



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Estudio preliminar de Edad y Crecimiento de la
Tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis
aureus*), con base en escamas, en la Presa
Fernando Hiriart Balderrama "Zimapán".**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

KARLA MARGARITA GRANADOS FLORES



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS:
M. EN C. MARIO ALEJANDRO GÓMEZ PONCE

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres quienes me han enseñado tanto, me han dado tanto y a pesar de todas las dificultades siempre han estado conmigo. Los adoro, los quiero y los amo con toda mi alma y mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a:

Al señor Jacinto Espino (Representante de las Sociedades Cooperativas Pesqueras de la Presa Zimapán) por el tiempo invertido, apoyo físico, moral y económico.

Al señor Javier Hernández Trejo por su apoyo para la concesión de la beca por parte de PROFEMOR del Estado de Hidalgo.

A todos los pescadores de la Presa Zimapán (de los estados de Hidalgo y Querétaro), por todo el apoyo recibido, hospitalidad, amabilidad y tiempo invertido durante los muestreos para la realización de este trabajo.

Al comité:

Al M. en C. Mario Alejandro Gómez Ponce por la dirección de esta tesis, sus comentarios, por todo el apoyo brindado, paciencia y compromiso.

Al Dr. Manuel Gallardo Cabello por la revisión del trabajo, sus atinados comentarios y correcciones.

A la Dra. María Esther Diupotex Chong por el apoyo recibido y hacer el proceso más ligero y más pasadero.

Al Biólogo Gabriel González Chávez por el tiempo invertido en la revisión del presente trabajo y sugerencias.

Al Biólogo Pablo Hernández Almaraz por las valiosas correcciones realizadas, la dedicación y el compromiso. No se necesita tener el grado de doctor para ser grande.

También al M en C. Marco Antonio Martínez Muñoz y al M en C. Ricardo Ramírez Murillo por ser parte muy importante en mi formación profesional. por su apoyo incondicional, por sus enseñanzas y sobre todo por mostrarme mi camino en esta carrera. Siempre les estaré muy agradecida sobretodo por brindarme su amistad.

Al Biólogo y amigo (antes que cualquier cosa) Claudio Manuel Padilla González por sus enseñanzas, por el apoyo incondicional en la realización de esta tesis y todo el material facilitado. Gracias por tu compañía y por mostrarme otras cosas buenas de la vida. Eres como mi guía y una parte muy importante para mí.

Les agradezco profundamente a mi mami Margarita Flores Montiel y a mi papi Juan José Granados Tapia por todo lo que me han dado. Por estar junto a mí compartiendo todas la experiencias de mi vida, sean buenas o malas y darme ánimos en mis malos momentos. Lo único que puedo decir por eso y más, es MUCHAS GRACIAS. Ahora es mi turno de responderles de la misma manera a todos sus esfuerzos, sacrificios, lucha, ayuda y amor.

En especial me gustaría agradecer todo el apoyo de mi primo Julio César, quien ha crecido junto a mí y hemos compartido muchísimas cosas. A mis primos Claudia, Rox y Johnny por todo su apoyo, cariño, compañía, alegría y sus buenos deseos. Los quiero mucho y gracias.

A mis tíos quienes me han apoyado y me han brindado todo su apoyo y palabras de aliento cuando las necesito, especialmente a mi tía Regina por escucharme, por entenderme, por darme todo su cariño y sus sabios consejos. A mi tía Pilar por su cariño y carisma, a mis tíos Chuy y Juanito por su honestidad, sinceridad y ternura, gracias por sus palabras. A mi tío Lalo[†], gracias por todo el apoyo que me brindaste en vida

Al resto de mi familia: tíos, tías, primos, primas, sobrinas y sobrinos, omití muchos nombres por falta de espacio y bloqueo mental ("Alzheimer").

A mis amigos, que he tenido la fortuna y la dicha de conocer, personas muy lindas por fuera y por dentro desde toda la vida: Karen fuiste mi apoyo desde que estábamos chiquititas y me enseñaste muchas cosas y aprendimos muchas otras juntas. Mis inseparables amigos de la secu Norma, Julito, Jackie, Eri y Erick, los quiero mucho a todos y espero estar siempre cerca de ustedes y ustedes siempre conmigo. Gracias por todo su apoyo y por tan bellos y maravillosos momentos. Al grupo 515 de la Prepa, pero con especial dedicatoria y en memoria de Lety[†] (donde sea que estés, me hubiera gustado mucho compartir esto contigo), gracias también a Ericka, Edgar y Jaime con los que viví muchas experiencias muy bonitas, los quiero; también a mis amigas Gloria, Yolanda, Rocío y Christian por todos esos bellos momentos. A todos los chavos de la carrera, con todos aquellos con los que viví y compartí esa aventura: Sandra (ahora junto con Carito) toda la vida te estaré agradecida por ese gran apoyo que me diste cuando más lo necesité, Jenny con quién compartí muchas cosas y me enseñó mucho, Luis gracias de verdad por todo tu apoyo, ayuda y compañía. Gracias también a Carmen, Erika, Jacob, Vicky, Roxana y a todos los chacales por su amistad.

A mis amigos del laboratorio: Estelita, Alfredo, Edgar, Beto, Julio, Yemin, sin ustedes no hubiera sido lo mismo, gracias por todo el apoyo y los buenos ratos a la hora de la comida. También a quienes en algún momento fueron parte del lab: Adrianiux gracias por todos aquellos momentos de risas, buenos momentos y por tu amistad; Guadalupe por tu sinceridad y compañía, formamos un gran equipo allá en Zimapán. También no me olvido de todas esas buenas personas que conocí en los cruceros y algunas otras que ha pesar que ya conocía no había tenido la oportunidad de convivir con ellas: Ethel, Ale, Bal, Dra Ana Rosa, Manolito (vecino), Sandra, Paty, Dr. Heimer, etc.

Simone y Amanda gracias por haber compartido tantas cosas, las quiero mucho chamacas.

Gracias a Dios y a mi tan especial angelito de la guarda.

MIL GRACIAS A TODOS !!!!.



CONTENIDO

	Página
RESUMEN	I
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
I.1 Generalidades	1
I.2 Edad	2
I.3 Crecimiento	3
II.- OBJETIVOS.....	4
II.1 Objetivo General	4
II.2 Objetivos particulares	4
III.- ANTECEDENTES.....	5
IV.- ÁREA DE ESTUDIO.....	9
V.- MATERIALES Y MÉTODO.....	11
V.1 Trabajo de Campo	11
V.2 Trabajo de Laboratorio	13
V.3 Trabajo de Gabinete	14
VI.- RESULTADOS.....	19
VI.1 Determinación de la especie.....	19
VI.2 Distribución por tallas de los organismos.....	20
VI.3 Descripción de la escama.....	22
VI.4 Análisis morfométrico.....	23
VI.5 Incremento marginal.....	26
VI.6 Relación talla-peso.....	27
VI.7 Análisis de frecuencias de tallas.....	29
VI.7.1 Método de Petersen.....	29



VI.7.2 Método de Bhattacharya.....	32
VI.8 Identificación de anillos de crecimiento.....	33
VI.8.1 Método de Ford-Walford.....	37
VI.8.2 Método de Beverton y Holt.....	37
VI.9 Crecimiento en longitud y peso.....	39
VII.- DISCUSIÓN.....	42
VII.1 Determinación de la especie.....	42
VII.2 Análisis morfométrico.....	42
VII.3 Incremento marginal.....	43
VII.4 Relación talla-peso.....	45
VII.5 Determinación de la edad (Análisis de frecuencias e identificación de anillos).....	47
VII.6 Crecimiento en longitud y peso.....	48
VIII.- CONCLUSIONES.....	50
IX.- RECOMENDACIONES.....	51
X.- BIBLIOGRAFÍA.....	52
XI.- APÉNDICE.....	61
XI.1 Generalidades de la Presa Zimapán.....	61
XI.2 Biología de la especie.....	63
XI.3 Ubicación taxonómica.....	64
XI. 3.1 Concepto de especie e híbrido.....	65



LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Estructuras duras utilizadas para estudios de edad y crecimiento en peces.	3
2. Breve historia de la tilapia en México.	6
3. Ubicación de la Presa Fernando Hiriart Balderrama “Zimapán”.	10
4. Presa Zimapán y ubicación de las sociedades cooperativas pertenecientes a los estados de Hidalgo y Querétaro.	11
5. Mediciones realizadas en los organismos y toma de escamas.	12
6. Mediciones de la escama.	13
7. Mapa de distribución de tallas de organismos colectados en la Presa Zimapán.	21
8. Esquema de una escama de tilapia de la Presa Zimapán.	22
9. Relación potencial entre el ancho y largo promedio de la escama de tilapia.	24
10. Relación potencial entre la longitud patrón del pez y la longitud promedio de la escama de tilapia.	24
11. Relación potencial entre la longitud del pez y el ancho promedio de las escamas.	25
12. Incremento Marginal en las escamas de tilapia durante los meses de muestreo.	26
13. Relación talla-peso en la población de tilapia de la Presa Zimapán.	27
14. Histogramas mensuales de la distribución de frecuencias de tallas de la tilapia.	29
15. Distribución de frecuencias de tallas de la tilapia, por el método de Bhattacharya.	32
16. Escamas de tilapia con su respectiva nomenclatura.	36
17. Curva de crecimiento en longitud por el método de von Bertalanffy.	40
18. Curva de crecimiento en peso por el método de von Bertalanffy.	41
19. Ejemplar de tilapia <i>O. niloticus</i> X <i>O. aureus</i> de la Presa Zimapán.	64



LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Parámetros de crecimiento estimados para tilapias en México.	8
2.	Resumen de caracteres morfológicos diagnósticos considerados en la identificación de 50 ejemplares de tilapia de la Presa Zimapán.	19
3.	Valores promedio, mínimo y máximo, de medidas morfométricas en tilapias de la Presa Zimapán.	23
4.	Variación mensual del crecimiento en tilapias de la presa Zimapán.	28
5.	Talla para cada grupo de edad determinada por el método de Petersen.	30
6.	Parámetros de crecimiento estimados por los métodos de Ford-Walford/Gulland y Beverton y Holt, a partir del método de Petersen.	31
7.	Comparación de los métodos empleados para la estimación de longitudes calculadas, en relación a las longitudes observadas por el método de Petersen.	31
8.	Talla para cada grupo de edad, determinado por el método de Bhattacharya.	32
9.	Parámetros de crecimiento obtenidos por los métodos Ford-Walford/Gulland y Beverton y Holt calculados a partir del método de Bhattacharya.	33
10.	Comparación de métodos empleados en la estimación de longitudes calculadas para cada grupo de edad, en relación a longitudes observadas por el método de Bhattacharya.	33
11.	Distribución del número de anillos y longitud patrón de la tilapia.	34
12.	Grupos de edad y longitudes obtenidas de la “lectura” de escamas.	37
13.	Parámetros de crecimiento obtenidos a partir de la “lectura” de escamas.	37
14.	Comparación de los métodos utilizados para la determinación de la talla perteneciente a cada grupo de edad.	38
15.	Valoración de los métodos empleados.	38
16.	Longitudes y pesos calculados para cada grupo de edad de la tilapia.	39



RESUMEN

Se determinó la edad y crecimiento de la tilapias identificadas como híbrido *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* y se demostró la confiabilidad de las escamas como estructuras útiles para determinar la edad en ejemplares obtenidos en la Presa Hidroeléctrica Fernando Hiriart Balderrama “Zimapán”.

La Presa “Zimapán”, se encuentra localizada en los límites del estado de Hidalgo y Querétaro. El estudio se realizó durante mayo-diciembre/2003 y enero-mayo/2004, en tres puntos de la presa: la entrada del río San Juan, la entrada del río Tula y el vaso de la Presa.

Para la colecta de los organismos por estudiar, se utilizaron redes de tipo atarraya con abertura de malla de 0.9 cm; y redes agalleras con una caída o altura máxima de 5 m y una abertura de malla de 4.5 pulgadas, esto con el fin de obtener la mayor representación de tallas posibles, la cual varió entre los 3.8 y 23.2 cm de longitud patrón.

Se registró la longitud patrón y el peso total, así también se colectaron entre 15 y 20 escamas de los organismos capturados. Para realizar el análisis de escamas se midió el largo y ancho, además de medir la distancia del foco a cada anillo de crecimiento, con la finalidad de demostrar la proporcionalidad entre el crecimiento de la escama respecto al crecimiento del pez.

Se utilizó la lectura de escamas y los Métodos de Petersen y Bhattacharya para determinar los grupos de edad que conforman la población. Se determinaron los parámetros de crecimiento por medio de los métodos de Ford-Walford (1949), Gulland (1964) y Beverton y Holt (1956) para obtener la curva de crecimiento en longitud y peso.

Las escamas de las tilapia son de tipo ctenoide, presentaron entre 9 y 10 radios, y se determinaron de 1 a 3 anillos de crecimiento.

Los análisis morfométricos indicaron que la longitud y el ancho de las escamas tienen tendencia al crecimiento isométrico ($k= 0.94$), por lo que la longitud como el ancho de la escama pueden ser utilizadas para determinar la edad de los organismos. Por su parte se determinó que existe una proporcionalidad directa entre el crecimiento somático del pez y el crecimiento de la escama.

A través del análisis de Incremento Marginal, se detectó la formación de un anillo de crecimiento, en el periodo de mayor desove, lo que indica que la formación de anillos de crecimiento coincide principalmente con eventos reproductivos.

La relación talla-peso de la población indica un crecimiento de tipo isométrico ($b= 3$), en el que los organismos crecen proporcionalmente en longitud y peso.

Por medio de métodos directos e indirectos se determinaron cuatro grupos de edad en la población, siendo el método de Bhattacharya el que más se ajusta a los datos obtenidos a partir de la lectura de escamas, al obtener una $SD^2= 3.5$. Los parámetros obtenidos por el método de escamas para la ecuación de crecimiento fueron: $L_{\infty}= 28.11$ cm, $W_{\infty}= 877.177$ g, $k= 0.33$ y $t_0= -0.86$.



I.-INTRODUCCIÓN

I.1 Generalidades

En los últimos años la creciente demanda nutricional que ha presentado nuestro país, ha propiciado que la pesca en aguas continentales tenga mayor importancia, debido a la obtención de alimentos de alto contenido proteico. Además, la actividad pesquera ha sido útil en la creación de empleos y la mejora en los niveles de vida de algunos sectores rurales (SEPESCA; 1991). La introducción de especies exóticas como la mojarra o tilapia (*Oreochromis* spp), la carpa (*Cyprinus* spp), lobina (*Micropterus* spp) y el charal (*Chirostoma* spp) en la acuicultura extensiva, ha sido percibida como un medio para mejorar los estándares de vida de comunidades rurales, siendo sin lugar a dudas, una política bien intencionada (Contreras-MacBeath, *et al.* 1998).

El uso de especies piscícolas con un alto índice de reproducción, como la tilapia o mojarra africana (*Oreochromis* spp) (Apéndice X.2), se caracterizan por tener un rápido crecimiento, y mejor rendimiento a nivel comercial, por ser productos relativamente baratos y de fácil adquisición; además, su carne es nutritiva, alta en proteínas y baja en grasas, lo que la ha colocado como uno de los recursos pesqueros más importantes en la República Mexicana (Díaz-López, 1985).

Actualmente la tilapia junto con otras especies dulceacuícolas constituyen materia prima de excelente calidad para la elaboración de productos como salchicha, albóndiga y croqueta, además, su carne se puede vender fresca, fileteada o en ceviche. Se ha comprobado que su carne tiene la misma calidad y valor nutritivo que el de las especies marinas (Jiménez y Díaz, 1976).

Para un manejo adecuado y la explotación racional de los recursos pesqueros, -incluyendo la tilapia- se requiere conocer su dinámica poblacional (que se refiere el estudio de las poblaciones, tratando de describir y cuantificar los cambios que continuamente ocurren en ellas). La importancia de determinar la edad de la tilapia y de cualquier organismo, es de gran interés, ya que permite:

- a) Realizar estudios sobre crecimiento,
- b) Conocer la longevidad de las especies,
- c) Identificar las clases anuales que componen el stock,
- d) Determinar la edad de primera madurez y de reclutamiento,
- e) Conocer la producción de biomasa y niveles de captura para cada edad,
- f) Determinar la tasa de mortalidad a la cual está sujeta la población,
- g) Conocer la selectividad al arte de pesca,
- h) Obtener el rendimiento máximo sostenible para cada especie sujeta a la explotación.



I.2 Edad

Los métodos para determinar la edad de los peces pueden dividirse en directos e indirectos. Los métodos directos están basados en la interpretación de capas depositadas en las partes calcáreas del pez, las cuales están relacionadas con la observación directa de marcas de crecimiento. Estas marcas son el producto de cambios en el metabolismo de los individuos y están correlacionadas con el tiempo en que ocurrieron (Ehrhardt, 1981). Los métodos indirectos se basan en el análisis de frecuencias de tallas de una población de peces, estos métodos normalmente ayudan a confirmar otros procedimientos, particularmente aquellos que involucran la interpretación de la edad a partir de estructuras calcificadas (Pauly, 1983; Weatherley y Gill, 1987; Sparre y Venema, 1989).

La interpretación de la edad y crecimiento a partir de estructuras duras se basa en el supuesto de que rasgos periódicos son formados de manera constante y que la distancia entre rasgos consecutivos, tales como los anillos en escamas, son proporcionales al crecimiento del pez, por ello la talla de las estructuras duras refleja la talla del pez (Campana y Neilson, 1985).

El conteo de bandas o marcas de crecimiento en otolitos y escamas, es el método directo más común para la determinación de la edad en peces, sin embargo, puede haber la formación de otro tipo de marcas, causados por eventos inusuales que corresponden a anillos falsos (Schneider, *et al.* 2000). Cambios en el metabolismo durante ciertos periodos, son reflejados también como capas en las partes duras, las cuales son causadas principalmente por cambios estacionales en alimentación, temperatura y desove (Gómez-Márquez, 1994).

Los patrones de depositación de calcio en otolitos y escamas resultan ser aún más visibles en peces de zonas templadas. Se ha observado que la aceleración del crecimiento en peces tropicales origina una banda de crecimiento ancha, mientras que situaciones de estrés motivan un escaso aumento de dicha banda (Granado, 1996). Generalmente el crecimiento es rápido durante los meses calurosos y se vuelve lento en los meses de invierno (Schneider, *et al.* 2000).

La estructura más empleada para determinar la edad es la escama, seguida de los otolitos, espinas y estructuras óseas como las vértebras, piezas dentarias y secciones transversales de otras estructuras óseas (Fig. 1).

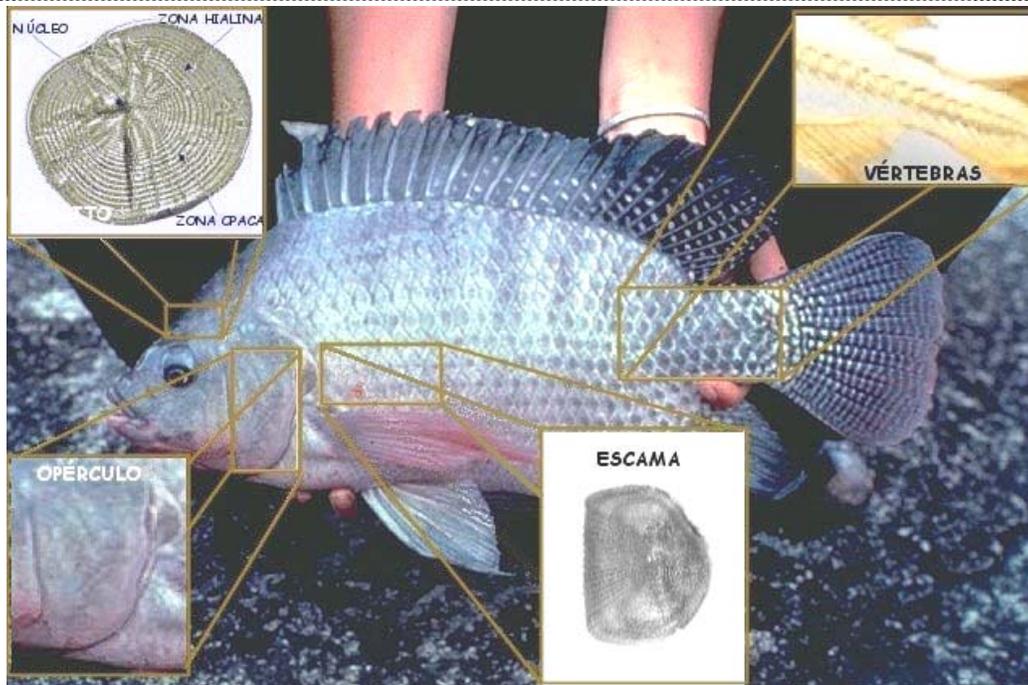


Fig 1. Estructuras duras utilizadas para estudios de edad y crecimiento en peces. Se muestra una tilapia típica y en los recuadros se muestran acercamientos de las estructuras duras: otolito, escama, opérculo y vértebras.

I.3 Crecimiento

El crecimiento puede ser definido como un proceso gradual a través del cual el individuo alcanza una talla determinada y aumenta proporcionalmente en longitud y peso (Gulland, 1971).

El crecimiento de los individuos también influye en la dinámica poblacional. La tasa de crecimiento influye en la sobrevivencia, la maduración y la fecundidad. Generalmente los peces que crecen rápidamente tienen mayor oportunidad de sobrevivir, debido a que alcanzan una talla grande tempranamente, por lo cual son capaces de nadar más rápido, escapar de depredadores fácilmente y ser altamente capaces de conseguir su alimento. Para los peces adultos, los individuos que crecen más rápido son sexualmente maduros más temprano, por lo que potencialmente se pueden reproducir por el resto de su vida, lo que se refleja en la fecundación, la cual a su vez incrementa con la talla (Jones *in* Fuiman y Werner, 2002).

Varios son los autores que han tratado de describir el crecimiento animal en forma matemática, entre ellos, Von Bertalanffy (1938), quien logró desarrollar una fórmula matemática, para conocer el crecimiento individual de los organismos. Su postulado satisface condiciones primordiales, por ejemplo, la expresión matemática es coherente con el proceso biológico del crecimiento, su formulación puede ser incorporada fácilmente en los modelos de dinámica de poblaciones y de administración de recursos pesqueros, y lo más importante, la ecuación se ajusta bien a la mayor parte de los datos observados sobre crecimiento en peces (Gulland, 1971; Csirke, 1980).



II.- OBJETIVOS

II.1 GENERAL:

- ❖ Determinar la edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) en la Presa Hidroeléctrica Fernando Hiriart Balderrama “Zimapán”.

II.2 PARTICULARES:

- Descripción morfológica y morfométrica de la escama de la tilapia *O. niloticus* X *O. aureus*.
- Análisis de las relación entre la longitud de la escama y la longitud patrón del pez.
- Determinación de la relación talla-peso de la tilapia.
- Determinación de los grupos de edad que componen a la población de tilapia en la Presa “Zimapán” por medio de métodos indirectos.
- Identificación del número de anillos de crecimiento formados en la escama para determinar la edad.

Obtener los valores de parámetros de crecimiento: L_{∞} , k y t_0 con la ecuación de Von Bertalanffy.



III.- ANTECEDENTES

La tilapia fue introducida a México en 1964 procedente de Alabama, E.U., los ejemplares fueron depositados en la Estación Piscícola de Temascal, Oaxaca. Las especies que se incluyeron en esta introducción, fueron reportadas como *Tilapia aurea*, *T. melanopleura* y *T. mossambica*. (Morales, 1991). Sin embargo, Trewavas en 1975 determinó que las especies presentes en México pertenecían a varios géneros: *Sarotherodon aureus*, *T. rendalli* y *S. mossambicus* respectivamente (Jiménez-Badillo, 1999) (Fig. 2).

S. aureus fue introducida en E.U. procedente de Israel en 1975 bajo el nombre erróneo de *T. nilotica*. En el momento en que llegó a México, procedente de E.U., se le siguió considerando como *T. nilotica* durante algunos años. Actualmente es reconocida como *Oreochromis aureus* (Jiménez-Badillo, 1999). No fue sino hasta 1978 cuando se introdujo la verdadera *T. nilotica* en la estanquería de Oaxaca en México, procedente de Panamá. En 1981 se introduce al país la Tilapia roja que corresponde a *O. mossambicus*, que según la FAO (1979) se originó como resultado de la cruce de un mutante blanco de *O. mossambicus* y *O. niloticus* en Taiwán. En el mismo año que fue introducida *O. mossambicus* también lo fue *O. urolepis*, ambas provenientes de Florida, E.U. y posteriormente fueron depositadas en los Centros Acuícolas de Zacatepec y El Rodeo en Morelos (Morales, 1991).

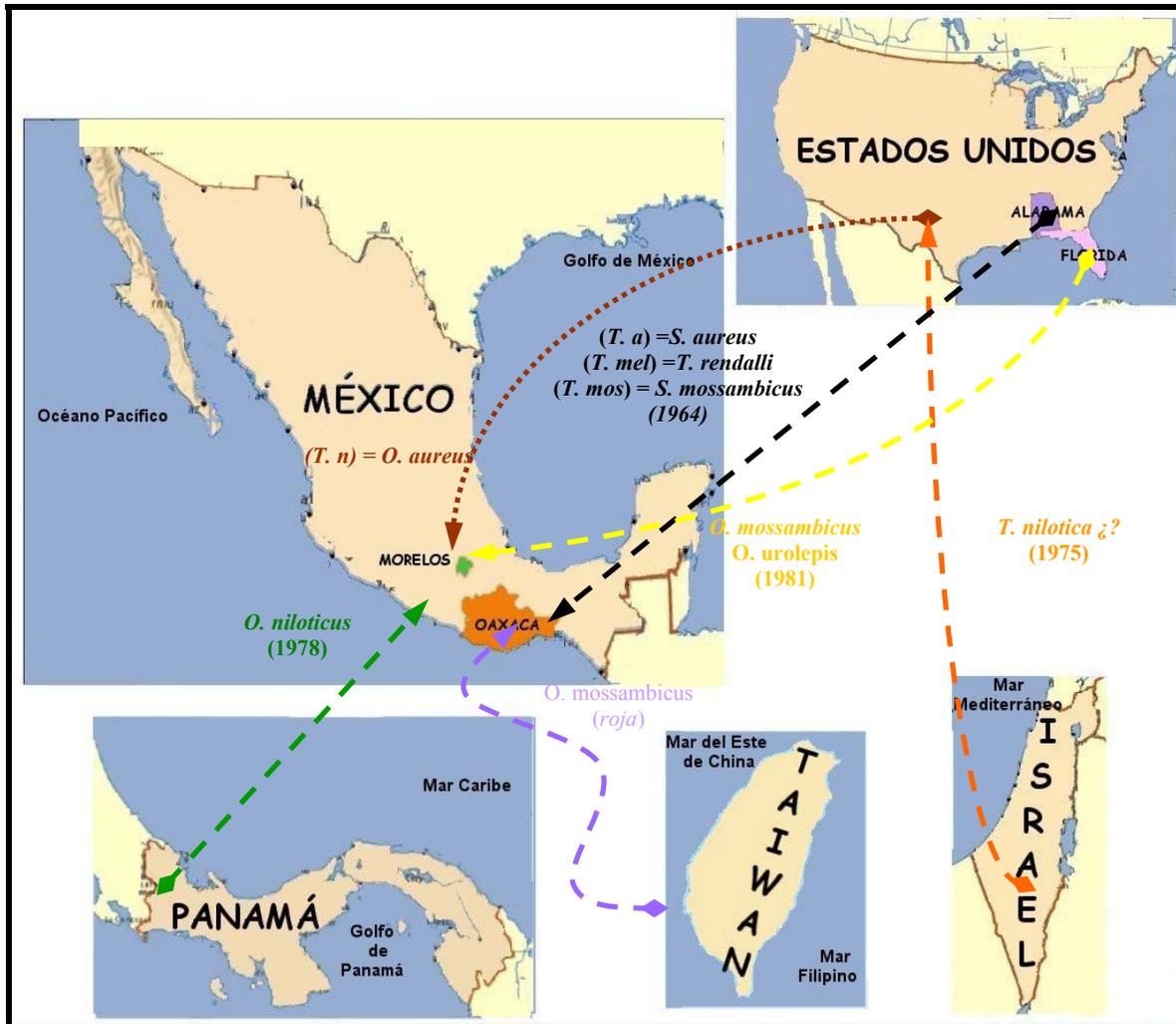


Fig 2. Breve historia de la Tilapia en México. Se muestran los países de procedencia y el destino de introducción en México. Son señaladas las especies y el año de introducción. *T. a*: *Tilapia aureus*; *T. mel*: *Tilapia melanopleura*; *T. mos*: *Tilapia mossambicus*; *T. rendalli*: *Tilapia rendalli*; *T. nilotica*(¿?): *Tilapia niloticus*; *S. aureus*: *Sarotherodon aureus*; *S. mossambicus*: *Sarotherodon mossambicus*; *O. mossambicus*: *Oreochromis mossambicus*; *O. urolepis*: *Oreochromis urolepis*; *O. niloticus*: *Oreochromis niloticus*.

Algunos trabajos realizados en diferentes especies de tilapia, consideran la relación crecimiento pez-estructura dura. Shackell y Doyle (1991) presentaron un método para estimar el desarrollo y las estabildades del crecimiento de *O. niloticus*, a través de la medida de rasgos morfológicos de las escamas. Tomaron en cuenta que la parte anterior de la escama no cambia después de su formación, y consideraron que dicha estructura sirve como un registro del desarrollo y crecimiento pasado. El crecimiento de la escama ha sido frecuentemente usado como un estimador del cambio en la longitud del pez.

Booth y Merron (1996), utilizando otolitos, llevaron a cabo estudios de edad y crecimiento de *O. macrochir* del río Okavango, Botswana. Ellos consideraron que dicha estructura es muy confiable principalmente para especies de peces tropicales y subtropicales. Sin embargo, alertaron de que el uso de escamas ha resultado en



una subestimación de la longevidad en la determinación de la edad, dándole mayor importancia a las tasas de crecimiento y a la longitud de los peces en edades predichas.

Se han realizado diversos estudios biológicos sobre las diferentes especies de tilapia en diferentes presas y embalses. Gómez-Márquez (1998) realizó un estudio de edad y crecimiento de *O. niloticus* de la Laguna de Coatetelco, en el estado de Morelos. Observó cuatro anillos de crecimiento mediante el uso de escamas y obtuvo una alta correlación entre la longitud estándar de los peces y la longitud de la escama, lo que corrobora la validez del uso de escamas para estimar la historia de edad y crecimiento de la tilapia. La formación de anillos de crecimiento fue en diciembre-enero, evento que según el autor, es atribuible a las bajas temperaturas del agua en esta época. Además, en junio observó un pequeño incremento ocasionado por la maduración de las gónadas y la actividad reproductiva.

Jiménez-Badillo (1999) realizó el análisis de la pesquería de *Oreochromis* spp. de la Presa Adolfo López Mateos, en Michoacán y Guerrero, en la que determinó las causas que ocasionan las variaciones espacio-temporales de la población de tilapia mediante una evaluación ecológica y pesquera. Con lo que respecta a la relación crecimiento pez-estructura, -obtuvo mediante la lectura de escamas y opérculos- un mejor ajuste al modelo de tipo lineal que al exponencial, sin embargo, con un intercepto diferente que el origen, lo cual significó que esta relación no era directamente proporcional, esto se explica considerando que estas estructuras no se desarrollan desde el inicio de vida del pez, sino tiempo más tarde. El análisis de incremento marginal indicó que la formación de anillos fue más evidente en los meses de julio, octubre y noviembre coincidiendo con los picos reproductivos de *O. aureus*.

Admassu y Casselman (2000) estimaron la edad de *O. niloticus* a través del análisis óptico de macrozonas del otolito ya que estas estructuras están asociadas a dos marcas de crecimiento que se formaron cada año. La longitud del otolito y la longitud del pez fueron correlacionadas significativamente.

Pérez y Patlani (2002) llevaron a cabo un estudio de edad y crecimiento de *O. niloticus* en la Presa Emiliano Zapata, en el estado de Morelos y determinaron la edad mediante la lectura de escamas, además, realizaron un análisis de regresión en el que obtuvieron que no hay una proporcionalidad directa entre la escama y la longitud del pez para la población. Derivado de la lectura de escamas se registraron cinco anillos de crecimiento y se encontraron dos periodos de depositación de anillos durante julio-agosto y diciembre coincidiendo con las épocas de reproducción.

Saito (2004) realizó un estudio de edad y crecimiento por lectura de otolitos de *O. niloticus* de la presa Emiliano Zapata, en Morelos. A pesar de haber obtenido valores bajos para las regresiones longitud patrón-otolito se apreció la tendencia de un aumento paulatino en los radios de las marcas periódicas. Las hembras presentaron cinco marcas periódicas y los machos presentaron cuatro. El análisis de incremento marginal sugirió un periodo de formación de marcas en enero y febrero (meses secos) y otro menor en julio (lluvias). Por otra parte, en la Tabla 1, se observan los valores de los parámetros de crecimiento L_{∞} , k y t_0 , obtenidos



por varios autores para algunas especies de tilapia a través de métodos directos e indirectos en diferentes cuerpos de agua en varios países.

TABLA 1. Antecedentes de estudios de crecimiento en diferentes especies de tilapias. Lp= Longitud patrón, Lt= Longitud total, h= hembras, m= machos, pob= población, ind= indirecto, esc= escamas, ope= opérculo, T. r= *Tilapia rendalli*, O. m= *Oreochromis mossambicus*, quim= Fertilización química, org= Fertilización orgánica (Tomado de Morales, en Prensa).

Autor	año	sistema	País/estado	Especie	Variable	Método	L _∞ (cm)	k	to
Guerra y Peña	1985	Bordo Michapa	México/Mor.	<i>O. urolepsis hornorum</i>	Lp	Indirecto	14.31	0.370	-0.436
Alejo et al.	1989	Laguna El Rodeo	México/Mor.	<i>O. mossambicus</i>	Lp	Indirecto	13.96 (h) 14.06 (m)	0.189 (h) 0.151 (m)	-0.296 (h) -0.0627(m)
Yamaguchi et al.	1990	Lago	Egipto	<i>O. niloticus</i>	Lp	Escamas	36.90 (h) 42.77 (m)	0.5450 (h) 0.3840(m)	-0.1170 (h) -0.3590 (m)
Jaramillo y Sánchez	1991	Bordo Michapa	México/Mor.	<i>O. urolepsis hornorum</i>	Lp	Indirecto	14.80	0.447	-0.320
Morales	1992		México	<i>O. aureus</i>	Lt	Indirecto	41.85	0.3365	-1.950
Flores	1994	Estanques	México/D. F.	<i>O. niloticus</i>	Lt	-----	20.17 quím. 17.50 org	0.203 quím. 0.213 org.	-0.119 quím. -0.591 org.
Guzmán	1994	Presa El Infiernillo	México/Mich-Gro.	<i>O. aureus</i>	Lt	Escamas	40.04	0.111	-1.121
Palacios	1995	Presa "El Infiernillo"	México/Mich-Gro.	<i>O. aureus</i>	Lt	-----	56.84 (h) 49.25 (m)	0.130 (h) 0.172 (m)	-0.226 (h) -0.615 (m)
Ramos	1995	Presa Benito Juárez	México/Oax.	<i>O. aureus</i>	Lt	Indirecto	29.60	0.218	-0.904
Booth y Merron	1996	Okavango delta	Botswana	<i>O. machrochir</i>	Lp	-----	27.51	0.420	-1.070
Garduño y Avelar	1996	Lago de Coatetelco	México/Mor.	<i>O. niloticus</i>	Lt	Indirecto Escamas Opérculo	27.81(ind) 27.76(esc) 24.40(ope)	0.066(ind) 0.072(esc) 0.056(ope)	-0.522 (ind) -0.507 (esc) -1.357 (ope)
Santiago y Jardón	1997	Presa Cerro de Oro	México/Oax.	<i>O. niloticus</i>	Lt	Escamas	42.02	0.149	-0.104
Gómez-Márquez	1998	Lago de Coatetelco	México/Mor.	<i>O. niloticus</i>	Lp	Indirecto Escamas Opérculo	27.80(ind) 29.19(esc) 25.75(ope)	0.064(ind) 0.069(esc) 0.050(ope)	-0.522 (ind) -0.424 (esc) -0.7451(ope)
Weyl y Hecht	1998	Lago Chicamba	Mozambique	<i>Tilapia rendalli</i> <i>O. mossambicus</i>	Lp	Otolitos	23.87 T.r. 26.600 .m.	0.636 T.r. 0.790 O.m.	-0.905 T.r. -0.269 O.m.
Jiménez-Badillo	1999	Presa El Infiernillo	México/Mich-Gro.	<i>O. aureus</i>	Lp	Indirectos Escamas Opérculo	47.85(pob) 48.78(h) 44.51(m)	0.460(pob) 0.430(h) 0.510 (m)	-0.055(pob) -0.086 (h) -0.119 (m)
Barbieri et al.	2000	Presa Guarapiranga	Brasil	<i>O. niloticus</i>	Lp	Escamas	33.00 (m) 28.70 (h)	0.456 (m) 0.508(h)	-----
Saito	2004	Presa Emiliano Zapata	México/Mor.	<i>O. niloticus</i>	Lp	Otolito	15.88 16.38 (h)	0.820 0.700 (h)	-0.370 -0.240 (h)
Manriquez	2005	Lago de Coatetelco	México/Mor.	<i>O. niloticus</i>	Lp	Otolito	20.19(pob) 19.51 (h) 20.32 (m)	0.608(pob) 0.463 (h) 0.627 (m)	-0.420 (pob) -0.973 (h) -0.363 (m)



Con respecto a la Presa Zimapán, su pesquería ha sido mínimamente estudiada, razón por la cual, la información sobre su comportamiento es sumamente escasa.

Unos de los pocos estudios que se han llevado a cabo en dicha Presa y que no es de carácter pesquero es el de Valdiviezo (1998), quién evaluó el contenido de metales pesados en *O. niloticus*.

Así mismo se han llevado a cabo informes técnicos basados en muestreo puntuales que no presentan la dinámica poblacional de la tilapia (Apéndice X.1).

IV.- AREA DE ESTUDIO

La Presa Hidroeléctrica “Zimapán” específicamente, empezó su construcción en 1990 y unos meses después de concluidas las obras de almacenamiento en 1995, se inició la explotación de *Oreochromis* ssp, cuyos pies de cría provienen de la Presa Vicente Aguirre.

Zimapán es una presa con una superficie media de 2 600 hectáreas de espejo de agua, situada a una altitud de 1 870 msnm, formada en el antes llamado Cañón de Zimapán formado principalmente por los ríos San Juan y Tula. Se localiza entre los 20°35' - 20°40' de latitud Norte y 99°22' -99°37' de longitud Oeste. En la parte occidental del Estado de Hidalgo, colinda con los municipios de Zimapán, Tasquillo y Tecozautla; y con el Estado de Querétaro colinda con el municipio de Cadereyta, al NNW de la ciudad de Pachuca (Figs. 3 y 4).

De acuerdo al sistema de Köppen, modificado por García (1981), el área de estudio presenta clima de tipo semiseco (BS1), con lluvias en verano y con menos de 5% de precipitación invernal. El verano es cálido, su temperatura media anual es de 24°C, la máxima corresponde al mes de abril con 27.3°C y la mínima en diciembre con 10.5°C. La precipitación total al año es de 503.2 mm, con un valor máximo de 142.8 mm en septiembre y un valor mínimo en febrero de 4.3 mm.

La precipitación presenta dos épocas: lluvias y secas ambas bien definidas. La temporada de lluvias se presenta durante junio y septiembre, mientras que en la época de secas donde se registran hasta 2.4 mm de precipitación en febrero se manifiesta durante el periodo de noviembre-abril. Las heladas representan el factor de cambio climático más importante en la zona. Se presentan con mayor frecuencia de noviembre a febrero con desplomes de temperatura que en ocasiones pueden ocurrir en términos de unas horas (CFE, 1994).

Según Hutchinson (1975) la presa Hidroeléctrica de Zimapán es un lago artificial con una vida geológica media de 280 a 350 años. Se construyó en una depresión natural formada por la acción erosiva de un cauce hidrológico importante que ha sido aprovechado por el ser humano para formar un lago. Tiene una profundidad que varía desde los 2 m. en la salida del manantial Taxhidó, hasta los 147 m. en las áreas próximas a los poblados del Tablón y el Saucillo, Hidalgo; su profundidad media es de 67 m (OSTIMEX, 1997).



La mayor parte de la presa se encuentra encañonada entre cortes verticales y estrechos de terreno rocoso, en sus partes más angostas tiene alrededor de 250 a 300 m de ancho, en tanto que en las áreas más amplias presenta hasta 1 300 m (cortina y vertedor). Las áreas someras con zonas de playa son muy escasas.

En las inmediaciones del embalse y de acuerdo con la jerarquización de las provincias florísticas de México propuesta por Rzedowsky (1983), se encuentra presente vegetación que corresponde a la provincia florística neotropical compuesta por vegetación típicamente xerófila. González – Quintero (1968) menciona que en esta zona se pueden encontrar comunidades como el matorral submontano, matorral crasicaule, matorral micrófilo y matorral rosetófilo, debido a las características del sustrato geológico, la altitud, topografía, latitud y clima.

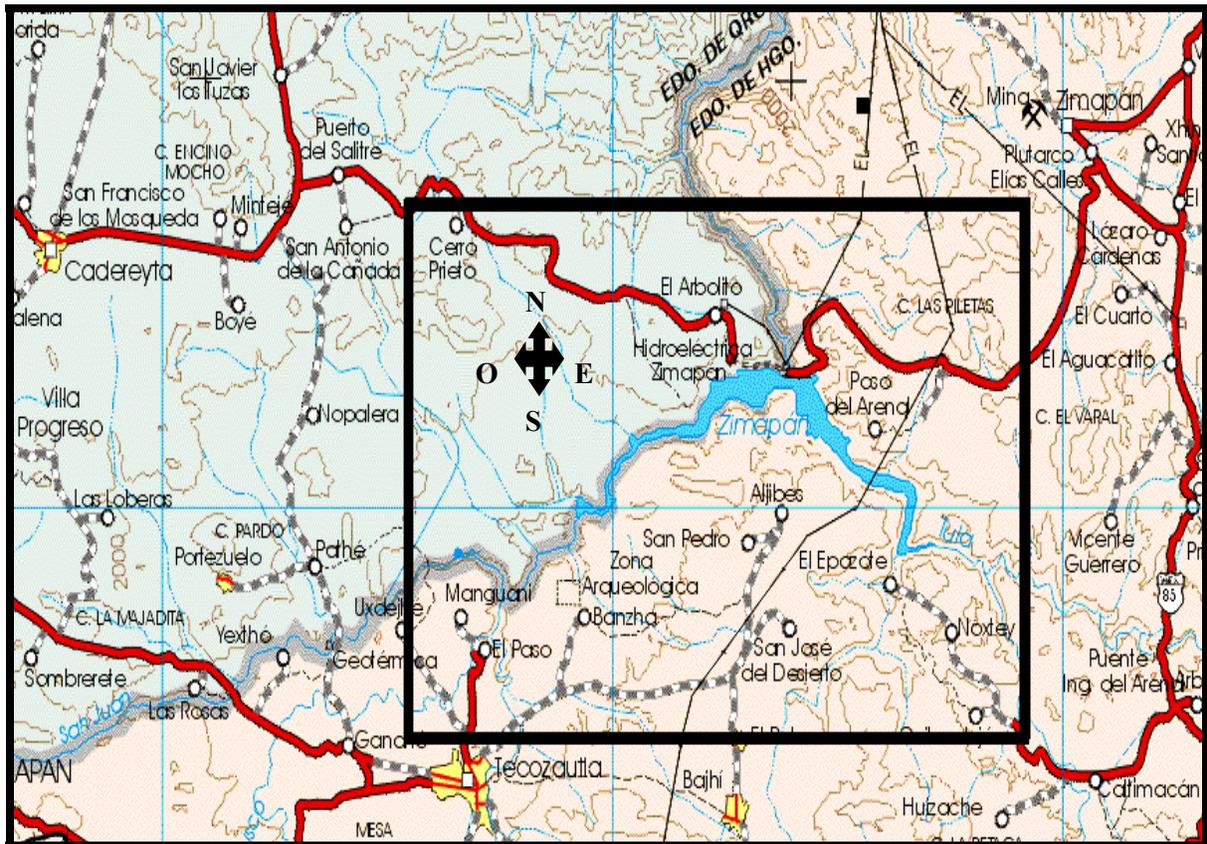


Fig 3. Ubicación de la Presa Fernando Hiriart Balderrama “Zimapán”. En el recuadro se aprecia la extensión de la Presa Zimapán. Se localiza entre los estados de Hidalgo (en naranja) y Querétaro (en verde).



Fig 4. Presa Zimapán y ubicación de las sociedades cooperativas pertenecientes a los estados de Hidalgo y Querétaro.



V. - MATERIALES Y MÉTODO

V.1 TRABAJO DE CAMPO

Colecta de organismos. Se realizaron nueve muestreos en la Presa Zimapán durante los meses de mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2003, y durante enero, febrero, abril y mayo del 2004.

Con el propósito de obtener la mayor variación de tallas de las diferentes etapas fenológicas de la tilapia, se realizaron muestreos biológicos y de captura comercial. El primer muestreo (mayo 2003) fue utilizado como piloto para determinar el diseño experimental y ubicar los puntos de muestreo, de tal forma que estos se encontraron distribuidos a lo largo de toda la presa. Fueron seleccionados tres puntos como estaciones: entrada del Río Tula, entrada del Río San Juan y vaso de la presa.

El muestreo de tipo biológico consistió en utilizar una red de tipo atarraya con las siguientes medidas: 1.52 m de radio y con abertura de malla de 0.9 cm. Los muestreos de captura comercial se realizaron con redes agalleras con una longitud máxima de 60 m, una caída o altura máxima de 5 m y una abertura de malla de 4.5 pulgadas.

Determinación. Los organismos capturados se identificaron mediante el uso de claves (Trewavas, 1983; Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1985), basadas en el número de branquiespinas, número de espinas y radios en las aletas dorsal, pectoral, pélvica, anal y caudal; número de hileras de dientes y número de escamas a lo largo de la línea lateral. Como rasgos distintivos entre especies muy parecidas se tomaron en consideración las características del hueso faríngeo, forma de los dientes del hueso faríngeo y las características de la aleta caudal (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1988).

Se registraron las siguientes medidas: (Fig. 5).

- ❖ longitud patrón (cm): Desde el inicio de la boca hasta la parte donde comienza la aleta caudal
- ❖ peso total (g): Corresponde al peso entero de los organismos, incluyendo vísceras, cabeza y cola.



Fig 5. Medición realizada en los organismos y toma de escamas. La línea morada indica la longitud patrón, que va desde la punta de la boca hasta la línea furcal donde empieza la aleta caudal. El cuadro muestra el lugar preciso de la extracción de escamas.

Toma de escamas. Se les extrajeron escamas a los organismos capturados por debajo de la línea lateral y por encima de la aleta pectoral. De cada organismo se obtuvieron de 10 a 20 escamas, las cuales se guardaron en bolsitas de plástico con una etiqueta que contenía la siguiente información: nombre de la localidad, fecha y número de organismo.

Por otro lado, se llevó a cabo la observación directa de las tallas de los organismos en diferentes áreas de la presa, con el fin de identificar áreas de crianza y reproducción principalmente.

Es importante mencionar que las tilapias de la Presa Zimapán no presentaron dimorfismo sexual, por lo que resultó imposible la diferenciación entre sexos a simple vista. Para conocer el sexo de los organismos se disectaron y se observaron las gónadas directamente. Por lo anterior, este estudio se realizó para la población general de tilapia.

V.2 TRABAJO DE LABORATORIO

Se eligieron las escamas en mejor estado, se lavaron con jabón y agua, una vez secas se montaron de 5 a 10 escamas entre dos portaobjetos (Holden y Raitt, 1975). Se proyectaron a través de un proyector de diapositivas (Kodak Ektagraphic III A) para aumentar la imagen 15.3 veces y analizar las escamas cuidadosamente. Las mediciones en las escamas fueron realizadas en aquéllas que no estuvieron degeneradas, es decir, con un foco bien definido, por lo que sólo se utilizaron escamas en las que los anillos fueron más evidentes y se realizaron las siguientes mediciones: (Fig 6).



- distancia del foco a cada uno de los anillos formados
- distancia del foco al margen anterior de la escama
- se consideró el ancho de la escama (de un borde lateral al otro).

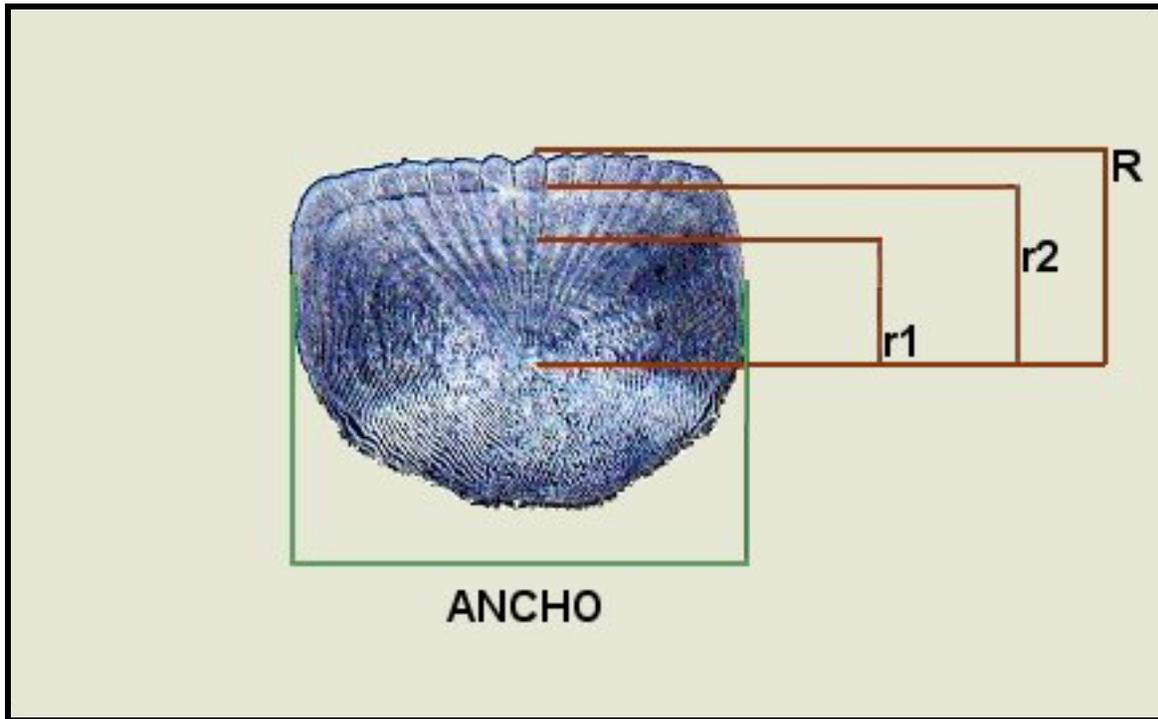


Fig 6. Mediciones de la escama. En verde, se muestra el ancho de la escama, correspondiente a la parte más amplia de la estructura; en rojo, se muestra la distancia del foco de la escama a cada uno de los anillos de crecimiento: Al primero (r1) y al segundo anillo (r2). R es la distancia del foco del anillo al borde de la escama, esta distancia se considera como la longitud o el largo de la estructura.

De cada portaobjetos se realizó la lectura de escamas por triplicado y para una mejor estimación siempre se recurrió de la ayuda de dos o tres personas con la finalidad de corroborar la lectura.

V.3 TRABAJO DE GABINETE

A partir de la fórmula $y = ax^b$ se determinó (Sparre y Venema, 1989):

- a) Relación longitud y ancho de la escama, sustituyendo:

$$Ae = a Le^b$$

donde:



Ae= Ancho de la escama

a= Ordenada al origen

Le= Largo de la escama

b= Pendiente

- b) La relación entre el crecimiento en longitud de la escama y la longitud patrón:

$$Le = a Lp^b$$

donde:

Le= Largo de la escama

a= Ordenada al origen

Lp= Longitud patrón del pez

b= Pendiente

- c) La relación entre el crecimiento en ancho de la escama y la longitud patrón:

$$Ae = a Lp^b$$

Donde:

Ae= Ancho de la escama

a= Ordenada al origen

Lp= Longitud patrón del pez

b= pendiente

- d) La relación talla-peso de los organismos:

$$W = a Lp^b$$

donde:

W= Peso del organismo

a= Ordenada al origen

Lp= Longitud patrón

b= Pendiente



El valor de la constante b para el caso del inciso a) y b) indica el tipo de crecimiento que existe entre las variables. Mientras el valor de b se acerca a 1, el crecimiento será isométrico; si el valor es diferente de 1 el crecimiento será alométrico: >1 positivo y <1 negativo.

En el caso de la relación talla y peso del organismo, entre más cercano sea el valor de 3, el crecimiento es isométrico; si es diferente de 3, el crecimiento es de tipo alométrico >3 positivo y <3 negativo. Esto por tratarse de la relación talla-peso en la que “el peso es proporcional a su volumen y éste es frecuentemente proporcional al cubo de su talla” (Gulland, 1971).

Cabe señalar que con base en Guzmán (1994), Jiménez-Badillo (1999), Pérez y Patlani (2002) y Saito (2004), no existen diferencias significativas por efecto de la separación de sexos en cuanto a la relación talla-peso, razón por la cual no hay justificación para realizar los análisis por sexos separados. De acuerdo con lo anterior y aunado al problema de determinación de sexo (por no presentarse dimorfismo sexual en estos organismos), se decidió trabajar con la población total.

Mediante la fórmula $y = bx + a$, se determinó (Sparre y Venema, 1989):

La relación entre el tamaño de la escama-talla del organismo con respecto al número de radios (fisuras calcificadas):

$$Le = b Ra + a$$

donde:

Le= Largo de la escama

b= Pendiente

Ra= Número de radios

a= Ordenada al origen

INCREMENTO MARGINAL

El Análisis de Incremento Marginal (IM) determina el periodo de formación de cada anillo de crecimiento y la frecuencia con la que se formó, calculándose con la fórmula (Lai y Liu, 1979):

$$IM = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

donde:

IM= Incremento Marginal



R = Radio de la escama

r_n = distancia del foco al último anillo de crecimiento

r_{n-1} = distancia del foco al penúltimo anillo

EDAD

Para determinar los grupos de edad se utilizaron los siguientes métodos indirectos:

- a) El método de Petersen grafica la frecuencia de peces a diferentes tallas y mediante dichas graficas identifica ciertas modas, las cuales indican las distintas clases de edad. Aunque estos gráficos son muy útiles para determinar la edad de un grupo de peces, cabe señalar que este método no determina la edad a nivel individual del organismo (Weatherley y Gill, 1987; Jones, *in* Fuiman y Werner 2002).
- b) El método de Bhattacharya propone separar las sobreposiciones de los elementos de las distribuciones normales, mediante el análisis de la frecuencia observada. Este método considera el logaritmo de las frecuencias de tallas como una función cuadrática del punto medio de la clase. En la obtención gráfica de las líneas rectas que representan los componentes de la curva de Gauss, se obtiene la longitud media y la desviación estándar (Sparre y Venema, 1989; Gulland y Rosenberg, 1992).

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

Para el análisis de poblaciones conviene expresar el crecimiento de los peces en forma de una expresión matemática. El requisito básico es obtener una expresión mediante la cual se obtenga el tamaño (en longitud o en peso) de un pez a una edad determinada cualquiera, esa expresión debe estar de acuerdo con los datos observados sobre tamaños o pesos a ciertas edades (Gulland, 1971).

La ecuación deducida por Von Bertalanffy se basa en hipótesis fisiológicas que consideran al crecimiento en peso como resultado de la diferencia entre factores anabólicos y catabólicos, que a su vez son proporcionales a la superficie (s) y al peso (w) respectivamente (Gulland, 1971). Esta ecuación expresa la longitud como función de la edad del pez:

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

donde:

L_t = longitud del pez a la edad "t"

L_{∞} = longitud asintótica o longitud máxima que el pez puede alcanzar

k = coeficiente de crecimiento

t = edad



t_0 = representa la edad que supuestamente debe tener el pez para que su longitud sea igual a cero

El peso de un pez es aproximadamente proporcional al cubo de su longitud, de manera que la ecuación es modificada (Gulland, 1971):

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3$$

donde:

W_t = Peso del pez a la edad “ t ”

W_{∞} = Peso asintótico o peso máximo que el pez puede alcanzar.

Las otras variables ya fueron descritas en la ecuación de crecimiento en longitud.

Para la determinación de los parámetros de la ecuación de crecimiento se utilizó el Metodo de Ford-Walford (Sparre y Venema, 1989), que consiste en efectuar una regresión lineal entre L_t y L_{t+1} :

$$L_{t+1} = b L_t + a$$

Donde:

L_{t+1} = Longitud del pez a la edad “ $t + 1$ ”

b = Pendiente

L_t = Longitud del pez a la edad “ t ”

a = Ordenada al origen

Con base a los valores anteriores se estimó L_{∞} y k , a partir de:

$$L_{\infty} = a/(1-b)$$

$$k = -b$$

Por medio del Método de Gulland (1964) se determinó t_0 (Sparre y Venema, 1989):

$$t_0 = (t) 1/k \ln (L_{\infty}-L_t)/L_{\infty}$$

donde:

t = tiempo

k = coeficiente de crecimiento

L_t = longitud del pez a la edad “ t ”

L_{∞} = longitud asintótica o longitud máxima que el pez puede alcanzar



También se utilizó el Método de Beverton y Holt que consiste en realizar una regresión lineal simple entre los valores de “t” y $\ln(L_{\infty}-L_t)$, de la ecuación obtenida, se estimaron los valores de k y t_0 , a través de:

$$k = -b$$

$$t_0 = (a - \ln L_{\infty})/k$$



VI.- RESULTADOS

VI.1 DETERMINACIÓN DE LA ESPECIE

Durante el muestreo piloto se realizó la identificación de la especie, con base en un análisis merístico a 50 ejemplares de diferentes tallas a través de claves taxonómicas (Trewavas, 1983; Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1985). Los caracteres a los cuales se les dio mayor importancia por ser determinantes para la identificación fueron: características y morfología del hueso faríngeo, tipo de dientes del hueso faríngeo; y la presencia y posición de las marcas de la aleta caudal (Trewavas, 1983; Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1988).

Con base en lo anterior, los organismos compartieron características entre las especies *O. niloticus* y *O. aureus*, por ello la tilapia de la Presa Zimapán se determinó como un híbrido *O. niloticus* X *O. aureus* (Tabla 2 y Apéndice X.3.1).

TABLA 2. Resumen de caracteres morfológicos diagnósticos considerados en la identificación de 50 ejemplares de tilapia de la Presa Zimapán.

CARACTERÍSTICAS	E S P E C I E S		
	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis aureus</i>	Organismos de la Presa Zimapán
No. branquiespinas	18 – 28	18 – 26	23 – 29
No. escamas en la línea lateral	30 – 34	30 – 33	33 – 36
Aleta dorsal (fórmula modal)	XV – XVIII (13)	XIV – XVII (12 – 15)	XVI – XVII (13)
Aleta anal (fórmula modal)	III (10 – 11)	III (9 – 11)	III (8 – 10)
Características del hueso faríngeo	Lóbulos superiores poco desarrollados. Área dentada con densidad irregular.	Lóbulos superiores bien pronunciados. Área dentada con densidad baja.	Lóbulos y parte superior del hueso superiores casi rectos o muy poco desarrollados.
Características de los dientes del hueso faríngeo	Dientes bicúspides en la parte superior y monocúspides curvados hacia atrás en la parte inferior.	Dientes monocúspides finos y delgados.	Presencia en su mayoría de dientes monocúspides con muy poca presencia de dientes bicúspides.
Presencia de rayas verticales regulares y bien definidas en la aleta caudal.	Si presenta	No presenta	Si presenta



VI.2 DISTRIBUCIÓN POR TALLAS DE LOS ORGANISMOS

Se estableció que en las cooperativas de Taxidó, Xidhí, Manguani y Xodhé (localizadas en el cauce del río San Juan en la Presa) se encuentran organismos de todas las tallas, desde los 3 cm y mayores de 20 cm (Fig. 7). Esta área se caracteriza por tener las temperaturas superficiales más altas (22.07°C) en toda la presa (López *et al.* en Prensa). Cabe resaltar que Taxidó es considerado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) como zona de anidación y reproducción, razón que puede explicar el dominio de organismos de tallas pequeñas.

Tzibanzá se caracterizó por la presencia de organismos de 15 cm a mayores de 20 cm. Es una localidad que también está bajo la influencia de la entrada del río San Juan. Esta zona, también se caracteriza por las altas temperaturas (22.01°C) que benefician la reproducción y desarrollo de los organismos.

Por su parte, en el Embarcadero -incluye el vaso de la presa y muy cerca de la cortina- se capturaron los organismos con las tallas más pequeñas (3-10 cm).

La localidad del Epazote se caracterizó por organismos de talla mediana (entre los 15 y 20 cm), mientras que en la localidad de la Florida el intervalo de tallas de los organismos es más amplio, de los 3 cm a los 20 cm. Estas dos localidades se encuentran influenciadas por las aguas del río Tula, el cual aporta gran cantidad de materia orgánica al sistema.

Lo anterior describe que los organismos muestran una distribución diferencial en cuanto a su talla, debido a diversos factores ambientales, físico-químicos, disponibilidad de alimento, pero principalmente por el tipo de fondo, ya que en las zonas de playa que son zonas someras o de poca profundidad prevalecen organismos de talla pequeña o adultos en etapa reproductiva, razón por la cual se estableció que Taxidó y el Embarcadero son de las localidades más importantes en la Presa, por ser zonas de anidación, reproducción y crianza.

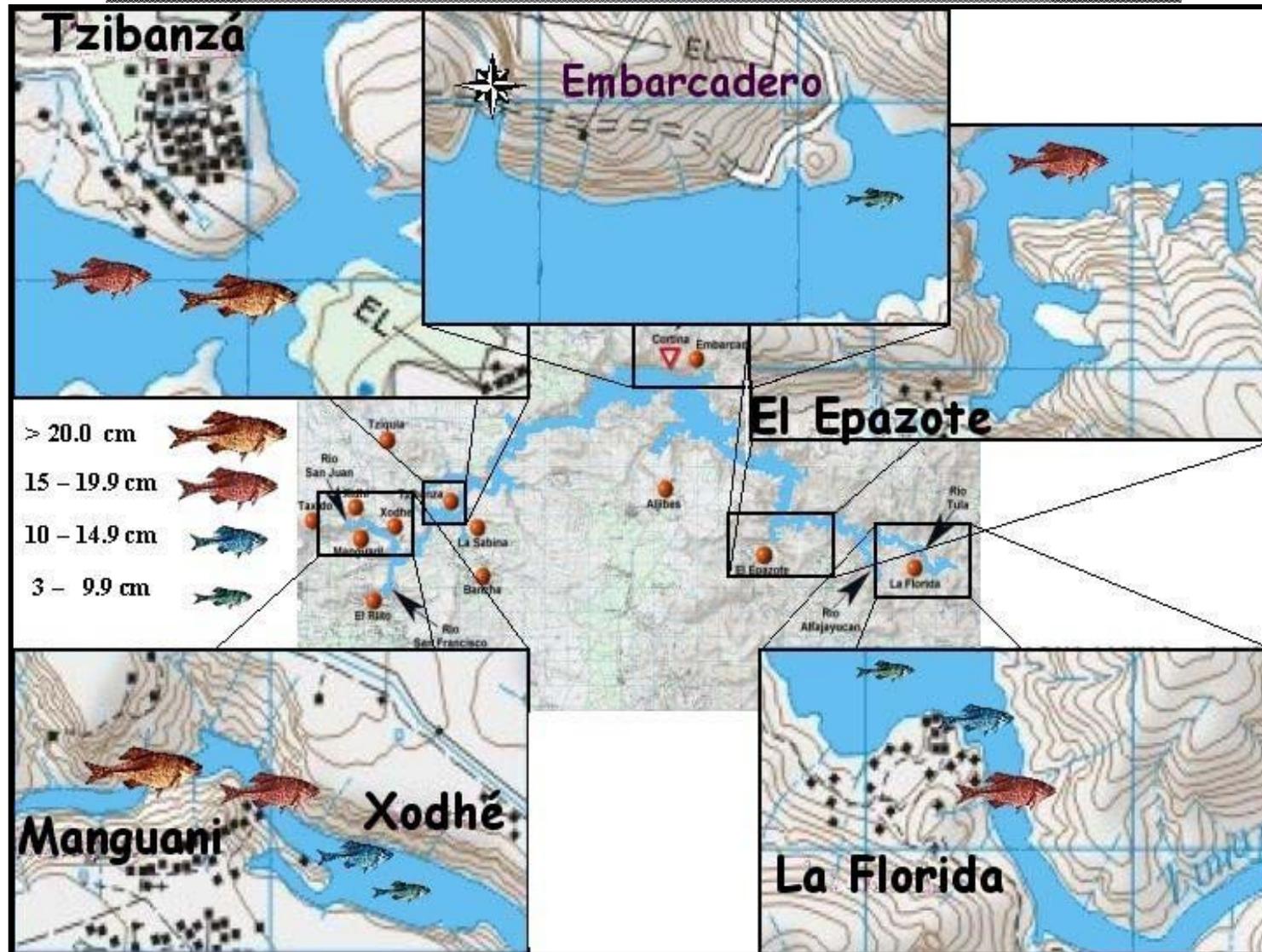


Fig 7. Mapa de distribución de tallas de organismos colectados en la Presa Zimapán. En los recuadros se muestra en detalle, la talla de los organismos capturados en las localidades pesqueras más importantes de la zona.



VI.3 DESCRIPCIÓN DE LA ESCAMA

Durante los nueve muestreos se obtuvo una muestra total de 383 organismos provenientes de la captura comercial y de muestreos biológicos. Se analizaron las escamas de 192 organismos, de cada uno se tomaron tres escamas.

Las escamas de la Tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) fueron de tipo ctenoide, por su forma rectangular y su borde superior dentado. El foco bien definido ligeramente debajo del centro de la escama y la parte posterior presentaron ctenii, -pequeñas placas alargadas o denticulos pronunciados que determinan el carácter pectinado en las escamas ctenoides (Gómez-Márquez, 1994)-. Los ctenii se encontraron en la parte expuesta de la escama y se observaron mejor en escamas de peces muy pequeños. Presentaron radios que convergen a partir del foco de la escama y se prolongaban hacia la parte anterior formando pequeños lóbulos. El número de radios varió de 5 a 15, sin embargo, se presentaron con mayor frecuencia escamas con 9 y 10 radios. Los anillos de crecimiento fueron identificados como una línea continua y oscura delimitada por espacios translúcidos (zonas de crecimiento, Fig. 8). Se determinaron de 1 a 3 anillos.

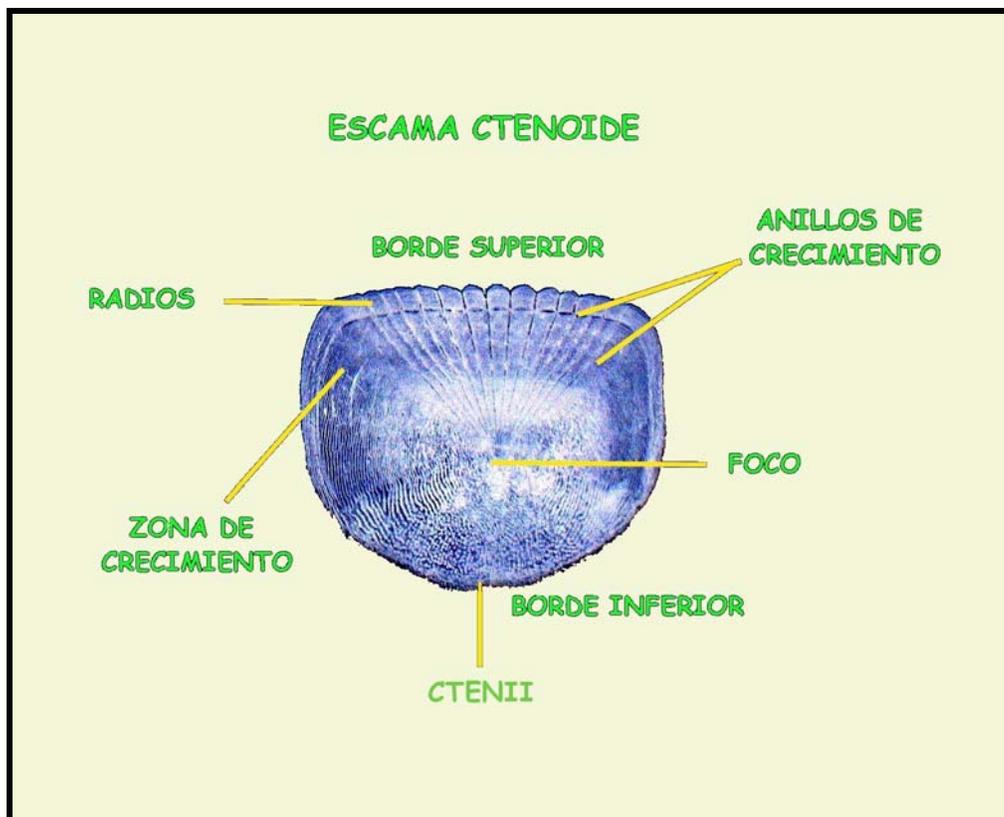


Fig 8. Esquema de una escama de tilapia de la Presa Zimapán.



VI.4 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

Los 383 organismos presentaron un intervalo de talla que varió de 3.8 a 23.2 cm y un peso de 8.7-311.9 g (Tabla 3). Cabe señalar que en un muestreo se obtuvo un organismo de 51 cm y 5 kg de peso, sin embargo, no fue considerado para los análisis por ser un caso extraordinario y por ser único ejemplar.

TABLA 3. Valores promedio, mínimo y máximo, de medidas morfométricas de las tilapias de la Presa Zimapán capturadas de mayo del 2003 a mayo del 2004.

	Longitud patrón (cm)	Peso (g)
Promedio	14	159.5
Mínimo	3.8	8.7
Máximo	23.2	311.9
Caso extraordinario	51	5000

Relación entre la longitud y el ancho de la escama:

La Figura 9 muestra la gráfica con la relación entre la longitud y el ancho de la escama. Al aplicar una regresión potencial al promedio de los datos, se obtuvo el valor exponencial o índice alométrico $k= 0.94$ y un valor de $r^2= 0.98$. Estos resultados indican que hay una tendencia al crecimiento isométrico, es decir, conforme la escama crece en longitud también aumenta su anchura, por lo tanto, se pueden considerar tanto los datos obtenidos a partir de la longitud como del ancho de la escama para llevar a cabo los análisis morfométricos.

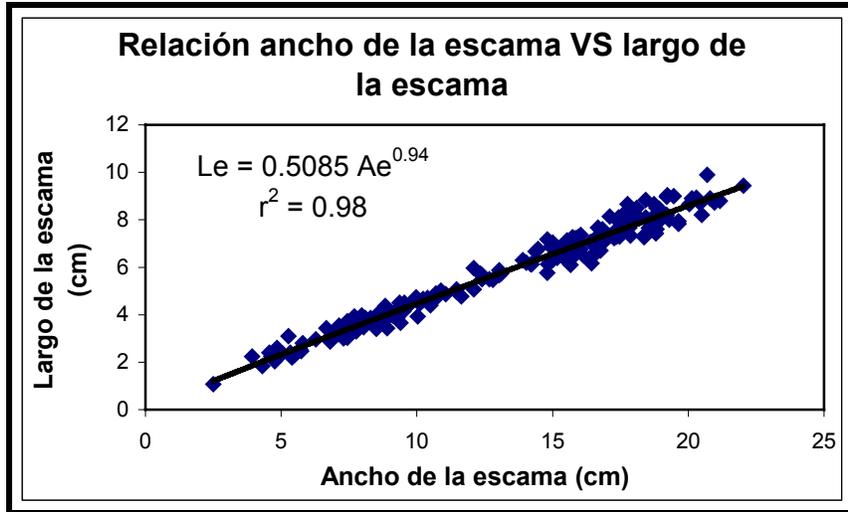


Fig 9. Relación potencial entre el ancho y largo promedio de la escama de tilapia (*O. niloticus X O. aureus*). Ae= Ancho de la escama Le= Largo de la escama n= 192 S= 5.21.

Crecimiento de la escama en relación al crecimiento del pez:

A través de una regresión potencial se obtuvo el índice alométrico $k= 1.06$, lo cual indica un crecimiento de tipo isométrico, es decir, existe una proporcionalidad directa entre las variables, biológicamente significa que mientras el organismo aumenta de talla, también aumenta el tamaño de sus escamas. Esto valida el uso de las escamas para determinar la edad de la tilapia de manera confiable (Fig. 10).

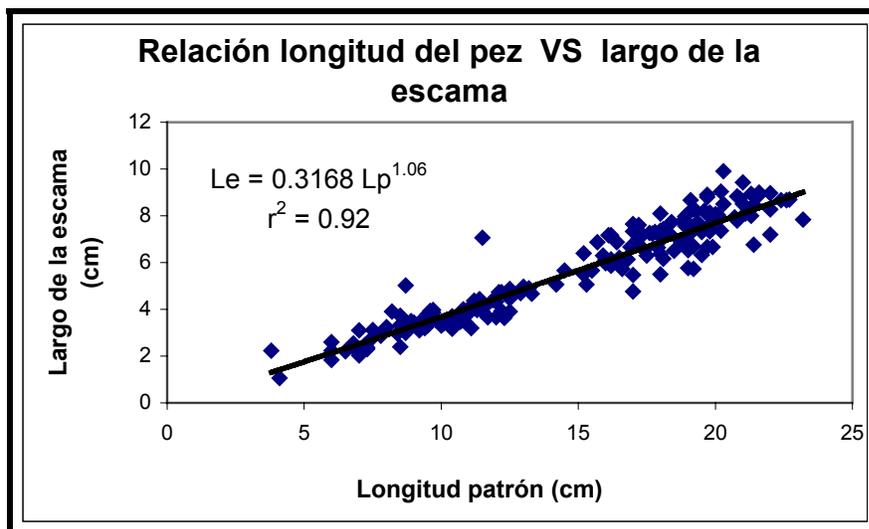


Fig 10. Relación potencial entre la longitud patrón del pez y la longitud promedio de la escama de tilapia Lp= Longitud patrón Le= Largo de la escama n= 192 S= 5.93.



Ancho de la escama en relación al crecimiento del pez:

Para la relación ancho de la escama con respecto a la longitud del organismo, la regresión potencial indicó que ambas variables tienen un valor de correlación de $r^2 = 0.94$, lo que comprueba -que al igual que el largo-, la medición del ancho de las escamas es confiable para realizar los análisis morfométricos. Sin embargo, es importante señalar que aunque el valor de correlación es más alto en el caso del ancho de la escama -comparado con el largo de la escama- el valor alométrico es $k = 1.128$ (Fig. 11), indicando que el tipo de crecimiento tiende a ser alométrico positivo, lo que significa que el ancho de la escama crece más conforme el pez aumenta de talla. De acuerdo con lo anterior, aunque el ancho y el largo de la escama son confiables para realizar los estudios morfométricos resulta ser el largo de la escama más preciso por tener un crecimiento isométrico con respecto al crecimiento somático del pez.

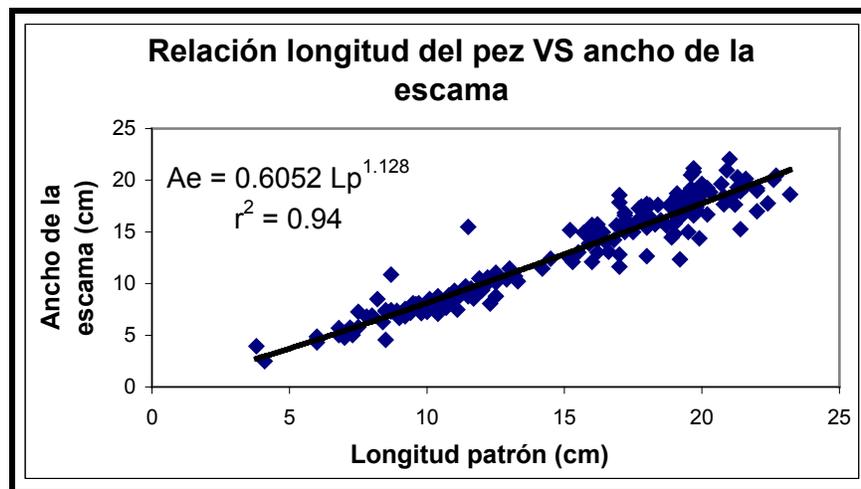


Fig 11. Relación potencial entre la longitud del pez y el ancho promedio de las escamas. L_p = Longitud patrón A_e = Ancho de la escama $n = 192$ $S = 5$.

Número de radios en relación al crecimiento de la escama:

Se calculó que no existe relación entre el tamaño de la escama y el número de radios presentes en la misma, por lo tanto, el número de radios no puede ser utilizado como criterio confiable para la determinación de la edad, pues no hay relación directa con el crecimiento de la escama y así también, con el crecimiento somático del pez.



VI.5 INCREMENTO MARGINAL

En la Figura 12 puede observarse el número de anillos anuales y la fecha correspondiente a la formación de los mismos, según el cálculo a partir de Lai y Liu (1979).

En el presente estudio, se determinó la formación de sólo un anillo de crecimiento anual, el cual se da en el mes de Abril.

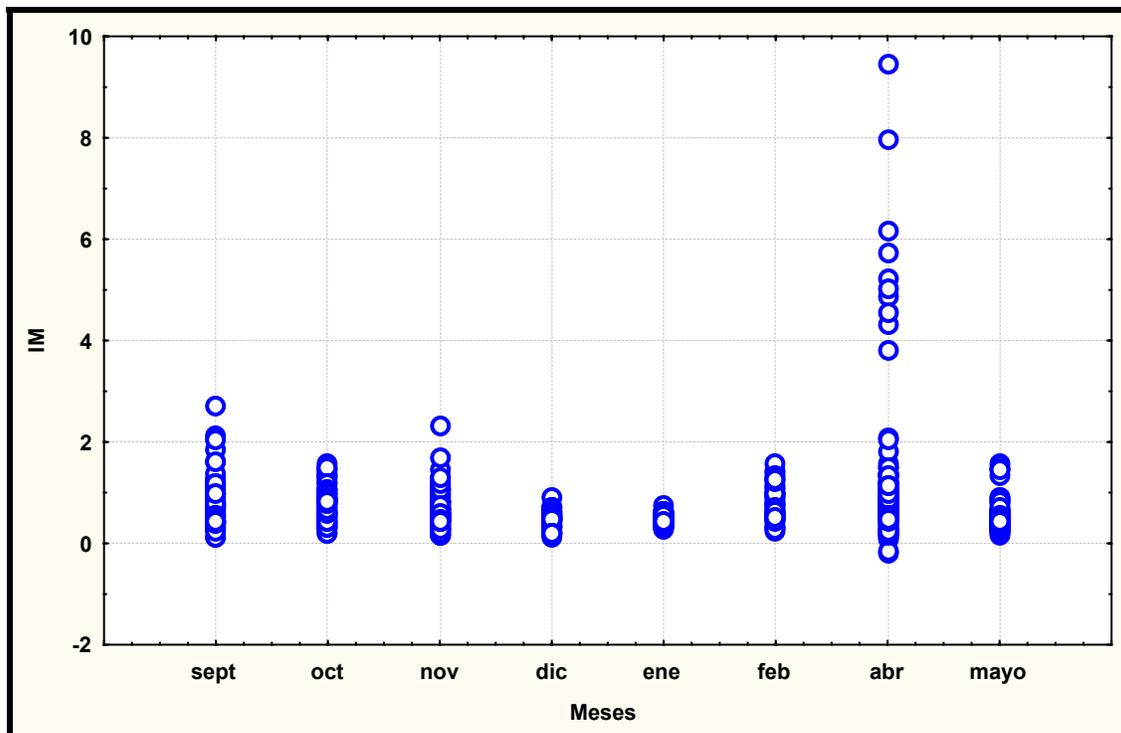


Fig 12. Incremento Marginal (IM) en las escamas de tilapia durante los meses de muestreo (periodo septiembre 2003-mayo 2004).

Con este análisis de Incremento Marginal se observa la formación de un anillo de crecimiento anual muy notorio en el mes de abril, que coincide con la temporada reproductiva (abril-mayo), confirmando lo reportado por Orbe y Hernández (1999).

Sin embargo en la Figura 12, se puede observar que en el mes de septiembre y noviembre se presenta un pequeño incremento, lo que puede ser indicio de la formación de otro anillo de crecimiento, sin embargo, los resultados no son concluyentes. Para verificar su existencia, se recomienda hacer un muestreo exhaustivo en los meses de septiembre-noviembre y determinar si en este periodo se forma un segundo anillo de crecimiento en el año. Es importante señalar que en literatura y con base en antecedentes bibliográficos (Gómez-Márquez, 1998; Pérez y Patlani, 2002; Saito, 2004), se menciona la formación de 2 anillos de crecimiento anuales. De acuerdo con lo anterior, para este estudio se ha considerado la formación



de dos anillos de crecimiento al año, por lo que se infiere que los organismos más grandes que se capturaron a lo largo del estudio fueron aquellos que presentaron 3 anillos de crecimiento en sus escamas, que corresponden a organismos muy jóvenes, aproximadamente de 1 1/2 de edad.

VI.6 RELACIÓN TALLA-PESO

Relación entre la talla y el peso del organismo. Se tomó en cuenta la longitud patrón de 383 organismos y se evitaron organismos con aleta caudal rota, mordida e incompleta. La variable peso, se consideró como peso total, la gráfica de la Fig. 13 muestra la relación entre las variables: Longitud patrón (cm) y peso (g) para determinar el tipo de crecimiento.

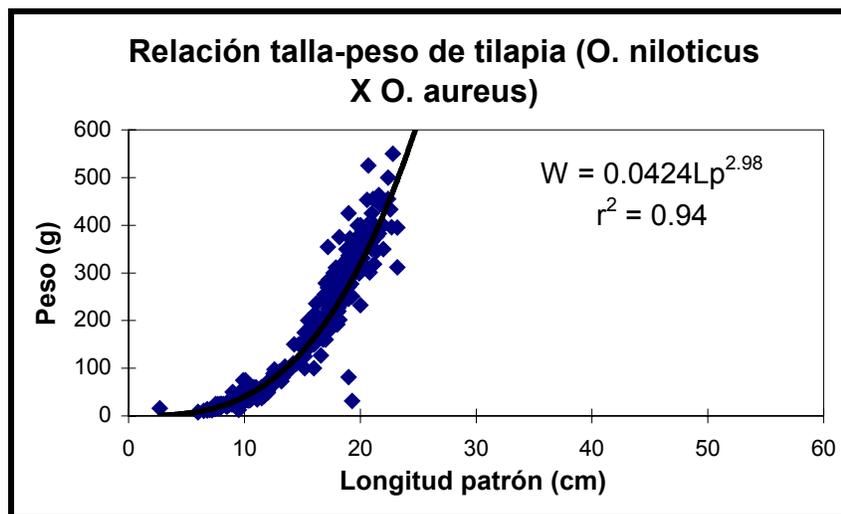


Fig 13. Relación talla-peso en la población de tilapias de la Presa Zimapán
Lp= Longitud patrón W= peso n= 383 S= 220.44.

El valor obtenido de la relación talla-peso fue de 3 (b= 2.98) por lo que fue considerado como crecimiento de tipo isométrico donde el organismo al aumentar de tamaño, también incrementa en peso. Mediante la prueba t-student, se comprobó que la pendiente (b) de la regresión entre la longitud y el peso, no fue significativamente diferente del valor de 3. El valor calculado fue t=-2, mientras que el valor esperado de tablas fue $t_{0.05}(1,2)=6.314$, lo que indica que no existe diferencia significativa y se considera un crecimiento isométrico entre ambas variables (Fig. 13).

En la Tabla 4 se muestra la variación del crecimiento a lo largo del estudio. De los 8 meses estudiados, 4 meses presentaron una tendencia al crecimiento de tipo alométrico negativo y los otros 4 meses presentaron



tendencia al crecimiento alométrico positivo. En general, se considera que los organismos presentaron un crecimiento isométrico a nivel global.

TABLA 4. Variación mensual del crecimiento en tilapias de la Presa Zimapán.

Mes	(valor de la pendiente)	Valor de r^2	Tendencia al tipo de crecimiento
Septiembre	b= 2.89	0.95	Alométrico negativo
Octubre	b= 3.14	0.98	Alométrico positivo
Noviembre	b= 2.81	0.89	Alométrico negativo
Diciembre	b= 2.73	0.84	Alométrico negativo
Enero	b= 2.56	0.9	Alométrico negativo
Febrero	b= 3.47	0.96	Alométrico positivo
Abril	b= 3.12	0.97	Alométrico positivo
Mayo	b= 3.20	0.88	Alométrico positivo
Global	b= 2.97	0.93	Isométrico



VI.7 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE TALLAS

VI.7.1 Método de Petersen

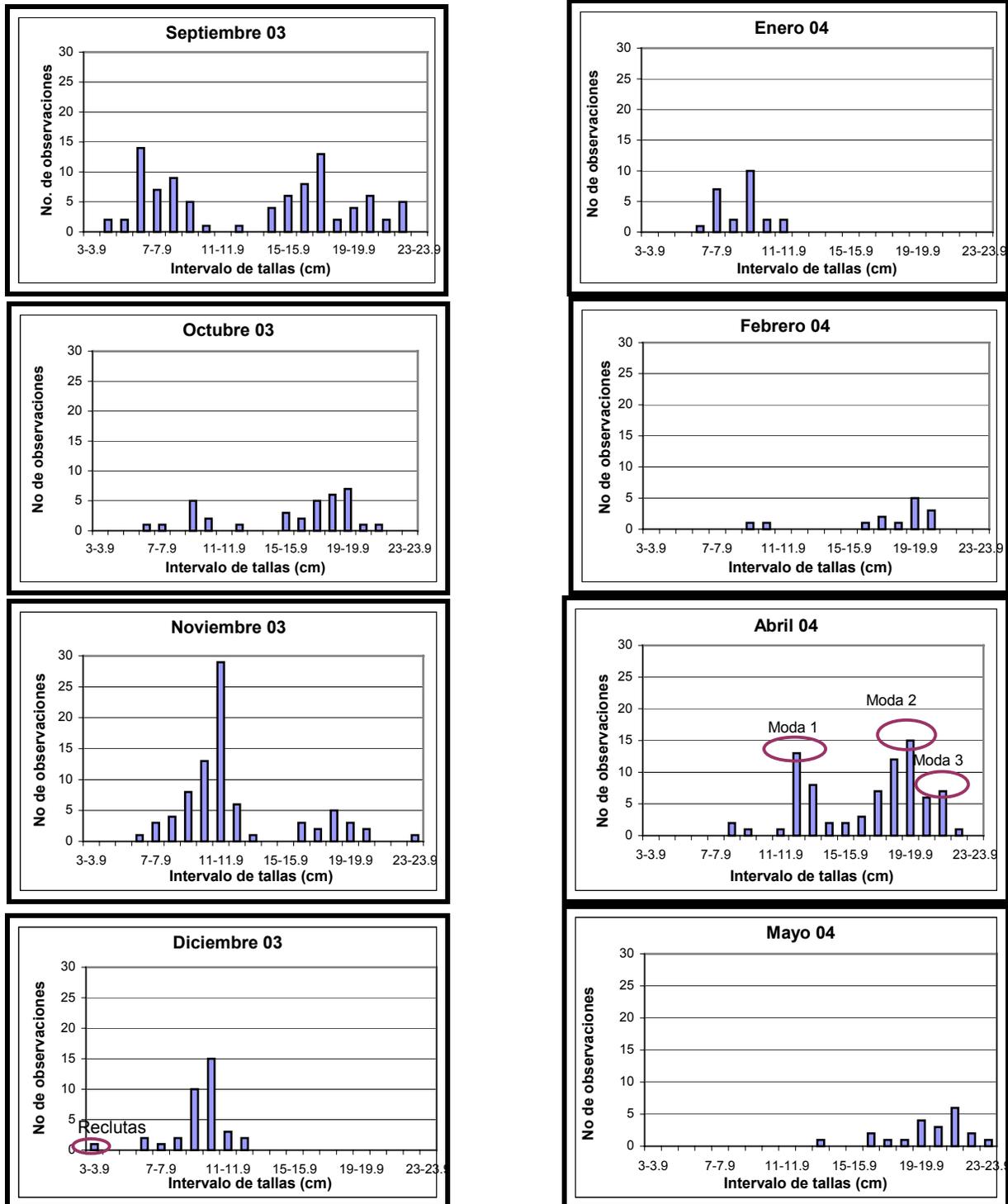


Fig 14. Histogramas mensuales de la distribución de frecuencias de tallas de la tilapia (*O. niloticus* X *O. aureus*) en el periodo septiembre 2003 a mayo 2004.



En la Figura 14, se observan las frecuencias del número de individuos correspondientes a los diferentes intervalos de tallas. El periodo de máximo desove corresponde al mes de abril, por lo que se considera como el mes de nacimiento. En el mes de diciembre se observó la presencia de organismos de una nueva generación en las capturas, razón por la cual los organismos capturados en este mes son de talla pequeña. La primer moda se observa a los 3 cm aproximadamente, en dicho mes, los organismos no han cumplido su primer año de edad, por ello se les considera el grupo de edad “0”.

Para el mes de abril la primer moda se encuentra alrededor de los 12 cm, la segunda por los 19 cm y la tercera en los 21 cm, que corresponden a los grupos de edad “1”, “2” y “3” respectivamente, en consecuencia fueron estimados cuatro grupos de edad en total para la población de tilapia.

Asimismo, se puede observar que las tallas más pequeñas de los organismos se detectaron en los meses de diciembre y enero, y se presentaron en menor cantidad en el mes de febrero, los histogramas de frecuencia permiten apreciar el seguimiento de las modas. En los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre se observa en su mayoría, la presencia de organismos adultos.

TABLA 5. Talla para cada grupo de edad determinada por el método de Petersen.

Grupo de edad	Talla (cm)	Mes Considerado
0	3.4	Diciembre
1	12.4	Abril
2	19.4	Abril
3	21.4	Abril



Se observan en la Tabla 6, los parámetros: L_{∞} , k y t_0 , estimados por el método de Ford-Walford / Gulland y Beverton y Holt.

TABLA 6. Parámetros de crecimiento estimados por los métodos de Ford-Walford/Gulland y Beverton y Holt, a partir del método de Petersen.

Párametro	Ford-Walford Gulland	Beverton y Holt
L_{∞}	25.76	25.76
k	0.55	0.56
t_0	-0.30	-0.26

Cabe señalar que la L_{∞} es la misma para el método de Ford-Walford y Beverton y Holt, debido a que este último método requiere este parámetro ya estimado para aplicar su fórmula, razón por la cual sólo se obtiene k y t_0 . Con los parámetros obtenidos por cada método respectivamente, se calculó la longitud para cada grupo de edad, comparando con las longitudes observadas derivadas del método de Petersen (Tabla 7).

TABLA 7. Comparación de los métodos empleados para la estimación de longitudes calculadas, en relación a las longitudes observadas por el método de Petersen.

Grupo de edad	Petersen	Ford-Walford Gulland	Beverton y Holt	SD²	
				Ford- Walford Gulland	Beverton y Holt
0	3.4	3.98	3.49	0.33	0.09
1	12.4	13.16	13.01	0.57	0.37
2	19.4	18.47	18.45	0.86	0.90
3	21.4	21.52	21.56	0.01	0.02
Total				1.79	1.38

La sumatoria de la diferencia de cuadrados indica que las longitudes obtenidas por el método de Beverton y Holt, son más cercanas a las longitudes observadas a través del método de Petersen, por lo cual este método es más adecuado.



VI.7.2 Método de Bhattacharya

En la Figura 15, se muestran las diferencias logarítmicas de las frecuencias de intervalos de tallas con respecto al punto medio de cada intervalo de talla. Fue posible apreciar 4 líneas rectas o componentes -con base en intervalos de talla de 1 cm- en los que puede ser descompuesta la distribución general de la población.

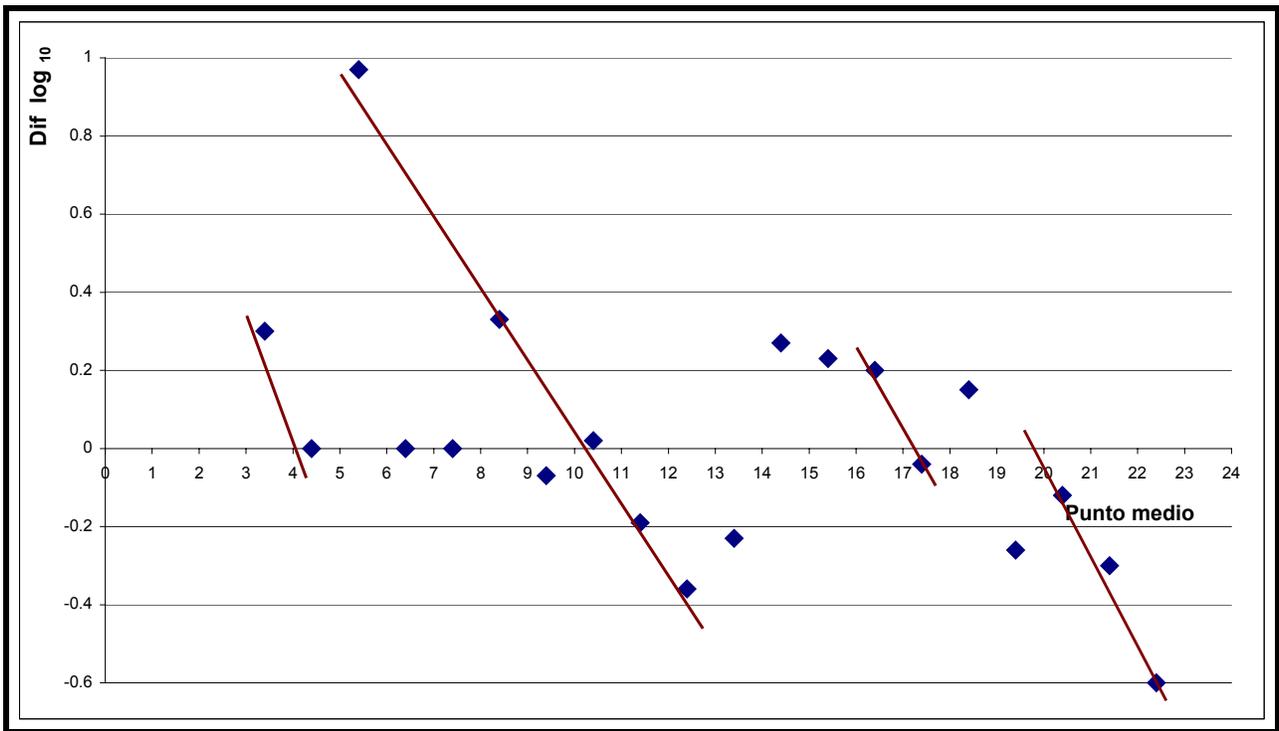


Fig 15. Distribución de frecuencias de tallas de la tilapia, por el método de Bhattacharya.

En la Tabla 8 se observa la talla correspondiente a los cuatro grupos de edad, después de aplicar la corrección a los valores.

TABLA 8. Talla para cada grupo de edad, determinado por el método de Bhattacharya

Grupo de edad	Talla (cm)
0	9.5
1	11.0
2	17.83
3	20.45



Se aplicó el método de Ford Walford /Gulland y Beverton y Holt para estimar las constantes L_{∞} , k y t_0 (Tabla 9). Los resultados muestran valores muy semejantes.

TABLA 9. Parámetros de crecimiento obtenidos por los métodos Ford-Walford/Gulland y Beverton y Holt calculados a partir del método de Bhattacharya.

Parámetro	Ford-Walford/Gulland	Beverton y Holt
L_{∞}	49.9	49.9
k	0.10	0.11
t_0	-2.04	-1.70

Mediante los parámetros de crecimiento se calculó la talla para cada grupo de edad, comparando con las longitudes observadas en el método de Bhattacharya.

TABLA 10. Comparación de métodos empleados en la estimación de longitudes calculadas para cada grupo de edad, en relación a longitudes observadas por el método de Bhattacharya.

Grupo de edad	Bhattacharya	Ford-Walford Gulland	Beverton y Holt	SD ²	
				Ford-Walford Gulland	Beverton y Holt
0	9.5	9.32	8.55	0.03	0.90
1	11.0	13.10	12.85	4.41	3.42
2	17.83	16.60	16.71	1.51	1.25
3	20.45	19.77	20.17	0.46	0.07
Total				6.41	5.65

La Tabla 10 indica que las tallas de los organismos por cada grupo de edad son parecidas entre el método de Ford-Walford y el método de Beverton y Holt, sin embargo, este último método se aproxima más a las longitudes observadas mediante el método de Bhattacharya al presentar valores mas bajos en la sumatoria de la diferencias de cuadrados.

VI.8 IDENTIFICACIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO

Se analizaron las escamas de 192 organismos, cada uno con tres réplicas en las cuales se observaron de 1 a 3 anillos de crecimiento como máximo. Es importante considerar las marcas de crecimiento, debido a que corresponden a una manifestación repetida del desarrollo de los peces (Shakell y Doyle, 1991).



Como se observa en la Tabla 11, el 34.3% de la población de tilapias presentan dos anillos de crecimiento en sus escamas, seguida por el 33.3% de los organismos que tienen un anillo de crecimiento, el 18.2% de las tilapias presentan tres anillos de crecimiento y sólo el 14% de la población estudiada aún no formaba anillos de crecimiento. Así mismo se observa que se presentaron con mayor frecuencia organismos de 19 cm, que representan el 15.1% de la población total.

TABLA 11. Distribución del número de anillos y longitud patrón de la tilapia (*O. niloticus* X *O. aureus*).

Longitud patrón (cm)	A N I L L O S				n	%
	0	1	2	3		
3	1				1	0.52
4	1				1	0.52
5	---				---	----
6	6				6	3.12
7	6	3			9	4.68
8	5	5			10	5.20
9	3	9			12	6.25
10	5	9			14	7.29
11		14		1	15	7.81
12		13			13	6.77
13		3			3	1.56
14		1	1		2	1.04
15		3	2	1	6	3.12
16		2	10		12	6.25
17		1	13	1	15	7.81
18			12	4	16	8.33
19		1	15	13	29	15.10
20			6	5	11	5.73
21			3	7	10	5.20
22			4	2	6	3.12
23				1	1	0.52
N	27	64	66	35	192	100



Muchas veces en las escamas se encontraron un gran número de marcas de crecimiento, sin embargo hay que considerar la presencia de anillos verdaderos y falsos. Para su diferenciación, se tomaron en cuenta aquellos que fueron continuos y parecían una serie de pequeñas escamas que se sobrelaparon hasta conformar la escama que se estaba analizando. En algunas ocasiones dichas marcas de crecimiento no se visualizaban muy bien, razón por la cual se optó por seguir su trayectoria con el fin de conocer si era un anillo falso o verdadero. Los que se encontraban discontinuos o incompletos fueron considerados como marcas falsas que seguramente se formaron debido a algún cambio en el ambiente o corresponden a deformaciones que son indicativas de sesgo en el desarrollo (Shakell y Doyle, 1991), por lo tanto, no fueron cuantificados (Joseph, 1962).

En los organismos de la Presa Zimapán, se observó la presencia de 1 a 3 anillos de crecimiento como máximo al analizar sus escamas. Dichas marcas se caracterizaron por ser opacas y continuas a lo largo de todo el borde de la escama. Los anillos de crecimiento se encontraron separados por espacios o bandas translúcidas. La distancia entre anillo y anillo fue casi la misma.

En la figura 16 A, B y C; se muestran las diferentes escamas analizadas de organismos de diferentes longitudes.

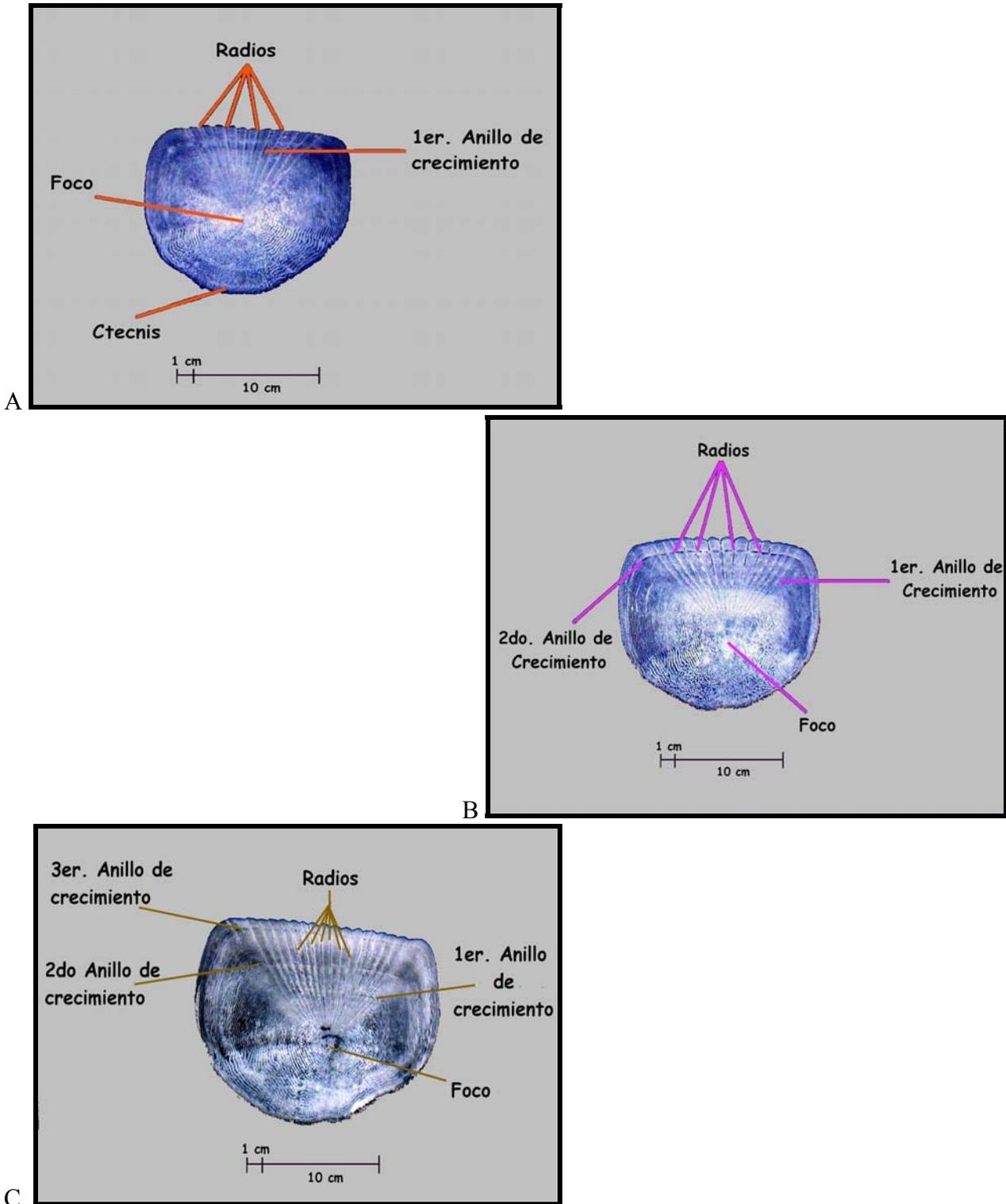


Fig 16. Escamas de tilapia con su respectiva nomenclatura. La escala muestra el aumento de la escama 15.3 veces su tamaño normal. A) Escama con un anillo de crecimiento. B) Escama con dos anillos de crecimiento. C) Escama con tres anillos de crecimiento.



Mediante la lectura de la escamas se registraron tres anillos de crecimiento y cuatro grupos de edad, cuyos valores promedio se muestran en la Tabla 12.

TABLA 12. Grupos de edad y longitudes obtenidas de la “lectura” de escamas .

Grupo de edad (no. de anillos)	Talla (cm)
0	7.8
1	11.32
2	18.46
3	20.1

VI.8.1 Método de Ford-Walford y VI.8.2 Método de Beverton y Holt

Se obtuvieron los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy: L_{∞} , k y t_0 , por el método de Ford-Walford/Gulland y Beverton y Holt, los valores se muestran en la Tabla 13. Como se observa, los resultados de los parámetros son muy similares entre ambos métodos.

TABLA 13. Parámetros de crecimiento obtenidos a partir de la “lectura” de escamas.

Parámetro	Ford-Walford / Gulland	Beverton y Holt
L_{∞}	28.11	28.11
k	0.30	0.33
t_0	-1.094	-0.865

Con los métodos anteriores se estimó la talla correspondiente a cada grupo de edad, comparando con las longitudes observadas mediante la lectura de escamas. Como se observa en la Tabla 14, el modelo de Beverton y Holt, se aproxima más a los valores obtenidos a través de la lectura de escamas al obtener una sumatoria de la diferencia de cuadrados menor, comparándola con lo obtenido por el método de Ford-Walford y Gulland.



TABLA 14. Comparación de los métodos utilizados para la determinación de la talla perteneciente a cada grupo de edad.

Grupo de edad	Escamas	Ford-Walford Gulland	Beverton y Holt	SD ²	
				Ford-Walford Gulland	Beverton y Holt
0	7.8	7.97	7.059	0.030	0.549
1	11.32	13.26	13.036	3.798	2.944
2	18.46	17.17	17.316	1.664	1.380
3	20.1	20.04	20.38	0.002	0.078
Total				5.494	4.879

Con base en lo anterior, el modelo de Beverton y Holt se ajusta mejor a los datos derivados de las escamas. Los valores de las tallas para cada edad, calculados mediante los métodos indirectos aparecen en la Tabla 15, dichos valores han sido comparados con los datos obtenidos de la lectura de escamas mediante la suma de la diferencia de cuadrados.

TABLA 15. Valoración de los métodos empleados (directos e indirectos).

Grupo de edad	MÉTODOS			SD ²	
	Escamas (cm)	Petersen (cm)	Bhattacharya (cm)	Petersen (cm)	Bhattacharya (cm)
0	7.8	3.4	9.5	19.36	2.89
1	11.32	12.4	11	1.166	0.102
2	18.46	19.4	17.8	0.883	0.435
3	20.1	21.4	20.4	1.69	0.09
Total				23.099	3.517

Con los datos obtenidos mediante los métodos indirectos, se observa que el método de Petersen presentó una gran diferencia con respecto a la talla que le corresponde al grupo de edad “0” observada en escamas (aproximadamente una diferencia de 4.4 cm). En relación al resto de los grupos de edad, la diferencia fue mínima. Con el método de Bhattacharya, la diferencia máxima entre los datos calculados y los observados



en escamas también se presentó en el grupo de edad “0”, sin embargo, la diferencia fue menor que al utilizar el método de Petersen. De acuerdo con la sumatoria de la diferencia de cuadrados, el método de Bhattacharya se ajusta mejor a los datos que fueron obtenidos directamente por medio de la lectura de escamas.

VI.9 CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

Se utilizaron los valores de las longitudes observadas en la lectura de escamas para calcular las constantes de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy. Por el método de Ford-Walford se calculó: $L_{\infty} = 28.11$ y del método de Beverton y Holt se calculó: $k = 0.33$ y $t_0 = -0.865$. En la Tabla 16 se aprecian los valores calculados de longitud y peso derivados de escamas.

TABLA 16. Longitudes y pesos hipotéticos de la tilapia calculados hasta el grupo de edad “10”

Grupo de edad	Longitudes calculadas (cm)	Pesos calculados (cm)
0	7.059	13.971
1	13.036	87.901
2	17.316	205.845
3	20.381	335.390
4	22.576	455.545
5	24.147	557.172
6	25.272	638.487
7	26.078	701.287
8	26.655	748.665
9	27.068	783.844
10	27.364	809.682



Como se observa en la Figura 17, los organismos en las primeras edades crecen muy rápido (crecimiento exponencial); conforme se acercan al punto de inflexión, el crecimiento en longitud empieza a disminuir hasta que alcanzan la asíntota, en la cual el crecimiento es tan pequeño que ya no refleja un verdadero incremento.

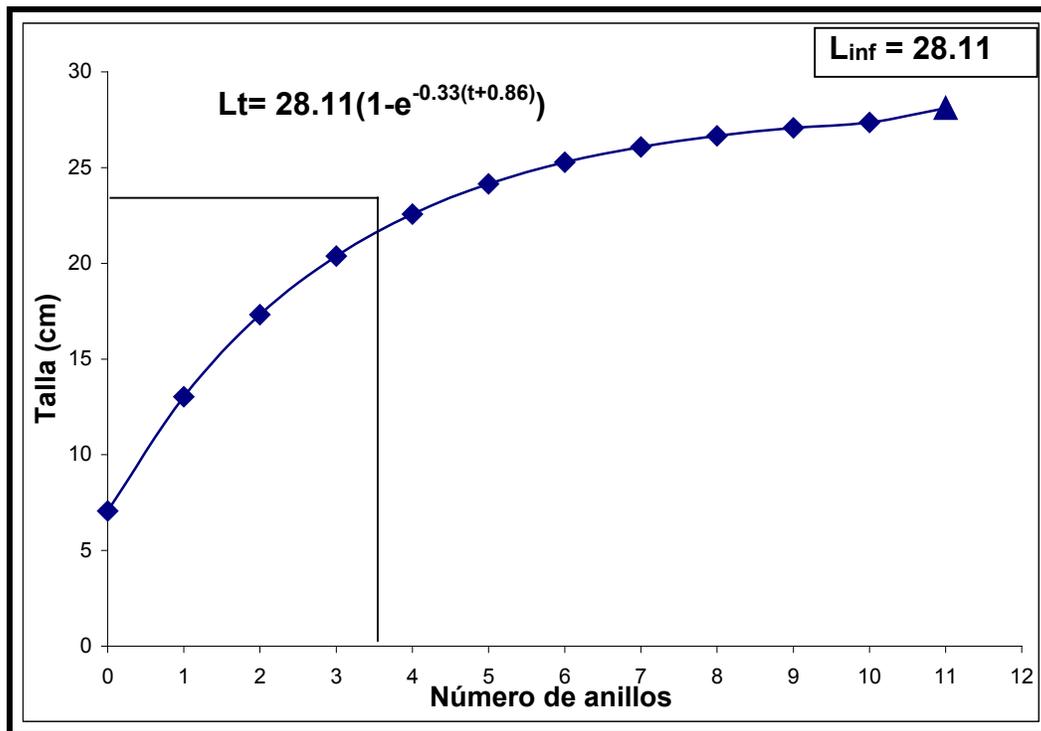


Fig 17. Curva de crecimiento en longitud por el método de Von Bertalanffy. El cuadro muestra los valores que se obtuvieron para la población muestreada a partir de escamas, el resto corresponden a valores hipotéticos o calculados. El triángulo indica la longitud infinita del organismo.

En la Figura 18, se muestra que el crecimiento en peso de la tilapia es de tipo sigmoideal, en el que en las primeras etapas los organismos no adquieren gran peso ya que lo más importante es obtener mayor tamaño, por lo que el crecimiento se da en longitud, conforme los organismos tienen más edad, este crecimiento en longitud se detiene y aumenta el crecimiento en peso.

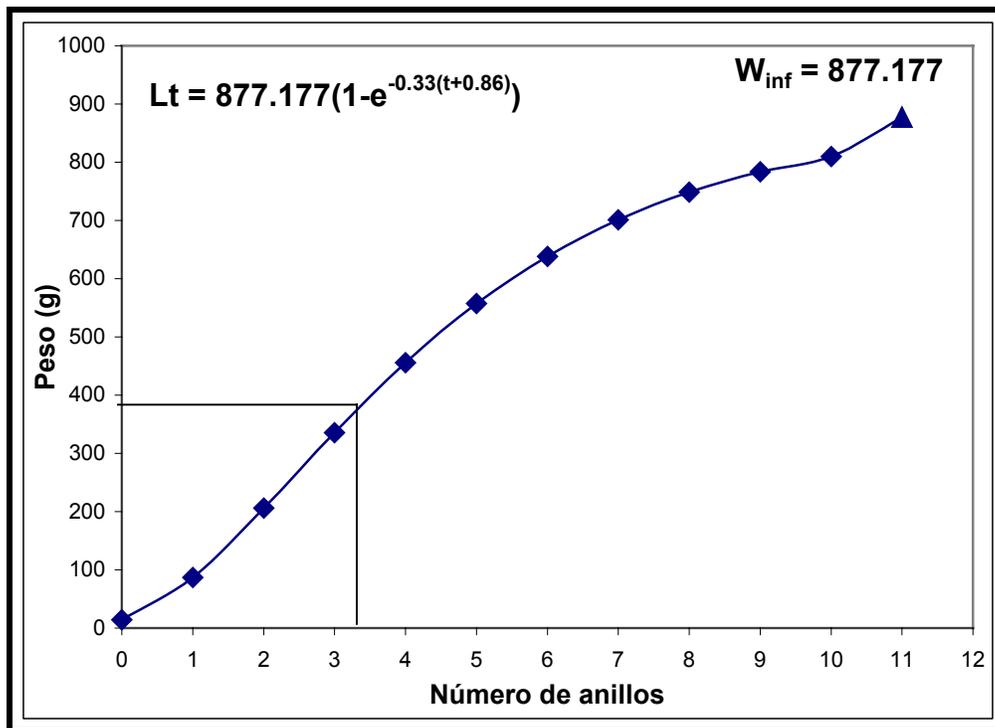


Fig 18. Curva de crecimiento en peso por el método de Von Bertalanffy. En el recuadro se muestra los valores que se obtuvieron para la población muestreada a partir de escamas, el resto corresponden a valores hipotéticos o calculados. El triángulo indica el peso infinito de los organismos.



VII.- DISCUSIÓN

VII.1 DETERMINACIÓN DE LA ESPECIE

En la identificación se descartaron los patrones de coloración en los organismos, debido a que esta característica sufre cambios ocasionados por diversos factores como el tipo de alimentación, temperatura, etc. Se ha observado que el género *Oreochromis* ha presentado hasta 10 coloraciones diferentes a lo largo de su vida (Fryer e Iles, 1972). Contrario a lo anterior, como características determinantes se consideraron: la posición de líneas presentes en la aleta caudal y la forma del hueso faríngeo (Trewavas, 1983; Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1988). Se determinó que las tilapias de la Presa Zimapán comparten características físicas y estructurales entre las especies *O. niloticus* y *O. aureus*. Los informes técnicos obtenidos desde la construcción de la presa registran a *O. niloticus* y *O. aureus* como dos especies introducidas en el embalse, que seguramente con el paso del tiempo se han entrecruzado y han generado organismos híbridos. Los organismos colectados compartieron características diagnósticas de las dos especies, esto indica la presencia del organismo híbrido *O. niloticus* X *O. aureus*.

VII.2 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

La relación entre la longitud y ancho de la escama es expresada por el índice alométrico $k = 0.94$ y una $r^2 = 0.98$. Dicha relación de crecimiento es cercana a la isometría, en la que ambas variables crecen proporcionalmente. Resultados similares obtuvo Gallardo-Cabello *et al.* (2003) en escamas de *Anisotremus interruptus*, en la que dicha relación expresó que $k = 0.905$, lo que indica que esta relación de crecimiento es cercana a la isometría, donde la forma de la escama casi permanece constante sin variaciones durante su desarrollo.

En la relación entre el crecimiento de la escama y el crecimiento somático del organismo, la regresión lineal realizada en el presente trabajo, determinó que existe una relación entre las variables al obtener un valor de $r^2 = 0.9$. A través de la relación potencial se obtuvo el valor de $k = 1.05$, que indica un crecimiento isométrico; biológicamente esto indica que conforme el organismo crece en talla, las escamas del mismo también lo hacen. Por su parte, Sarabia (2005) determinó entre el radio de la escama y la talla del pez una relación isométrica, al obtener una $k = 0.9$, afirmando que la escama es una estructura que sirve para determinar la ecuación de Von Bertalanffy, referente a la edad y crecimiento de los peces. De igual forma Gallardo-Cabello *et al.* (2003) valida el uso de esta estructura al obtener el índice alométrico de $k = 0.901$, que confirma la existencia de una proporcionalidad en el crecimiento del pez de acuerdo a sus escamas, y valida el uso de estas estructuras como una parte dura que incrementa su talla conforme pasa el tiempo. Jiménez-Badillo (1999), expresa que las escamas de *O. aureus* son muy útiles para detectar los primeros grupos de edad pero pierden confiabilidad a medida que los organismos son más grandes (en cuanto a edad)



debido a la dificultad para reconocer los últimos anillos e identificar los últimos grupos de edad, situación que no se presentó en las tilapias de la Presa Zimapán, por presentar las escamas como máximo sólo tres anillos de crecimiento, por lo tanto, las escamas resultan ser estructuras muy útiles para determinar la edad y crecimiento, por tal razón fueron utilizadas para el caso de las mojarra tilapias de la Presa Zimapán.

En la relación entre el tamaño de la escama y el número de radios presentes en la misma, no se encontró algún tipo de relación, ya que el número de radios presentes en las escamas resultó ser muy variable, sin embargo, Gómez-Márquez (1994) menciona que los radios presentes en las escamas de los organismos crecen gradualmente y se generan en relación directa al incremento del espécimen, pero para el caso de las escamas de tilapia de la Presa Zimapán, la aparición del número de radios en las escamas es independiente del crecimiento de los organismos y así también del crecimiento de las escamas. Por tanto, no resulta confiable el conocer el número de radios en una escama pues no se relaciona con la talla del pez.

VII.3 INCREMENTO MARGINAL

Se detectó la formación de un anillo de crecimiento anual, en el mes de Abril, a diferencia de otros autores que han trabajado con escamas de tilapias en diferentes embalses nacionales, como Gómez-Márquez (1998), quién encontró dos periodos de formación de anillos, en diciembre-enero (invierno) para la tilapia *O. niloticus* en la Laguna de Coatetelco Morelos. Por su parte, Jiménez-Badillo (1999) durante el seguimiento de formación de anillos a través del año, encontró también dos periodos principales de deposición, uno en julio y otro en octubre. A su vez, Pérez y Patlani (2002), encontraron dos periodos de depositación de anillos de crecimiento, en junio para machos y en diciembre para hembras, en escamas de *O. niloticus* de la Presa Emiliano Zapata, con lo cual infirieron que la formación de anillos es de cada seis meses. Por su parte, otros autores han estudiado los otolitos de tilapias como es el caso de Booth y Merron (1996), en los que determinaron que una zona hialina y una opaca es depositada cada año, mientras que Admassu y Casselman (2000) determinó en otolitos para la tilapia *O. niloticus* en el Lago Awassa, Etiopía, que dos anillos de crecimiento fueron formados cada año, uno durante marzo-mayo y el otro durante agosto-diciembre. Así también, Saito (2004) a través de otolitos de la tilapia *O. niloticus* de la Presa Emiliano Zapata, sugirió que la periodicidad para la formación de marcas periódicas en los otolitos, fue de aproximadamente 6 meses. De acuerdo con lo anterior, se ha registrado tanto en escamas como en otolitos la formación de dos anillos de crecimiento por año para estas especies; aunque en el caso de las tilapias de la Presa Zimapán sólo hubo un registro claro de la formación de un anillo de crecimiento, podría inferirse que hay un segundo periodo de formación de anillos de crecimiento. De acuerdo con Orbe y Hernández (1999), en dicha Presa se obtuvo que los periodos de reproducción de la tilapia corresponden al mes de abril (pico reproductivo más alto o de desove masivo) y a los meses de septiembre-octubre (desove menor), por lo que se determinó que la formación de anillos de crecimiento en las tilapias de la Presa Zimapán coincide



con eventos reproductivos principalmente, sin embargo, es importante destacar, que en este trabajo no se detectó la temporada de desove menor en la que presuntamente se forma el segundo anillo. Lo anterior se demostró, mediante el tipo de crecimiento que presentó la tilapia, ya que fue alométrico positivo, lo que indica que los organismos adquirieron un aumento en peso más que en longitud en dicha época (septiembre-noviembre), por lo que los organismos detuvieron su crecimiento al canalizar la mayor parte de energía hacia la maduración y el desarrollo de las gónadas.

Aunado a esto, la formación de marcas de crecimiento coinciden también con la época de sequía, al ser el mes de abril uno de los más calurosos, razón por la cual la temperatura del agua es de las más altas del año (23.5 °C), y la más propicia para la reproducción. Asimismo cabe mencionar que en cuanto a la disponibilidad de alimento se ha visto que éste no es un factor limitante que influya en el desarrollo de la tilapia, debido a que a la presa Zimapán se le ha considerado de carácter eutrófico a hipereutrófico por la gran cantidad de nutrientes y materia orgánica (López *et al.* en Prensa), lo cual indica que los organismos tienen una gran cantidad de alimento disponible en la presa de manera constante durante todo el año; y en este caso no influye en la formación de las marcas de crecimiento. Así también, Pérez y Patlani (2002) señalan que el proceso de reproducción parece ser la causa principal a la que obedece la formación de los anillos, ya que las condiciones del medio a lo largo del año no tienen cambios bruscos y el alimento tampoco es un factor limitante para el crecimiento y formación de anillos. Por su parte, Booth y Merron (1996) mencionan que en áreas tropicales y subtropicales la formación de anillos de crecimiento en peces cíclidos, frecuentemente ha sido atribuida a la disminución de la tasa metabólica somática como resultado de actividades reproductivas tales como: cortejo, comportamiento parental y movimiento durante las áreas de crianza (nidos), sin poder determinar hasta el momento cuales son las variables ambientales responsables para la formación de los anillos. Jiménez-Badillo (1999) llega a la misma conclusión, que la formación de las marcas coincide con las principales épocas de desove, lo que indica que su formación obedece a eventos reproductivos. Sin embargo, Gómez Márquez (1998) atribuyó un periodo de formación a las bajas temperaturas que prevalecen en la laguna durante esta época (diciembre-enero), mientras que el otro periodo de formación es en junio debido a la interrupción del crecimiento por la maduración de las gónadas y la actividad reproductiva. Admassu y Casselman (2000) por su parte consideró varios eventos dependiendo del estadio del organismo, para explicar la formación de anillos de crecimiento en otolitos de peces inmaduros influye la fluctuación estacional en la temperatura, el oxígeno disuelto en el agua, y la calidad y cantidad de alimento disponible; mientras que en organismos adultos aparte de los factores anteriormente mencionados también es importante la actividad reproductiva para la formación de las marcas de crecimiento. Mientras Saito (2004) también indicó que la formación principal de los anillos, coincide con la temporada de secas (noviembre-febrero) y durante la parte caliente del año, registró otro indicio de formación de anillo que coincide con el periodo de reproducción. Con lo anterior se puede concluir, que la



aparición de anillos de crecimiento coincide principalmente con los eventos reproductivos, sin embargo, es importante destacar otros factores que influyen en menor medida como cambios estacionales de temperatura, oxígeno, disponibilidad de alimento, etc.

Por otra parte, es importante señalar que en la Presa Zimapán, los organismos que provenían de la captura comercial presentaron con mayor frecuencia 2 y 3 anillos de crecimiento, lo que indica una edad de 1 año y 1 ½ años, y que la captura se hace una vez que alcanzan los 18.5 cm de longitud patrón.

En relación a la talla en la que empieza la reproducción de los organismos, es importante considerar que Basurto (1984), obtuvo una talla mínima de madurez sexual en las hembras de *O. niloticus* de 23.5 cm y en los machos de 24 cm. Morales (1991) cita para *O. aureus*, una talla mínima de reproducción a los 16 cm. Para *O. niloticus*, Garduño y Avelar (1996) señalan que la talla de primera madurez la alcanzan a los 7 cm. Jiménez (1999) indica que *O. aureus* puede alcanzar su madurez sexual desde 17.5 cm de longitud patrón para hembras, mientras que para machos a los 17.2 cm.

Estos antecedentes indican que la talla a la cual las tilapias empiezan a reproducirse es muy variable en los diferentes cuerpos de agua, sin embargo, en la Presa Zimapán se desconoce esta información, aunque se observó que las tilapias provenientes de la captura comercial ya se habían reproducido se desconoce la talla mínima de madurez sexual y es de gran importancia conocerla para determinar si el tamaño de abertura de malla es la más propicia para la captura de los organismos. Por ello, es de gran importancia realizar estudios de aspectos reproductivos para asegurar la descendencia de las tilapias en la Presa Zimapán.

VII.4 RELACIÓN TALLA-PESO

La longitud está a menudo íntimamente relacionada con otras características tales como: peso, edad, madurez, etc. Los datos de talla se convierten en peso usando la relación talla-peso que se obtiene de ambas medidas (talla y peso). La relación talla-peso también se usa para muchos otros propósitos, como son, convertir el peso de los ejemplares en número de individuos y también para convertir la talla de los peces en peso y viceversa. (FAO, 1982).

Para la población de tilapia en la Presa Zimapán, el tipo de crecimiento general que presentó fue casi isométrico con un valor de $b = 2.98$, el cual es muy cercano a 3 y estadísticamente no representó diferencia significativa entre el valor calculado y el teórico, razón por la cual se le consideró como crecimiento isométrico, que indica una proporcionalidad directa entre ambas variables: talla y peso. Conforme el pez aumenta en talla, también aumenta proporcionalmente en volumen (peso). Resultados similares fueron reportados para la tilapia *O. niloticus* en la Presa Emiliano Zapata por Pérez y Patlani (2002), en el que se obtuvo un valor de la pendiente de 2.97.

Sin embargo, en otros trabajos realizados con organismos del mismo género y especie, han reportado un crecimiento alométrico, tal es el caso de Jiménez-Badillo (1999), que reportó un crecimiento alométrico



negativo global ($b=2.87$) para la tilapia *O. aureus* en la Presa Infiernillo, asimismo menciona que la relación talla-peso a nivel mensual, permitió detectar aquellos meses en los que el crecimiento se ve reducido por efecto de la actividad reproductiva, hecho que fue constatado por la coincidencia de esos meses con los picos de desove que se encontraron. Por su parte, Esquivias (1998) indicó que durante el cultivo de mojarra-tilapia (*O. mossambicus*) variedad roja y variedad rayada en estanques en el estado de Morelos, durante el análisis de la relación talla-peso, el tipo de crecimiento para la variedad roja presentó una tendencia a la isometría, ya que el valor de la pendiente se acercó a 3 ($b= 2.90$), mientras que la variedad rayada presentó un crecimiento alométrico ($b= 2.47$), demostrando así que las variables no siguen una proporción cúbica a pesar de que las condiciones físicas y químicas en los estanques fueron muy similares y adecuadas para el desarrollo de los organismos. Concluyó, que no existió ningún factor ambiental limitante para el crecimiento de las variedades estudiadas, por lo tanto, las diferencias en crecimiento se debieron a la naturaleza intrínseca de cada variedad.

Saito (2004) en la Presa Emiliano Zapata, también determinó un crecimiento alométrico para la población de tilapia *O. niloticus*, -a diferencia del estudio realizado por Pérez y Patlani (2002) en el mismo lugar y con la misma especie, quienes reportaron un crecimiento isométrico-. Saito reportó un crecimiento alométrico negativo ($b= 2.77$) para los organismos, indicando la posibilidad de que el ambiente pudo haber sido más favorable durante el tiempo de estudio de los otros autores. Por su parte, Palacios (1995) reportó para la Presa El Infiernillo, un crecimiento alométrico negativo para la tilapia *O. aureus* en hembras ($b= 2.48$) y en machos ($b=2.61$), el cual indica que los cambios en longitud, peso y forma no son uniformes a través del tiempo, debido a que el crecimiento se ve afectado por diversos factores como la disponibilidad de alimento, la competencia, las variaciones temporales y la reproducción.

En relación a la variación de la relación talla-peso a nivel mensual de las tilapias de la Presa Zimapán, se detectó que durante los meses invernales (noviembre-enero) el crecimiento fue de tipo alométrico negativo, mientras que durante los meses de sequía (abril-junio) el crecimiento fue alométrico positivo. Asimismo, el tipo de crecimiento coincidió con la temporada reproductiva. En los meses de febrero a mayo y septiembre el crecimiento fue alométrico positivo en el que los organismos crecieron más en peso que en longitud debido al desarrollo y madurez gonadal, a diferencia de los meses invernales en donde el crecimiento se dio en longitud. Otro factor importante que conviene señalar es que ésta Presa se caracteriza por su estado que va de eutrófico a hipereutrófico debido a que presenta altas concentraciones de nutrientes inorgánicos (>6 mg/L), clorofilas (>10 mg/L), baja transparencia (< 2 m) y aguas anóxicas en el fondo durante más de un año y medio, lo que queda corroborado con la sobresaturación de oxígeno y altas densidades de fitoplancton (López *et al.* en Prensa). Dichos factores clasifican a este embalse como muy adecuado para el crecimiento y desarrollo de las tilapias.



De acuerdo con lo anterior, el tipo de crecimiento de los organismos varía dependiendo de la temporada reproductiva y los procesos a los que estén sometidas las masas de agua en el área de estudio (estratificación, circulación y mezcla), que influyen sobre parámetros físico-químicos importantes y la disponibilidad de alimento necesarios para el crecimiento y desarrollo de las tilapias.

VII. 5 DETERMINACIÓN DE LA EDAD

La determinación de la edad es esencial para estudios de crecimiento en la aplicación de métodos y modelos para el análisis de las pesquerías.

Los tres métodos utilizados para la determinación de la edad resultaron adecuados al indicar el mismo número de grupos de edad y al arrojar valores medios muy similares para cada grupo.

Mediante el análisis de escamas, se determinaron cuatro grupos de edad para la tilapia *O. niloticus* X *O. aureus* de la Presa “Zimapán”, sin embargo, cabe señalar que en esta presa al ser la tilapia el recurso más importante y sobre el cual recae la pesquería, los pescadores del lugar sólo esperan que los organismos alcancen el tamaño “plato”, que por tener una tasa de crecimiento alta, la alcanzan en un tiempo relativamente corto; en ese momento los organismos son capturados. Por tal razón, los organismos son capturados muy jóvenes y la mayoría no alcanzan a desarrollar tallas grandes. El intervalo de tallas de los organismos capturados se encontró entre los 3.8 y los 23.2 cm de longitud máxima patrón. En consecuencia, sólo se representaron cuatro grupos de edad en la población. Al igual que otros autores, los grupos de edades encontrados en escamas son similares: Gómez-Marquéz (1998) determinó cuatro marcas de crecimiento; Jiménez-Badillo (1999) registró ocho grupos de edad; Pérez y Patlani (2002) observaron cinco anillos de crecimiento y Saito (2004) determinó cinco marcas periódicas de crecimiento para hembras y para machos cuatro. Sin embargo, es importante destacar que Palacios (1995) también registra cuatro grupos de edad para la tilapia *O. aureus* de la Presa Miguel Alemán, Oaxaca, pero el intervalo de longitudes de los organismos capturados fue más amplio, de 10.2 a 36.3 cm., al igual que Bernal (1984) al obtener, en el mismo embalse, cuatro grupos de edad, en un intervalo de tallas de 10.0-29.0 cm; y Guzmán obtiene seis grupos de edad en un intervalo de tallas de 14.1-28.5 cm. Por su parte, Morales (1992) también reportó cuatro grupos de edad en un intervalo de tallas de 22.4-39.9 cm. Con base en lo anterior, los intervalos de tallas han sido más grandes en los trabajos anteriores, para el caso de la Presa Zimapán, se ha visto una clara disminución de las tallas probablemente por efecto de la endogamia y a la presión de pesca, por lo que el intervalo de tallas ha sido menor al disminuir las tallas máximas.

Por otra parte, Booth y Merron (1996) reportaron 11 años de edad para la tilapia *O. macrochir* en el delta Okavango, Botswana; así también reportaron que en otros cuerpos de agua, se detectaron 7 y 8 años de edad mediante la lectura de escamas. La diferencia en el número de grupos de edad detectados se debe a que este embalse se encuentra en el continente africano, del cual son originarias las tilapias, por tanto su tasa de



sobrevivencia es alta y las condiciones del medio son las óptimas para llegar a alcanzar mayores tallas y mayores edades.

En relación a los métodos indirectos, mediante el método de Petersen se obtuvieron cuatro grupos de edad -básicamente se obtuvieron los mismos grupos de edad y a una talla similar, con respecto a los otros métodos empleados-, con una sumatoria de la diferencia de cuadrados de $SD^2=23.09$, lo que significa que este método presentó mayor diferencia con respecto a las edades obtenidas mediante la lectura de escamas. Sin embargo, reflejó la composición de tallas de la población, principalmente al reconocer los primeros grupos de edad, que para este caso, la población fue representada por pocos grupos de edad. También, el método de Petersen es ideal para especies de ciclos de vida cortos y para el análisis de crecimiento durante las primeras etapas del ciclo de vida de un pez (Sparre y Venema, 1989). Por su parte, Palacios (1995) obtuvo cuatro grupos de edad por el método de Petersen para hembras y machos, así, menciona que resultó ser un método inexacto debido a la subjetividad con la que se eligieron las clases de edad, sesgo en el muestreo y sobreposición de grupos modales. Por su parte, Jiménez-Badillo (1999) afirma que las evaluaciones de crecimiento a través de frecuencias de tallas fueron buenas, sin embargo, encontró que la agrupación de sus tallas en intervalos de clase de 5 mm proporcionó una mejor definición de las tallas modales, a diferencia de los intervalos de 10 mm.

Con respecto al método de Bhattacharya, utilizado en este trabajo, también se determinaron cuatro grupos de edad y de acuerdo con el valor de $SD^2=3.51$, resultó ser el método que más se acerca a los valores obtenidos por el método directo, que en este caso corresponde al análisis de escamas. Por lo que el método directo evalúa y valida los resultados obtenidos con los métodos indirectos utilizados, como el Petersen y el Bhattacharya. Sin embargo, Gallardo-Cabello (1984) menciona que las deficiencias del método de Bhattacharya, se presentan en la obtención gráfica de las líneas rectas, resultando difícil establecer un criterio objetivo, sobre cuales puntos deben considerarse para trazar las líneas rectas y el problema se acentúa cuando se observan superposiciones, causando graves errores en la estimación de las longitudes medias; sin embargo, entre las ventajas de este método se encuentra el hecho que separa las sobreposiciones polimodales que presenta la distribución normal. Por su parte, Palacios (1995) coincidió que entre los métodos de Petersen, Bhattacharya y Cassie, el que mejor representa la estructura de edades de la población de machos y hembras de tilapia es el método de Bhattacharya al presentar un mejor ajuste con respecto a las longitudes medias observadas en escamas; por lo que dicho método ha sido el más adecuado y el más preciso al determinar los grupos de edad y la talla media de cada uno.

VII.6 CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

Los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy fueron obtenidos del método de Beverton y Holt a partir de los valores obtenidos en la lectura de escamas. Se estimará un valor de $L_{\infty}= 28.11$, $k= 0.33$



y $t_0 = -0.865$ para la tilapia *O. niloticus* X *O. aureus* en la Presa Zimapán.

De acuerdo con lo anterior, la L_∞ no es muy grande, sin embargo, es comprensible debido a que sólo se determinaron cuatro grupos de edad, incluyendo la edad "0", y la longitud máxima registrada durante el muestreo fue de 23.2 cm, por lo que la L_∞ sobrepasa la longitud máxima encontrada pero se encuentra cerca de dicho valor. Con respecto al índice catabólico (k) de esta especie, se puede interpretar que es una especie que tiene una tasa de crecimiento alta (aunado a que se encuentra en una zona con condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo). En la curva de crecimiento en longitud (Fig. 19), dividida en dos fases, se observa este comportamiento, el crecimiento es exponencial durante las primeras etapas para disminuir su mortalidad natural, y conforme alcanzan la edad adulta, el incremento en longitud va disminuyendo hasta alcanzar un crecimiento asintótico.

En relación al crecimiento en peso, se puede establecer el comportamiento en dos etapas, la primera consiste en un incremento en longitud, hasta que alcanza un punto de inflexión (aproximadamente detectado a los 200g) indicando el peso en el que el organismo alcanza su madurez sexual, posteriormente el crecimiento se da en peso para la reproducción, maduración y desarrollo de las gónadas. Se estimó un $W_\infty = 877.17$ g.

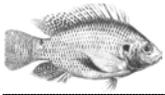
En otros estudios realizados en la Presa Zimapán (OSTIMEX, 1997) se estiman los parámetros de crecimiento (que son valores distintos a los encontrados en el trabajo actual) de $L_\infty = 48$ cm, $W_\infty = 1.485$ g, $k = 0.35$ y

$t_0 = 0.187$, sin embargo, cabe resaltar que los parámetros fueron estimados con base en un muestreo puntual y que en el momento en que se realizó dicho estudio, las tallas de los organismos eran más grandes, razón por la cual la L_∞ y el W_∞ son mayores. Otros estudios se han realizado en otros cuerpos de agua y con organismos de la mismas especies obteniendo lo siguiente: Palacios (1995) reporta una L_∞ de 56.83 cm, una W_∞ de 1964.21g y $k = 0.13$ estimado en hembras, y para machos una L_∞ de 49.25 cm, una W_∞ de 1496.18g y $k = 0.17$, cabe señalar que a pesar de que también detectó cuatro grupos de edad, las longitudes máximas fueron mayores a las del presente trabajo, sin embargo, posiblemente la L_∞ y el W_∞ fueron sobreestimados debido a que el número de grupos de edad es bajo. Jiménez-Badillo (1999) estimó para la población: $W_\infty = 3446$ g,

$L_\infty = 47.8$ cm y $k = 0.46$, sin embargo, determinó 11 grupos de edad mediante opérculos y escamas; obtuvo una mayor variación en las tallas de los organismos, razón por la cual los valores infinitos tienen mayor credibilidad. Por su parte, Pérez y Patlani (2002) registraron para hembras $L_\infty = 21.15$ cm, $W_\infty = 156.89$ g y para machos $L_\infty = 56.56$ cm, $W_\infty = 2972.54$ g., y una $k = 0.13$, en la variación de estos valores en comparación con los del presente estudio, también influyen las longitudes máximas registradas por dichos autores y el reconocimiento de más grupos de edad, aunque los valores infinitos de longitud -para el caso de las hembras- son más parecidos a los que se obtuvieron para las tilapias de la Presa Zimapán. Pero es



importante recalcar que hay una variación amplia de los valores obtenidos de L_{∞} y W_{∞} entre ambos sexos. Sin embargo, es visto que la variación de los parámetros de crecimiento se deben a la amplitud de los intervalos de clases de talla, al número de clases de tallas encontrados y a la confiabilidad del muestreo para representar en su mayoría a la población bajo estudio.



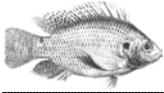
CONCLUSIONES

- Las tilapias de la Presa Zimapán son *O. niloticus* X *O. aureus*. Un híbrido resultante por efecto de la endogamia del entrecruzamiento entre dichas especies.
- La relación entre la longitud y el ancho de la escama indica una tendencia al crecimiento isométrico entre ambas variables.
- Existe estrecha relación entre el crecimiento de la escama y el crecimiento somático de la tilapia, por lo que las escamas son estructuras muy útiles para llevar a cabo estudios de edad y crecimiento; en el que las escamas reflejan la edad y el crecimiento del organismo, principalmente en las primeras etapas.
- En la relación talla-peso el tipo de crecimiento de la tilapia es isométrico a nivel global. Los organismos crecen proporcionalmente en cuanto a longitud y peso. Sin embargo, presentaron un crecimiento alométrico positivo durante el desarrollo y madurez gonadal en el que el crecimiento se dió en peso más que en longitud. Mientras que presentó un crecimiento alométrico negativo durante los meses invernales (crecimiento en longitud).
- Se observó la presencia de 1 a 3 anillos de crecimiento mediante la lectura de escamas. De acuerdo con el número de anillos de crecimiento, los peces presentan edades de 6 meses a 1 ½ de edad, infiriendo dos periodos de formación de anillos de crecimiento al año: El primero en abril y el segundo se presenta de septiembre a noviembre.
- En la determinación de la edad, mediante los métodos directos como la lectura de escamas y los indirectos como el Petersen y Bhattacharya se obtuvieron 4 grupos de edad, sin embargo, el método de Bhattacharya fue el más preciso al arrojar valores más cercanos al método directo.
- Los parámetros de crecimiento obtenidos por el método de escamas para la tilapia *O. niloticus* X *O. aureus* fueron: L_{∞} = 28.11 cm, W_{∞} = 877.177g, k = 0.33 y t_0 = -0.86.



RECOMENDACIONES

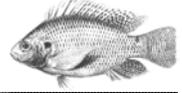
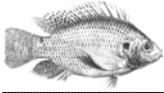
- ❖ Realizar muestreos mensuales continuos a lo largo de un año ya que durante este estudio se realizaron ocho muestreos entre el año 2003 y 2004.
- ❖ Como se demostró, las escamas resultan ser una buena estructura para realizar estudios de edad y crecimiento principalmente a edades pequeñas, sin embargo es recomendable complementar esta información con otras estructuras duras como: otolitos, opérculos, vértebras, espinas, radios, etc., para llevar a cabo una comparación entre dichas estructuras y determinar los análisis de organismos adultos.
- ❖ Realizar muestreos exhaustivos en los meses de septiembre-noviembre con la finalidad de registrar la formación de un posible segundo anillo, el cual coincidiría con el segundo periodo de desove generado en dicha época.
- ❖ Realizar estudios de reproducción y madurez gonádica para establecer el tamaño de malla adecuado para la captura de los organismos.



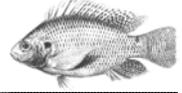
BIBLIOGRAFÍA

CITADA

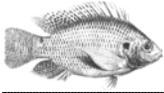
- Admassu, D. y J. M. Casselman. 2000. Otolith age determination for adult tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting iannuli and differentiating biannual recruitment. *Hydrobiologia* 418: 15-24.
- Alejo, P. M., T. P. Ramírez y M. M. Laguna. 1989. Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la Laguna "El Rodeo" estado de Morelos. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 130 pp.
- Arredondo-Figueroa, J. L y M. Guzmán-Arroyo. 1985. Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pises: Cichlidae) introducidas en México. *Anales del Instituto de Biología.* UNAM. México. 56 (1985), Ser. Zool. (2): 555-572 .
- Arredondo-Figueroa, J. L y M., Tejeda-Salinas. 1988 El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae), introducidas en México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar.* UNAM. México, D. F. <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1989-1/articulo326.html>.
- Barbieri, G., H. V., G. M. Duarte, F. A. Teixeira y C. E Cardoso. Populational biology of tilapia, *Oreochromis niloticus*, of Guarapiranga Reservoir, São Paulo – I. Population structure, age and growth. *Scientific Journal of Fisheries, Aquaculture and Limnology.* 26(1):1-7.
- Basurto, O. M. 1984. Algunos aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. *Biotam.* Centro Regional de Investigación Pesquera en Puerto Morelos, Q. Roo.
- Bernal, B. F. 1984. Análisis de los factores relacionados con la producción pesquera de *Tilapia nilotica* en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Michoacán-Guerrero. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 44 pp.
- Booth, A. J., y G. S. Merron. 1996. The age and growth of the greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango Delta, Botswana. *Hydrobiologia* 321: 29-34.
- Campana, S. E., y J. D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 42: 1014-1032.



- Chapman, F. A. 2000. Culture of Hybrid Tilapia: A Reference Profile. Circular 1051. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville. <http://edis.ifas.ufl.edu>
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). 1994. Estudio de Ordenamiento Ecológico y de Generación de Energía Eléctrica del Área de la P. H. Zimapán.
- Contreras-MacBeath, T. H. Mejia-Mojica and R. Carrillo-Wilson. 1998. Negative impact on the aquatic ecosystems of the state of Morelos, Mexico from introduced aquarium and other commercial fish. *Aquarium Sciences and Conservation*. 2: 67-78.
- Csirke, B. J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Documento Técnico de Pesca. (192):82 págs.
- Díaz-López, M. S. 1985. Contribución al conocimiento de edad y crecimiento de *Sarotherodon aureus* (mojarra) de la presa “El bosque” la encarnación, Michoacán. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Ehrhardt, N. M., 1981. Curso sobre métodos en dinámica de poblaciones. Primera Parte: Estimación de Parámetros Poblacionales. FAO-INP., México. 133 págs.
- Esquivias, A. P. 1998. Cultivo de la mojarra-tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852), variedades rayada y roja, en estanques con fertilizante orgánico. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 49 pp.
- Flores, M. O. 1994. Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 56 pp.
- Fryer, G. y T. D. Iles. 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa: their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Gallardo-Cabello, M. 1984. Análisis de las frecuencias de tallas por medio de los métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya, para la determinación de la edad de la brótola *Phycis blennoides* (brunnich 1768) en el mediterráneo occidental (pisces: gadidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México. 13(2):187-196.
- Gallardo-Cabello, M., E. Espino-Barr., F. González-Orozco., and A. García-Boa. 2003. Age determination of *Anisotremus interruptus* (Perciformes: Haemulidae) by scale reading, in the coast of Colima, México. *Revista de Biología Tropical*. 51 (2): 519-528.



- García, M. E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 3^a corregida y aumentada. UNAM. México. 252 págs.
- Garduño, P. M. y E. J. Avelar. 1996. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis niloticus* en la Laguna de Coatetelco, Morelos. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 71pp.
- Gómez-Márquez, J. L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. FES Zaragoza. UNAM. México D. F. 89 pp.
- Gómez-Márquez, J. L. 1998. Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 46 (4): 929-936.
- González-Quintero, L. 1968. Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hidalgo. Departamento de Prehistoria. Paleoecología. INAH . México. 2:1-53.
- Granado, L. C. 1996. Ecología de peces. Secretariado de publicaciones. Universidad de Sevilla. España. 353 págs.
- Grant, V. 1989. Especiación vegetal. Limusa. México. 587 págs.
- Guerra, H. E., y M. B., Peña. 1985. Estudio del crecimiento de *Oreochromis hornorum* (Trewavas, 1980) en relacion a las condiciones limnológicas del embalse permanente de Michapa, Edo. de Morelos. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 70 pp.
- Gulland J. A. 1971. Manual 4. Manual de métodos para la evaluación de poblaciones de peces. Acibia-FAO. España. 220 págs.
- Gulland, J. A., y Rosenberg, A. A. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Técnico de Pesca 323. Roma, FAO. 112 págs.
- Guzmán, U. A. 1994. Parámetros biológicos de tilapia (*Oreochromis aureus*) de la Presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo” Michoacán-Guerrero, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 33 pp.
- Holden, M. J. and D. F. S. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2.- Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO 115 Rev. 1, 211 págs.



Hutchinson, G. E. 1975. A treatise on limnology. John Wiley & Sons Inc U.S.A. 1050 págs.

Integrated Taxonomic Information System (ITIS) 17/05/05 (<http://www.itis.usda.gov>)

Jaramillo, S. G y V. A. Sánchez. 1991. Evaluación del crecimiento de la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) y tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) temporal Chavarría en el Mpio. de Coatlán, Edo. de Morelos de junio de 1989 a enero de 1990. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 87 pp.

Jones, C. M. 2002. Age and Growth. In Fuiman Lee A., y R. G. Werner (Eds). Fishery Science: The unique contributions of early life stages. Blackwell Publishing. Oxford. 326 págs

Joseph, D. C. 1962. Growth characteristics of two Southern California Surfishes, the California corbina and spotfin croaker, Family Sciaenidae. The Resources Agency of California. Dep. of Fish and Game. Fishery Bulletin. 119: 1-54.

Jiménez-Badillo, M. 1999. Análisis de la Pesquería de Tilapia *Oreochromis spp* (Pises: Cichlidae) en la Presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis doctoral en Ciencias del Mar. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México, D. F. 177 pp.

Jiménez, M. G. y L. M. Díaz. 1976. Nuevos productos elaborados con especies dulceacuícolas. Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Tuxtla, Gtz. Chis. México. INP. Tomo II:411-417.

Jiménez, O. J. 1979. Diccionario de biología. Concepto (Ed). México D. F. 322 págs.

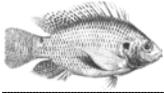
Lai, H. L. and H. Liu. 1979. Age and growth of *Lutjanus sanguineus* in the Arafura sea and north west shelf. Acta Oceanográfica Taiwanica. 10:164-175.

López, H. M., M. G. Ramos, M. A. Gómez, M. G. Figueroa y J. Carranza. (En Prensa). Aspectos limnológicos, de impacto ambiental y pesqueros en la Presa Hidroeléctrica "Zimapán", Ing. Fernando Hiriart Balderrama, Hidalgo-Querétaro In: Limnología de Presas Mexicanas. UAM-I. México.

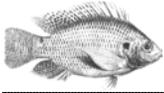
Manriquez L. Y. 2005. Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el Lago de Coatetelco, Morelos. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 111 pp.



- Mayr, E. 1957. Species concepts and definitions. The species problem. E. Mayr (ed). American Association Adv. Science Publications. 50:1-22. reprinted *In*: C. N. Slobodchikoff (Ed). 1976. Concepts of species. Dowden, Hutchinson y Ross, Inc Strodsburg, Pensylvania. 24-45 pp..
- Morales, B. E. 1992. Evaluación de algunos aspectos biológico-pesqueros de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) en la Presa Vicente Guerrero, Las Adjuntas, Tamaulipas. Tesis Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 82 p.
- Morales, D. A. 1991. La Tilapia en México biología, cultivo y pesquerías. A. G. T. Editor S. A. México. 190 pp.
- Morales, L. C. En prensa. Estimación de la edad y el crecimiento en peces mediante varios modelos matemáticos. Tesis Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y FES Zaragoza. UNAM. México.
- Orbe, M. A., y D. Hernández. 1999. Documento Técnico. “Evaluación pesquera de la presa Fernando Hiriart Balderrama (Zimapán) Hidalgo-Querétaro, México.” Centro Regional de Investigación Pesquera Patzcuaro. Instituto Nacional de la Pesca. 11 pp.
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. 1982. Métodos de Recolección y Análisis de datos de talla y edad para la evaluación de poblaciones de peces. Circulares de Pesca No. 736. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. 1979. Conservación de los recursos genéticos de los peces: problemas y recomendaciones. Circulares de pesca No. 217. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- OSTIMEX. 1997. Estudio Biológico Pesquero y Socioeconómico de la Presa Hidroeléctrica de Zimapán, Hidalgo. Secretaría de Medio Ambiente de Recursos Naturales y Pesca. Delegación Federal en el Estado de Hidalgo. Subdelegación de Pesca. 72 pp.
- Palacios, S. S. 1995. Estudio biológico pesquero de la Tilapia *Oreochromis aureus* en la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerrero, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 81 pp.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Fisheries Technical Paper. (234) 49 pp.

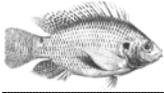


- Pérez, O. G. y S. Patlani. 2002. Edad y Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 87 pp.
- Programa Anual de Administración y Aprovechamiento de los Recursos Pesqueros de la Presa “Ing. Fernando Hiriart Balderrama” (Zimapán). 2001. Subdelegación de Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 20 pp.
- Ramos C. S. 1995. Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la Presa Benito Juárez, Oaxaca, México. *Ciencia Pesquera* (11):54-61.
- Rzedowsky, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México.
- Saito, Q. V. 2004. Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la Presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 87 pp.
- Santiago, L. M y O. J. Jardon. 1997. Determinación de la edad, crecimiento y hábitos alimenticios de cuatro especies de cíclidos de importancia pesquera en la presa Cerro de Oro, Tuxtepec, Oaxaca. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 68 pp.
- Sarabia, M. M. 2005. Determinación de la edad y crecimiento del pargo flamenco, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pises: Lutjanidae), mediante el análisis de escamas en Bahía Bufadero, Michoacán, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 54 pp.
- Schneider, James. C., P. W. Laarman, y H. Gowing. 2000. Age and Growth methods and state averages. *In* Schneider, James C. (ed.) 2000. Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor. 12 pp.
- Secretaría de Pesca. SEPESCA. 1991. Diagnóstico Pesquero de Michoacán. Dirección General de Planeación, Informática y Estadística. 25 pp.
- Shackell, N. L., and R. W. Doyle. 1991. Scale morphology as an index of developmental stability and stress resistance of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 48: 1662-1669.
- Simpson, G. G. 1961. Principles of animal taxonomy. Columbia University Press. USA. pp. 152-155.

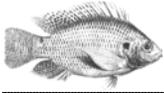


- Sparre, P. y S. C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. FAO Fishery Technical Papers. 306/1 FAO. Rome, Italy, 337 págs.
- Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum of Natural History, London, UK. 583 págs.
- Valdiviezo, R. J. 1998. Evaluación del contenido de metales pesados en Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa hidroeléctrica Zimapán. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 51 pp.
- Valencia, A. S. 1991. El problema de la especie. Ciencias. 13-22.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth laws. II) Human Biology, 10:181-213.
- Weatherley, A. H. y H. S. Gill. 1987. The biology of Fish Growth. Academic Press. London, Norfolk. Great Britain. 209-242.
- Wiley, E. O. 1978. The evolutionary species, multispecies, and oaks, Taxon 25 (2/3):233-239.
- Weyl O, y T Hecht. 1998. Biology of *Tilapia rendalli* and *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) in a subtropical lake in Mozambique. South African Journal of Zoology. 33 (3): 178-188.
- Yamaguchi, Y., N. Hirayama, A. Koike y H.A. Adam. 1990. Age determination and growth of *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon galilaeus* in High Dam Lake, Egypt. Nippon Suisan Gakkaishij 56: 437-443.
- Zetina, C., y V. Ríos. 2000. “Estudio Ecosistémico y Ordenación Pesquera en la Presa Zimapán”. Informe del proyecto, 8 pp.

CONSULTADA



- Araya, M., y L. Cubillos. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana (Concepción)*. 66 (2): 161-179.
- Beamish, R. J., y G. A. McFarlane. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American fisheries society*. 112 (6): 735-743.
- Bullock, L. H., M. D. Murphy., M. F. Godcharles y M. E. Mitchell. 1992. Age, growth, and reproduction of jewfish *Epinephelus itajara* in the eastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*. 90: 243-249.
- Davis, T. L., y G. J. West. 1992. Growth and mortality of *Lutjanus vittus* (Quoy and Gaimard) from the North West Shelf of Australia. *Fishery Bulletin*. U. S. 90: 395-404.
- Eslava-De González, N. 1991. Comparación del uso de escamas y cleitra para estudios de edad y crecimiento del chere-chere *Haemulon steindachneri* (Jordan & Gilbert, 1882) (Teleostei: Haemulidae). *Memorias Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. Tomo LI, (135-136): 97-107.
- Fabré, N. N., y U. Saint-Paul. 1998. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian anostomid *Schizodon fasciatus*. *Journal of Fish Biology*. 53: 1-11.
- Hammers, B. E., y L. E. Miranda. 1991. Comparison of methods for estimating age, growth and related population characteristics of white crappies. *North American Journal of Fisheries Management* 11: 492-498.
- Kimura, D. K. y J. J. Lyons. 1991. Between-reader bias and variability in the age-determination process. *Fishery Bulletin*. 89: 53-60.
- Laiding, T. E., S. Ralston, y J. R. Bence. 1991. Dynamics of growth in the early life history of shortbelly rockfish *Sebastes jordani*. *Fishery Bulletin*. 89: 611-621.
- Melo, Y. C. 1984. Age studies on anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist off south west Africa. *South Africa Journal Marine Science*. 2:19-31.
- Miles, H. A. 1991. *Cichlid Fishes behavior, ecology and evolution*. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 2. 378 págs.



- Nunes, G. F. y M. T. Ferreira. 1998. The relative influences of exotic species and environmental factors on an Iberian native fish community. *Environmental Biology of Fishes*. 51: 41-51.
- Ojuok, J. E., M. Njiru y J. Ntiba. 2003. The effect of overfishing on the life-history styles of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* in the Nyanza Gulf of Lake Victoria, Kenya. *Aquatic Ecosystem Health and Management Society*.
- Rijnsdorp, A. D. y F. Storbeck. 1991. A method to determine the onset of maturity from back-calculated growth from otoliths of individual female north sea plaice, *Pleuronectes platessa*. *L. Fish. Res.* 9: 97-117.
- Royce, W. E. 1972. *Introduction to the fishery sciences*. Academic Press, Inc. 351 págs.
- Sea Grant Illinois-Indiana. Tilapia. The Leading Edge. Animal Sciences. Purdue University. Sea Grant Tip Sheet Series E.U.A. http://www.ansc.purdue.edu/aquanic/publicat/other_pubs/as-494.pdf
- Shafer, D. J. 2000. Evaluation of periodic and aperiodic otolith structure and somatic-otolith scaling for use in retrospective life history analysis of a tropical marine goby, *Bathygobius coalitus*. *Marine Ecology Progress Series*. 199: 217-229.
- Swann, L. 2004. A fish farmer's guide to understanding water quality. Aquaculture extension. Illinois-Indiana Sea Grant Program, Animal Sciences. Purdue University. E.U.A. <http://www.ansc.purdue.edu/aquanic>
- Talbot, A. J. y R. W. Doyle. 1992. Statistical interrelation of length, growth and scale circulus spacing: use of ossification to detect nongrowing fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 49: 701-707.
- Wischniowski, S., y S. Bobko. 1998. *Age & Growth Laboratory Manual*. Center for Quantitative Fisheries Ecology. Old Dominion University. Norfolk, VA. E. U. A.



X.- APÉNDICE

X.1 Generalidades de la pesca en la Presa “Zimapán”

La pesca de tilapia en la Presa “Zimapán” se ha convertido en una de las actividades más importantes para los pobladores de la zona. La pesca artesanal representa una fuente importante de ingresos económicos, y que por las condiciones climáticas y físico-químicas del lugar han favorecido al desarrollo y explotación de tilapia, misma que cumple la función principal de ser la principal fuente proteínica para los ribereños.

La presa Hidroeléctrica “Zimapán” se encuentra ubicada entre los límites de los estados de Hidalgo y Querétaro y fue terminada en 1995 con fines de generación de energía eléctrica y actualmente con fines avocados a actividades pesqueras. También, algunas comunidades ribereñas utilizan el agua con fines agrícolas y para uso personal. La explotación de tilapia comenzó a finales de 1997, desde entonces se han realizado diversos estudios sobre:

- Estudio biológico pesquero y socioeconómico de la presa (OSTIMEX, 1997),
- Evaluación pesquera (Orbe y Hernández, 1999),
- Estudio Ecosistémico y Ordenación Pesquera (Zetina y Ríos, 2000),
- Programa anual de administración y aprovechamiento de los recursos pesqueros (SAGARPA, 2001),
- Aspectos limnológicos, de impacto ambiental y pesqueros (López *et al.* en Prensa).

Los cuales fueron llevados a cabo por diversas dependencias y organizaciones como SEMARNAP (Delegación Federal del Estado de Hidalgo), INP (Centro Regional de Investigación Pesquera Pátzcuaro), SAGARPA (Subdelegación de Pesca en Hidalgo)-(OSTIMEX), los que han explicado el comportamiento de la población de tilapia y problemas sociales relacionados, sin embargo, no se han realizado trabajos basados en la determinación de la edad de los organismos por medio de estructuras duras como parte de la dinámica poblacional de tilapia en la presa, a excepción de un trabajo que se encuentra en prensa y que está relacionado con aspectos limnológicos, de impacto ambiental y pesqueros, realizado por la UNAM, sin embargo, fue un estudio básicamente limnológico que con respecto a los aspectos pesqueros fue un estudio prospectivo y fue anterior al presente trabajo.

Actualmente, la Presa Zimapán se encuentra organizada en 12 Cooperativas Pesqueras, de las cuales 7 pertenecen al Estado de Hidalgo y 5 al Estado de Querétaro.



Las redes utilizadas son denominadas de enmalle, constituidas de hilo monofilamento o multifilamento de nylon u otro tipo de poliamida, con diámetro de 0.3 mm o menor, luz de malla mínima de 114.3 mm (4.5 pulgadas), longitud máxima de 60 m, caída o altura máxima de 5 m y un encabalgado de entre el 52 y 65%. Este arte de pesca fue autorizado por ser un arte selectivo que permite la captura de organismos con longitudes patrón entre 21 y 27 cm, con un peso promedio de 550 g (Programa Anual de Administración y Aprovechamiento de las Recursos Pesqueros de la Presa “Ing. Fernando Hiriart Balderrama”, 2001). En cada embarcación se utilizan simultáneamente un máximo de tres redes por pescador, sin que se sobrepase el límite de redes correspondiente a dos pescadores por embarcación. La operación de las redes se realiza de lunes a sábado sin exceder de ocho horas continuas en el sitio de la pesca. El precio por kilogramo oscila entre los 13 y 15 pesos.

Una vez que el pescado se libera de las redes, este es depositado en cajas de plástico y transportado sin ningún método de conservación, ya que los viajes de pesca suelen durar menos de 5 horas a los puntos de desembarque. En los puntos de recepción el pescado es eviscerado y se coloca en hileras de madera de aproximadamente 1 m³ de capacidad durante 2 ó 3 días, hasta que llega el intermediario al que se lo entregan para ser comercializado en la Central de Abasto de Pescados y Mariscos “La Viga” en la Ciudad de México, o a los mercados regionales de Hidalgo y Querétaro.

Por tratarse de un cuerpo de agua localizado entre Hidalgo y Querétaro los pescadores comparten un mismo recurso que no puede dividirse, en este hecho radica la necesidad del establecimiento de acuerdos entre las dos partes para un mejor aprovechamiento y administración del recurso, sin embargo, en la mayoría de los casos el acuerdo no se concreta.



X.2 Biología de la especie

El término Tilapia generalmente es usado para designar a un grupo de peces comercialmente importantes para consumo. Pertenece a la familia Cichlidae, la expresión se deriva de la palabra africana nativa “thiape” que significa pez (Chapman, 2000).

Las verdaderas tilapias son nativas sólo de África y del Medio Oriente. Sin embargo, actualmente se han extendido a nivel mundial convirtiéndose en una especie exótica, introducida con fines comerciales, por lo que se les encuentra en casi cualquier cuerpo de agua dulce, incluso en ambientes salobres y marinos.

Son consideradas como organismos omnívoros, ya que su alimentación está basada sobre algas, otra vegetación primaria acuática, larvas de insectos, escarabajos acuáticos, gusanos, peces pequeños -incluso de su misma especie- (Morales, 1991).

La tilapia es bien conocida por su gran habilidad para madurar sexualmente a tallas muy pequeñas (alrededor de 8-10 cm) y a edades muy tempranas (2-3 meses). Los adultos pueden vivir de 6 a 8 años, sin embargo, se ha registrado que pueden alcanzar entre los 11 y 12 años. En regiones templadas la temporada de reproducción usualmente comienza durante la primavera cuando la temperatura del agua se eleva y continúa a lo largo del año mientras la temperatura se encuentra por arriba de los 22 °C.

La Tilapia tiene un comportamiento reproductivo muy elaborado y se les considera como los constructores de nidos sobre sustrato. En muchos casos los machos establecen y defienden agresivamente sus territorios. Los nidos son construidos con forma de pequeños hoyos a poca profundidad y son lugares donde se lleva a cabo el cortejo y el desove. Una vez que la hembra libera sus huevecillos y se lleva a cabo la fertilización, los padres recogen los huevecillos del nido y los incuban y protegen en su boca (incubadores bucales). Una vez que nacen las crías, los alevines son protegidos por los padres por varios días (cuidados parentales) (Chapman, 2000).



X.3 Ubicación Taxonómica

***Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)**
***Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864)**

Reino	Animalia
Phylum	<u>Chordata</u>
Subphylum	<u>Vertebrata</u>
Superclase	<u>Osteichthyes</u>
Clase	<u>Actinopterygii</u>
Subclase	<u>Neopterygii</u>
Infraclase	<u>Teleostei</u>
Superorden	<u>Acanthopterygii</u>
Orden	<u>Perciformes</u>
Suborden	<u>Labroidei</u>
Familia	<u>Cichlidae</u>
Género	<u>Oreochromis</u>
Especies	<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758 <i>Oreochromis aureus</i> Steindachner, 1864

Tomado de Integrated Taxonomic Information System (ITIS), 2005.



Fig. 19. Ejemplar de tilapia *O. niloticus* X *O. aureus* de la Presa Zimapán.



X. 3.1 Concepto de especie e híbrido

El concepto de especie utilizado en el presente trabajo fue definido bajo los términos de especie biológica (Mayr, 1957), taxonómica (Grant, 1989) y evolutiva (Simpson, 1961; Wiley, 1978). De tal forma que se entiende por especie como la unidad básica en la clasificación taxonómica, las especies son grupos de poblaciones morfológicamente similares que se entrecruzan mutuamente y que coexisten en un área determinada en cierto tiempo. Las diferencias entre las especies son dadas de acuerdo a características definidas por las especies involucradas y por el aislamiento reproductivo.

Las especies son unidades que se han definido de diferentes formas, dependiendo del contexto espacio temporal en el que han sido consideradas. Valencia (1991) analizó algunos de las definiciones, sugiriendo que tienen como base los conceptos de especie adimensional, multidimensional (biológica) y morfológica (taxonómica). El resto de los conceptos son herramientas complementarias que contribuyen a la delimitación del grupo.

Por su parte, un híbrido es definido como un organismo que resulta de la cruce entre progenitores que son genéticamente desiguales (Jiménez, 1979).