 0.9$ y $R^2 > 0.99$, respectivamente. *A. maura* mostró que la amplia plasticidad o variabilidad en su crecimiento, puede expresarse mediante distintas dimensiones y ritmos de crecimiento, durante el cultivo larvario, pudiendo ser significativamente distintas a las larvas planctotróficas silvestres.

Palabras clave: cultivo, isometría, alometría, etapa larvaria, plasticidad.

ABSTRACT

The Pinnidae family members are commonly known as pen shells, specially *Atrina maura*, which is appreciated by its size and delicate savor of the posterior abductor muscle or callus, being that the reason for its great importance and fishing pressure in Mexico; this has seriously affected the natural population. That is why it is necessary to implement research and technological development projects that support sustainable and controlled production, fulfilling the information needs of broodstocks, embryos, larvae, postlarvae and spats (juveniles) of the species under controlled conditions for commercial cultivation; currently, this has not been accomplished due to the lack of knowledge of the appropriate technological management to grow larvae and seeds successfully. The present work describes the growth of the shells (relative and absolute) and the characteristics (morphological and morphometric) of each larval stage of *A. maura*, in a cultivation in the Reproductive Center of Marine Species of the State of Sonora (CREMES, by its acronym in Spanish) in 1994 at 28.3 ± 0.4 ° C and diet based on a mixture of microalgae strains: T-ISO, CHGRA and CCAL in a ratio of 2: 1: 1. After the characterization and determination of the type of relative growth of the larval stage shells (Trochophore, Veliger D, Veliger, Veliger Umbonate, Veliger Umbonate with ocular spot and Pediveliger) with the adjustment of the Model II of linear regression (Y_1 : Height, Y_2 : Length and Y_1 : Length, Y_2 : Height), the type of relative growth that oscillated between the stages was obtained: positive allometric in the first stage (Veliger), negative allometric in the Veliger Umbonate and Veliger Umbonate with ocular spot stage (when the independent variable was Height) and isometric in the Pediveliger stage; this generates discontinuity in the setting growth regressions of the larval farming, obtaining the best with the non-linear sigmoidal and logistic regressions with coefficients of determination of $R^2 > 0.9$ and $R^2 > 0.99$, respectively. *A. maura* showed that a wide plasticity or variability in its growth can be expressed by different growth dimensions and rhythms during the larval culture, being significantly different from the wild planktonic larvae.

Keywords: culture, isometry, allometry, larval stage, plasticity.

A mis padres por enseñarme a preguntar

A mi hermano por darme respuestas

A mi hermana por darles color

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por sus enseñanzas y apoyo en cada paso que doy; a mi hermano por nunca dejarme con la duda y alentarme a seguir buscando respuestas; a mi hermana por acompañarme, alegrar muchos momentos y por convertir cada domingo de parque en arte.

A mis amigos y hermanos por caminar y nadar conmigo a lo largo de este camino, al equipo indestructible de Waterpolo, que aun estando lejos, seguiremos unidos. A Pampil, Mariano, Niche (Lily), Sara, Felipe (Pipao), Cicla, Lau y Tepeaca por permanecer a mi lado apoyándome, manteniendo la diversión y adrenalina todos los días. A Zapato, Ale, Bell, Isaac y Tata (Cisneros) por los ratos compartidos, la comida, partidos de WP, películas y más comida. A Francia, Ely, Lanita, Abichuela, Susana, Paquito, Miriam por acompañarme y compartir su sincera, divertida y calida amistad que perdurará por siempre. A mi gordita (Vane) por su cariño, apoyarme, cuidarme y acompañarme en todo. A los buenos amigos que llegaron al final (Gis, Martin y Darín).

Al M.en C. Saúl Serrano por brindarme su amistad, además de su tiempo, por alimentar mi curiosidad, instruirme para desarrollar la tesis y dar oportunidades para seguir adelante en esta “realidad”. Gracias también a mis asesores Dr. Francisco Benítez, M. en C. Alberto Montoya, Dr. Jorge Castro, Dr. Edgar Robles por atender, dar sus comentarios y consejos para terminar este proyecto. A los profesores que indudablemente hicieron más amena la estancia en la Universidad (Darla Torres, Ángel Cuevas, F. Becerril, Ivonne Santiago, Pablo Torres).

Al M. en C. Saúl Serrano y M. en C. Miguel Robles por proporcionarme la base de datos de las mediciones de las conchas larvarias de *A. maura*, las cuales, cultivaron en el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (C.R.E.M.E.S) durante 1994.

ÍNDICE

	Página
Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. HIPÓTESIS	9
5. OBJETIVOS.....	10
5.1. Objetivo general	10
5.2. Objetivos específicos.....	10
6. MATERIAL Y MÉTODOS	10
6.1. Inducción al desove.....	11
6.2. Análisis exploratorio de datos	12
6.3. Clasificación por tendencias.....	12
6.4. Caracterización morfológica y morfométrica de las etapas larvarias	12
6.5. Análisis inferencial.....	12
6.6. Comparación de pendientes	13
6.7. Análisis de la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC).....	14
6.8. Ecuaciones de crecimiento	14
6.9. Comparación de las tendencias de larvas silvestres contra las tendencias de larvas cultivadas	15
7. RESULTADOS	16
7.1. Clasificación de tendencias	16
7.2. Caracterización morfológica y morfométrica de las etapas larvarias	17
7.3. Análisis inferencial: Tipo de crecimiento	21
7.3.1. Larva Veliger (Vel)	22
7.3.2. Larva Veliger Umbada (VU <i>Le</i> y VU <i>Ra</i>)	23
7.3.3. Larva Veliger con Mancha Ocular (VMO <i>Ra</i>).....	23

7.3.4. Larva Pediveliger y Pediveliger Metamórfica (PV <i>Ra</i> , PVM <i>Ra</i> y PV + PVM <i>Ra</i>).....	24
7.3.5. Comparación de pendientes	24
7.4. Continuidad entre las etapas larvarias	24
7.5. Distribución e incrementos diarios de las dimensiones de las conchas larvarias.....	25
7.6. Ecuaciones de crecimiento.....	28
7.6.1. Regresiones sigmoideas	29
7.6.2. Regresiones logisticas	29
7.7. Comparación de tendencias de crecimiento entre larvas del laboratorio y larvas silvestres en su medio ambiente.....	30
8. DISCUSIÓN.....	32
9. CONCLUSIONES.....	39
10. RECOMENDACIONES.....	40
11. REFERENCIAS.....	41
12. ANEXO I.....	46
12.1. Recolecta de los organismos reproductores y acondicionamiento.....	46
12.2. Inducción al Desove	47
12.3. Dimensiones de las conchas larvarias de <i>A. maura</i>	47
13. ANEXO II.....	49
14. ANEXO III.....	50
15. ANEXO IV	53
16. ANEXO V.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Conchas de callo de hacha, de las seis especies reconocidas de miembros de la familia PINNIDAE en el Pacífico tropical americano (Tomado de Coan & Valentich-Scott 2012).	1
Figura 2.- Tendencia de variación promedio y variabilidad diaria de la distribución de tallas de larvas de <i>A. maura</i> (\widehat{Al} y \widehat{La} en μm), durante los primeros 8 días de cultivo.	16
Figura 3.- Separación natural de las tallas (\widehat{Al} y \widehat{La} en μm) de la concha larvaria de <i>A. maura</i> durante su cultivo: Rápidas (<i>Ra</i>) y Lentas (<i>Le</i>).	16
Figura 4. Etapas del desarrollo larvario de <i>Atrina maura</i> : a) Veliger umbada, b) Veliger con mancha ocular, c) Pediveliger, las tres con Prodisoconcha I y II, y d) Plantígrada con Disoconcha. Microfotografías de Serrano-Guzmán 1996.	18
Figura 5.- Distribución de las dimensiones (Alto y Largo en μm) de las larvas cultivadas de <i>A. maura</i> por día, y clasificación por etapa larvaria con apoyo de la media diaria estimada \widehat{Al} y \widehat{La} , así como las características morfológicas.	19
Figura 6.- Distribución de las dimensiones (Alto y Largo en μm) de las larvas cultivadas de <i>A. maura</i> por día, y clasificación por etapa larvaria.	19
Figura 7.- Distribución de las dimensiones (\widehat{Al} y \widehat{La} en μm) de las larvas cultivadas de <i>A. maura</i> por día, y clasificación por etapa larvaria.	20
Figura 8.- a) Dimensiones ($\bar{Y} \pm S$) y b) incrementos ($\bar{Y} \pm S$) diarios de las conchas larvarias en la etapa Veliger D y Veliger de <i>A. maura</i> en cultivo de los días 1 al 7 ($n_{1-4}= 40$, $n_{5-7}= 30$, tamaño de muestra por día).	25
Figura 9.- a) Dimensiones ($\bar{Y} \pm S$) y b) incrementos ($\bar{Y} \pm S$) diarios de las conchas larvarias en <i>A. maura</i> cultivadas a principios de la etapa Veliger Umbada ($n= 10$).	26
Figura 10.- a) Dimensiones ($\bar{Y} \pm S$) y b) incrementos ($\bar{Y} \pm S$) diarios de la concha larvaria durante la etapa Veliger Umbada con rápido crecimiento de <i>A. maura</i> en cultivo ($n= 20$).	26
Figura 11.- a) Dimensiones ($\bar{Y} \pm S$) y b) incrementos ($\bar{Y} \pm S$) diarios de la concha larvaria de la etapa Veliger Umbada con lento crecimiento ($n= 20$).	27
Figura 12.- a) Dimensiones ($\bar{Y} \pm S$) y b) incrementos ($\bar{Y} \pm S$) diarios de la concha larvaria durante la etapa Veliger con mancha ocular rápidas de <i>A. maura</i> en cultivo ($n= 20$).	27

Figura 13.- a) Dimensiones ($\bar{Y} \pm S$) y b) incrementos ($\bar{Y} \pm S$) diarios de la concha durante la etapa Pediveliger y Pediveliger metamórfica con rápido crecimiento ($n= 20$).....	28
Figura 14.- Regionalización de la concha de <i>Atrina maura</i> y dimensiones Dorso-Ventral (\widehat{Al}) y Antero-Posterior (\widehat{La}). Tomado de: Hernández-Hernández 2000.....	49
Figura 15.- Regresiones sigmoidales de las medias y desviación estandar de las dimensiones de Alto (arriba) y Largo (abajo) respecto de los días de cultivo de <i>Atrina maura</i> con sus respectivas ecuaciones de ajuste.....	53
Figura 16.- Regresiones logísticas de las medias y desviación estandar de las dimensiones de Alto (arriba) y Largo (abajo) respecto de los días de cultivo de <i>Atrina maura</i> con sus respectivas ecuaciones de ajuste.	54
Figura 17.- Gráficos de comparación de regresiones lineales: a) la tendencia de Rápidas de <i>A. maura</i> del laboratorio contra la de <i>A. maura</i> silvestres son paralelas, no tienen diferencias significativas ($P = 0.677 > 0.05$); b, c, d, e y f) las tendencias comparadas tienen diferencias significativas ($P < 0.05$), también se puede observar que las dimensiones de las conchas larvarias tienen pocos traslapes.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.- Características principales del desarrollo planctotrófico y dimensiones típicas (\widehat{Al} y \widehat{La}) de las conchas larvianas de <i>A. maura</i>	6
Tabla II.- Comprobación de supuestos $b=0$ y $b=1$, y significancia resultante del Análisis de la Varianza de las líneas de Regresión por etapa y rapidez de crecimiento, para larvas de <i>A. maura</i> cultivadas.....	22
Tabla III.- Prueba de bondad de ajuste χ^2 para las tendencias ajustadas de regresión lineal bivariada (Modelo II) por etapa larvaria para <i>A. maura</i> en cultivo.	22
Tabla IV.- Regresiones lineales (Modelo II) de las dimensiones de las conchas larvianas, durante cada una de las etapas del desarrollo de larvianas de <i>Atrina maura</i> en cultivo. ..	23
Tabla V.- Comparación de tendencias lentas y rápidas de la etapa Veliger Umbada.	24
Tabla VI.- Comparación de las tendencias de crecimiento entre las etapas larvianas de <i>A. maura</i> bajo condiciones de cultivo.	25
Tabla VII.- Coeficientes de determinación (R^2) para las ecuaciones de crecimiento de <i>A. maura</i> durante su cultivo larvario.	30
Tabla VIII.- Diferencia de los residuales al cuadrado.	30
Tabla IX.- Comprobación de supuestos $b=0$ y $b=1$, resultado del Análisis de la Varianza.	31
Tabla X.- Prueba de bondad de ajuste χ^2 para las tendencias ajustadas de regresión lineal bivariada (Modelo II) de las etapas larvianas.	31
Tabla XI.- Regresiones lineales calculadas del Modelo II para las larvas silvestres <i>Atrina maura</i> y <i>Pinna rugosa</i> . Datos de Hernández-Hernández (2000).....	31
Tabla XII.- Comparación de las tendencias de las larvas silvestres.	31
Tabla XIII.- Comparación de las tendencias de las larvas silvestres vs. larvas cultivadas en el laboratorio.	32
Tabla XIV.- Dimensiones de las conchas larvianas de <i>A. maura</i> de los antecedentes y las estandarizadas en el presente trabajo.	34
Tabla XV.- Condiciones del desarrollo larvario del cultivo.	48
Tabla XVI.- Comprobación de supuestos $b=0$ y $b=1$ con un Análisis de la Varianza. ..	50
Tabla XVII.- Prueba de bondad de ajuste χ^2 para las tendencias ajustadas de regresión lineal (Modelo II) de las etapas larvianas.	51

Tabla XVIII.- Regresiones lineales (Modelo II) de las dimensiones de las conchas transformadas (\log_{10}) de las etapas larvarias de *Atrina maura*. 51