



Formación de marcas de crecimiento y relaciones alométricas en otolitos de juveniles de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) bajo condiciones de manejo

Tesis

Que para obtener el título de

Licenciada en Biología Marina

Presenta

Denisse Ángeles Solís

Director de tesis:

M. en C. José Alberto Montoya Márquez.

Puerto Ángel, Oaxaca, Marzo 2014.




ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “FORMACION DE MARCAS DE CRECIMIENTO Y RELACIONES ALOMÉTRICAS EN OTOLITOS DE JUVENILES DE *OREOCHROMIS NILOTICUS* (LINNAEUS, 1758) BAJO CONDICIONES DE MANEJO”, presentada por la Pasante de Biología Marina **Denisse Ángeles Solís**, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

Comisión Revisora


M. en C. José Alberto Montoya Márquez
Instituto de Recursos, UMAR
Director



Dra. Alicia Cruz Martínez
Depto. de Ecología y Recursos
Naturales, UNAM
Revisora

M. en C. Pablo Torres Hernández
Instituto de Industrias, UMAR
Revisor

Dra. Genoveva Cerdenares Ladrón de
Guevara
Instituto de Recursos, UMAR
Revisora



Dr. José Luis Gómez Márquez
Laboratorio de Limnología, FES-
Zaragoza, UNAM
Revisor

Puerto Ángel, Oaxaca, Marzo 2014.

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron para la realización de esta tesis.

A mi amigo y gran director Alberto Montoya, por toda su confianza, apoyo, paciencia, orientación y sobre todo por no dejarme tirar la toalla en los últimos momentos de debilidad.

A mis revisores: la Dra. Alicia Cruz, M en C. Pablo Torres, Dra. Genoveva Cerdenares y Dr. José Luis Gómez por sus observaciones que enriquecieron esta tesis.

A Darla y Lety por todas las facilidades para la toma de fotografías en el laboratorio de Macroalgas.

A Marco Vinicio por el uso de instalaciones en el laboratorio de Investigación.

A Francisco Benítez por el uso de laboratorio de Física y poder montar los otolitos.

A la familia Ángeles y Solís por su interés, apoyo y por todas aquellos momentos en los que no pude estar pero siempre me mantuvieron presente.

A la familia Lobato-Ramos por adoptarme como una hija.

A Penélope, Mayela, Lupita, Gregoria, Jorge Carlos (Yuca), Elio (el pelón), Javier (Oax), Fer (Bambi) por los buenos y malos momentos, pero sobre todo por su sincera amistad.

A todos los maestros que tuve durante mi carrera, quienes contribuyeron en mi formación.

Y todos los amigos y compañeros que no menciono pero no por eso son menos importantes y que de alguna u otra forma me apoyaron en todo este tiempo.

Dedicatoria

Dedico esta tesis de investigación a:

A mi madre Ileana por todo su apoyo, confianza, consejos y sobre todo por su gran amor hacia mi carrera y por ende alimentar mis sueños a pesar de la distancia.

A mi padre Manuel por su confianza, apoyo y consejos.

A mi hermano Emmanuel por su gran capacidad de asombro a todo lo relacionado a la biología marina.

A mis abuelas Judith y Bertha que no dejaron de preocuparse.

A mis tíos, principalmente a mi Tía Mary y Tío Pedro, por su gran amor por la costa de Oaxaca.

A todo los que no pudieron continuar conmigo este proceso pero que formaron parte de él.

Índice

| | Pág. |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Antecedentes | 4 |
| 2.1 Descripción de la especie | 4 |
| 2.2 Efecto de las dietas sobre la talla de los organismos | 5 |
| 2.3 Efecto de factores experimentales en la determinación de la edad | 6 |
| 2.4 Efecto de las dietas sobre las líneas de crecimiento en los otolitos | 8 |
| 2.5 Efecto de las dietas sobre las líneas de crecimiento en los otolitos | 9 |
| 3. Justificación | 10 |
| 4. Hipótesis | 11 |
| 5. Objetivos | 12 |
| 5.1. Objetivo general..... | 12 |
| 5.2 Objetivos particulares | 12 |
| 6. Materiales y métodos | 13 |
| 6.1 Diseño experimental | 13 |
| 6.2 Extracción de otolitos..... | 14 |
| 6.3 Medición de los otolitos..... | 16 |
| 6.4 Técnicas de preparación de las muestras para las lecturas | 17 |
| 6.4.1 Quemado | 18 |
| 6.4.2. Pulido y corte | 18 |
| 6.4.3. Toma de fotografías digitales..... | 18 |
| 6.5 Lectura de otolitos | 19 |
| 6.6 Análisis estadístico | 20 |
| 6.6.1. Efecto de los tratamientos en la talla de <i>O. niloticus</i> | 20 |
| 6.6.2. Efecto de los tratamientos en las medidas de los otolitos..... | 20 |
| 6.6.3 Efecto de los tratamientos en la alometría del otolito..... | 20 |
| 6.6.3.1. Relación entre la talla del pez y las dimensiones del otolito | 20 |
| 6.6.3.2. Relación entre la longitud del otolito y sus dimensiones por tratamiento | 22 |
| 6.6.4. Efecto de los tratamientos en la forma del otolito | 22 |
| 6.6.5. Efecto de los tratamientos sobre las líneas de crecimiento | 23 |
| 6.6.6. Precisión de las lecturas | 23 |
| 7. Resultados y discusiones | 24 |
| 7.1 Efecto de los tratamientos en la talla de <i>O. niloticus</i> | 24 |
| 7.2 Descripción de los otolitos | 25 |
| 7.3. Efecto de los tratamientos en las medidas de los otolitos..... | 27 |
| 7.4. Efecto de los tratamientos en las relaciones alométricas del otolito | 35 |
| 7.4.1. Relación entre la talla del organismo (LE) y la longitud del otolito (LO) por tratamiento..... | 35 |
| 7.4.2. Relación LE y peso del otolito (PO) | 38 |
| 7.4.3. Relaciones alométricas entre la longitud del otolito (LO) y las medidas del otolito por tratamiento | 39 |
| 7. 5 Precisión de lectura | 42 |
| 7.6 Efecto de los tratamientos sobre la formación y número de líneas de crecimiento | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 7.7. Efecto de los tratamientos en la forma de los otolitos..... | 48 |
| 8. Conclusiones..... | 56 |
| 9. Referencias..... | 58 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla I. Variables significativas en el análisis múltiple de covarianza (ANAMUCOVA). La longitud estándar es la covariable. | 28 |
| Tabla II. Relación y tipo de alometría entre LE- LO. | 36 |
| Tabla III. Relación y tipo de alometría de todos los tratamientos entre LE-LO. | 37 |
| Tabla IV. Relación y Tipo de alometría entre LE- PO. | 39 |
| Tabla V. Relación y tipo de alometría entre LO y las variables significativas por tratamientos. | 41 |
| Tabla VI. Promedio de las líneas registradas en cada otolito por tratamiento. | 47 |
| Tabla VII. Tipo de borde, cúspide, variación de la abertura interrostral y porcentaje de los otolitos que presentan los rasgos característicos, por tratamiento. | 49 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Organismo de la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)..... | 5 |
| Figura 2. Corte transversal de la cabeza de <i>O. niloticus</i> | 15 |
| Figura 3. Otolito <i>sagitta</i> de <i>O. niloticus</i> | 15 |
| Figura 4a. Medidas tomadas a cada otolito <i>sagitta</i> : a) Largo de la muesca interrostral, b) largo del otolito, c) Largo al <i>postrostrum</i> , d) Altura, e) Distancia transversal del <i>postrostrum</i> al <i>antirostrum</i> Imagen modificada de Leta y Kim (1982). | 16 |
| Figura 4b. Medidas tomadas a cada otolito <i>sagitta</i> : f) Distancia transversal del <i>rostrum</i> al <i>postrostrum</i> , g) Abertura interrostral, h) Radio al margen derecho, i) Radio al margen izquierdo, j) Radio al margen superior y k) Radio al margen inferior Imagen modificada de Leta y Kim (1982)..... | 17 |
| Figura 5. Efecto de los tratamientos en la talla de la tilapia del Nilo. Se grafican los intervalos de confianza (95%) para la media. | 25 |
| Figura 6. Otolito típico de <i>O. niloticus</i> | 27 |
| Figura 7. A) Esquema ilustrado de un otolito con forma de flecha de punta. B) Ilustración de un borde sinuado y crinado (tomada de Mascareñas <i>et al.</i> 2003). | 27 |
| Figura 8. Efecto de los tratamientos en la abertura interrostral de los otolitos de la tilapia del Nilo. Se grafican los intervalos de confianza (95%) para la media. | 29 |
| Figura 9. Efecto de los tratamientos en las distancias transversales del <i>postrostrum</i> al <i>antirostrum</i> (DTPM) y del <i>antirostrum</i> al <i>postrostrum</i> (DTRM) de los otolitos de la tilapia del Nilo. Se grafican los intervalos de confianza (95%) para la media..... | 30 |
| Figura 10. Efecto de los tratamientos en el largo de la muesca interrostral de los otolitos de la tilapia del Nilo. Se grafican los intervalos de confianza (95%) para la media. | 31 |
| Figura 11. Efecto de los tratamientos en el largo del otolito de la tilapia del Nilo. Se grafican los intervalos de confianza (95%) para la media. | 32 |
| Figura 12. Efecto de los tratamientos en el peso de los de los otolitos de la tilapia del Nilo. Se grafican los intervalos de confianza (95%) para la media. | 33 |
| Figura 13. Efecto de los tratamientos en el radio al margen derecho e izquierdo de los otolitos de la tilapia del Nilo. Se grafican los intervalos de confianza (95%) para la media. | 34 |
| Figura 14. Relación alométrica entre LE (talla del organismo)-LO (largo del otolito) en todos los tratamientos. Las variables están transformadas a logaritmo. | 37 |
| Figura 15. Líneas de crecimiento del <i>sagitta</i> en <i>O. niloticus</i> . Se marca con una flecha azul la banda negra del borde del otolito y con flechas rojas el crecimiento discontinuo..... | 42 |
| Figura 16 .Foto compuesta de un otolito de <i>O. niloticus</i> del tratamiento (1A-4B) con 78 líneas de crecimiento. Se marca con flecha azul el núcleo. | 44 |
| Figura 17. Efecto de los tratamientos en la formación de las líneas de crecimiento en los otolitos..... | 45 |
| Figura 18. <i>Sagitta</i> izquierdo del tratamiento TA (fotografía tomada con filtro LBD). Se señala con el número 1 la abertura interrostral y con el 2 los bordes. | 52 |

Figura 19. *Sagitta* izquierdo del tratamiento 4A-1B (fotografía tomada con filtro OP).
 Se señala con el número 1 la abertura interrostral y con el 2 los bordes. 53

Figura 20. *Sagitta* izquierdo del tratamiento 3A-2B (fotografía tomada con filtro OP).
 Se señala con el número 1 la abertura interrostral y con el 2 los bordes. 53

Figura 21. *Sagitta* izquierdo del tratamiento 2A-3B (fotografía tomada con filtro LBD).
 Se señala con el número 1 la abertura interrostral y con el 2 los bordes. 54

Figura 22. *Sagitta* izquierdo del tratamiento 1A-1B (fotografía tomada con filtro ND25). Se señala con el número 1 la abertura interrostral y con el 2 los bordes.
 54

Figura 23. *Sagitta* izquierdo del tratamiento 1A-4B (fotografía tomada con filtro OP).
 Se señala con el número 1 la abertura interrostral y con el 2 los bordes. 54

Figura 24. *Sagitta* izquierdo del tratamiento TB (fotografía tomada con filtro OP). Se
 señala con el número 1 la abertura interrostral y con el 2 los bordes..... 55

Resumen

La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* es un pez ampliamente estudiado por su importancia económica, acuícola, pesquera, científica y tecnológica, particularmente *Oreochromis niloticus*. En biología pesquera y estudios de dinámica de poblaciones, la determinación de la edad es un punto crucial para determinar el crecimiento y otros parámetros, sin embargo, estas estimaciones dependen de la certeza en determinar los grupos de edad, en este sentido se ha mencionado que las microlíneas formadas en los otolitos de los organismos son diarias. Debido a lo anterior el objetivo de la presente tesis fue evaluar el efecto de esquemas alimenticios con base en diferentes contenidos proteicos en el crecimiento, forma y frecuencia de formación de las microlíneas de los otolitos de juveniles de *O. niloticus* bajo condiciones de laboratorio durante un periodo de 60 días. Se extrajeron 89 otolitos *sagittas*; se probaron diferentes técnicas de preparación para la lectura evidenciando que el pulido fue la que produjo mejores resultados. Se tomaron fotografías digitales a los otolitos montados y pulidos, para enumerar las líneas de crecimiento y se tomaron medidas de los mismos. Se determinó la relación y el tipo de alometría entre la talla de los organismos (LE) y el largo (LO) y el peso de los otolitos (PO), asimismo, se estimaron las relaciones entre la longitud del otolito y otras medidas biológicas de éste en las dietas suministradas (TA, 4A-1B, 3A-2B, 1A-1B, 2A-3B, 1A-4B, TB). De manera cualitativa se observó el efecto de los tratamientos sobre la forma del otolito, una vez enumeradas las marcas de crecimiento se midió la precisión de las lecturas. Se encontró que el tipo de tratamiento influyó en la talla de los organismos, sin embargo, en cuanto a la relación entre la LE (talla del organismo) y LO (largo del otolito) solo un esquema alimenticio evidenció efecto (isométrico) en esta relación fue para los demás tratamientos alométrica negativa, de la misma manera no se apreció efecto de los tratamientos en la relación a la talla del pez con el peso del otolito ya que en todos los grupos experimentales la alometría fue negativa. En cuanto a la formación de microlíneas se evidenció un efecto de los esquemas alimenticios, coincidió el número de líneas con la edad real de los organismos en el esquema con mayor valor nutrimental, no se encontró periodicidad en la formación de las marcas de crecimiento. La forma típica del otolito de *O. niloticus* (forma de punta de flecha; con borde sinuado con cúspides regulares y redondeadas) varió dependiendo del contenido proteico. La lectura del número de líneas en los dos otolitos (derecho e izquierdo) no varió.