



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

11
2ij

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

EDAD Y CRECIMIENTO DE LA MOJARRA
(Oreochromis niloticus) EN LA LAGUNA DE
COATETELCO, MORELOS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A N ;
MERCEDES GARDUÑO PAREDES
JUAN AVELAR ESQUIVEL

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO DEMANDA 1/3
DE NUESTRA COLECCION

DIRECTOR: M. EN C. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FEBRERO 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

**EDAD Y CRECIMIENTO DE LA MOJARRA (*Oreochromis niloticus*) EN LA
LAGUNA DE COATETELCO, MORELOS.**

DEDICO ESTE TRABAJO A

MAMA

Porque tu presencia y consejo han sido aliciente
en todos mis pasos haz éste logro mío, tuyo.

PAPA

Por tu constante impulso para seguir adelante y por
ser ejemplo de perseverancia.

**MIS HERMANOS ARA, CHYNTHIA, MARY,
ANGEL, PANCHO, PATY Y CONCHA**

Por su ayuda, curiosidad y amistad en reconocimiento
a tantos desvelos juntos.

LA FAMILIA AVELAR

Por su apoyo y amistad.

JUAN

Por brindarme tu comprensión y cariño
y acompañarme en todo momento.

DEDICO ESTE TRABAJO

A MIS PADRES

Con reconocimiento por ser siempre un ejemplo
a seguir y porque con su cariño y apoyo
es que en este momento puedo
ver realizados mis anhelos.

**A MIS HERMANOS FRANCISCO, LEONEL,
ROSA, ALEJANDRO Y ELENA**

Por su amistad y apoyo, esperando que la realización
de este proyecto los aliente a seguir adelante.

A LA FAMILIA GARDUÑO

Porque siempre me han brindado amistad
y confianza.

A TI, MECHE

Que siempre me has brindado amistad
cariño y amor, y que has sido motivo para
superarme día con día.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al M. en C. José Luis Gómez Márquez, director de la presente tesis por ser guía y colaborador en la realización de la misma, y por la amistad que nos brindó siempre.

Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por sus valiosos comentarios, amistad y apoyo en nuestra formación.

A la Biól. Bertha Peña Mendoza por su amistad y ayuda para realizar este trabajo.

Al Biól. Antonio Valencia Hernández y al Biól. Salvador Hernández Avilés, por sus acertados comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.

A todos los profesores que participaron en nuestra formación y a los que sin ser nuestros maestros nos brindaron su apoyo y amistad.

A nuestros compañeros y amigos, en especial a Benny, Manuel, Alvaro y Mirsa, por su valiosa amistad. A los compañeros del laboratorio de limnología.

A Santos Hernández Fernández, por su colaboración en el trabajo de campo, laboratorio y procesamiento de la información, esperando que siga adelante.

Al personal del Departamento de Promociones y Dictámenes Académicos por su apoyo y amistad.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera han participado con nosotros, no sólo en este momento, sino a lo largo de nuestras vidas. A todos, gracias.

Meche y Juan

INDICE

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
ANTECEDENTES.....	5
DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	9
POSICION TAXONOMICA DE LA TILAPIA.....	11
DIAGNOSIS DE LA FAMILIA CICHLIDAE.....	13
DIAGNOSIS DEL GENERO <i>Oreochromis</i>	14
DIAGNOSIS DE LA ESPECIE <i>Oreochromis niloticus</i>	14
OBJETIVOS.....	15
METODO.....	16
Fase de campo.....	16
Fase de laboratorio.....	16
Fase de gabinete.....	17
RESULTADOS.....	20
Parametros fisico-químicos.....	20
Taxonomía.....	23
Relación peso-longitud.....	24
Factor de condición.....	29
Frecuencia de tallas.....	30
Estructuras óseas.....	32
Crecimiento.....	41
DISCUSION DE RESULTADOS.....	45
Parametros fisico-químicos.....	45
Taxonomía.....	48
Relación peso-longitud.....	49
Factor de condición.....	49
Frecuencia de tallas.....	50
Estructuras óseas.....	52
Crecimiento.....	56
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	61
ANEXO FOTOGRAFICO.....	62
LITERATURA CITADA.....	67

RESUMEN

Se caracterizó a la laguna de Coatetelco como un cuerpo de agua somero, alcalino, de aguas duras y muy productivo (eutrófico).

Se realizó la relación peso-longitud patrón y se encontró un crecimiento alométrico negativo para la población de mojarra (*Oreochromis niloticus*), los valores de pendiente fueron 2.3730, 2.3569 y 2.3716 para la población total, hembras y machos respectivamente y se pudo constatar que no existe diferencia entre el crecimiento de ambos sexos.

Los valores del factor de condición alométrico evidencian la posible presencia de dos épocas reproductivas principales, en enero y en junio.

Se determinó la edad en la mojarra *Oreochromis niloticus* de la Laguna Coatetelco, Mor. mediante tres métodos: Análisis de frecuencia de tallas por el método de Bhattacharya (1967), interpretación de escamas y de hueso opercular. Se reportaron 7 clases de edad mediante análisis de frecuencia de tallas por el método de Bhattacharya para la población total y hembras, mientras que en machos sólo se determinaron 5 clases. El análisis de escamas produjo 5 edades en hembras, machos y población total, en tanto que por lectura de opérculo se detectaron 6 edades.

La validación de las edades obtenidas a partir de estructuras óseas se realizó analizando la periodicidad de las marcas presentes en el borde de las estructuras, así como su relación con eventos ambientales y reproducción. De esta manera se registran dos períodos de formación de anillos en escamas, uno en diciembre-enero y otro en junio-julio y su formación es promovida por la reproducción; para opérculo también existen dos períodos de formación de anillos, uno en enero-febrero y otro en junio, ambos influenciados por eventos reproductivos.

Se evaluó el crecimiento de los peces y las constantes para el modelo de von Bertalanffy se calcularon por los métodos de Ford-Walford (1949) y Beverton y Holt (1957). El crecimiento obtenido por el análisis de frecuencia de tallas a través del método de Bhattacharya ($L_{\infty} = 27.81$, $k = 0.0665$ y $t_0 = -0.5225$) y lectura de escamas ($L_{\infty} = 27.76$, $k = 0.0727$ y $t_0 = -0.5070$) resultó similar y se ajusta a la población en estudio, sin embargo, el método de lectura de hueso opercular ($L_{\infty} = 24.40$, $k = 0.0580$ y $t_0 = -1.3574$) subestima el crecimiento de la población.

EDAD Y CRECIMIENTO DE LA MOJARRA (*Oreochromis niloticus*) EN LA LAGUNA DE COATETELCO, MORELOS.

INTRODUCCION

México posee una inmensa riqueza biológica debido a diversos factores geográficos, geomorfológicos, climáticos y biogeográficos. La diversidad de la fauna ictica representa una riqueza que en muchos casos no ha sido aprovechada con propiedad, en buena parte debido al desconocimiento de los aspectos ecológicos y biológicos de las especies (Hernández y García, 1990). Es por esto, que el conocimiento de las especies acuáticas con las que se cuenta actualmente en nuestros embalses, permite entre otras cosas, ampliar la posibilidad de su conservación o aprovechamiento con el fin de generar fuentes de proteínas de origen animal para el consumo humano, incrementar las fuentes de trabajo derivadas del establecimiento de pesquerías y controlar la invasión de cuerpos de agua por malezas acuáticas (Arredondo, 1983).

Una de las pesquerías más exitosas en nuestro país es la que sostiene la mojarra-tilapia, cuyo potencial biológico le ha permitido adaptarse a los diversos ambientes a donde se les ha trasladado. Su adaptación ha sido amplia, principalmente en las regiones de climas tropicales, y como ejemplo se tiene que para 1993, la producción nacional ascendió a casi 93 mil toneladas (SEPESCA, 1994) siendo las presas Miguel Alemán en Oaxaca, La Angostura en Chiapas, e Infiernillo en Michoacán donde se extrae la mayor parte de la producción nacional de éstas especies (Morales, 1991).

A tres décadas de haberse introducido los primeros ejemplares de tilapia en México, se han podido valorar los efectos benéficos, alimenticios y económicos derivados de éstas especies, las cuales se seleccionaron con base en las oportunidades ecológicas y la realidad social de aquel tiempo. Esto ha generado a nivel nacional más de 10 mil empleos y ha producido más de 300 mil toneladas desde 1972 a la fecha (Morales, *op cit*). De las especies de mojarra que se introdujeron a nuestro país, las más importantes para producción y rendimientos debido a su mejor crecimiento son *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* y algunas especies del género *Tilapia*.

Las actividades establecidas con éstas especies, no sólo se han desarrollado a gran escala como ocurre con las pesquerías más importantes, sino que se han utilizado para poblar pequeños embalses y lagunas (como en Coatetelco), brindando así oportunidades de trabajo y alimentación a las comunidades aledañas a estas zonas.

La mojarra que habita la Laguna de Coatetelco pertenece a la especie *O. niloticus*, cuyos primeros ejemplares llegaron a México en 1976 procedentes de Panamá (Arredondo y Tejeda, 1989). Esta especie fue introducida en la laguna por la Secretaría de Pesca en 1990, con fines de repoblamiento (Pablo Roberto Macedonio, com. pers.). Se pudo constatar que en la Laguna Coatetelco se obtenían buenos rendimientos en la captura de esta especie, y de ahí surgió la inquietud de realizar un estudio encaminado a proponer alternativas de explotación.

En comunidades rurales, aledañas a cuerpos de agua, que actualmente se benefician con actividades pesqueras, como ocurre en el poblado de Coatetelco, se presenta como una necesidad el manejo adecuado del recurso a fin de conservarlo, sostener la pesquería y mejorar los rendimientos. Esto ha despertado interés en los habitantes de la comunidad y es por ello que en este trabajo se planteó el análisis de la edad y el crecimiento comparando resultados obtenidos del análisis de estructuras óseas y de la frecuencia de longitudes relacionados con aspectos ambientales y la época reproductiva con el fin de brindar alternativas de explotación y administración del recurso a mediano plazo sustentadas en el conocimiento biológico pesquero de la población de mojarra-tilapia en la Laguna de Coatetelco.

Para realizar un adecuado manejo y explotación de los recursos pesqueros es necesario realizar estudios sobre la edad y crecimiento de las poblaciones de peces, ya que mediante el conocimiento de los parámetros de crecimiento y la estructura de edad de la población se puede obtener una estimación de la mortalidad (total, natural y por pesca), tamaño poblacional, reclutamiento, selectividad al arte de pesca y otros valores relacionados con su explotación; es por ello que determinar correctamente la edad es fundamental dentro de la biología pesquera.

Existen dos métodos para determinar la edad de los peces: directos, que incluyen marcaje y recapture, colocación de peces con edad conocida en cuerpos de agua experimentales y la lectura e interpretación de marcas de crecimiento en estructuras óseas tales como escamas, otolitos, hueso opercular, vértebras, espinas, radios de aletas y cleitrum, entre otros; e indirectos, los cuales se basan en la distribución de frecuencia de tallas de la población de peces (Gómez, 1994).

La interpretación de la edad a partir de cualquier estructura ósea del pez está basada en el supuesto de que las marcas periódicas se forman a una frecuencia constante y que la distancia entre las marcas consecutivas es proporcional al crecimiento del pez (Campane y Neilson, 1985).

El crecimiento de los peces, además de estar determinado por factores genéticos, en hábitats naturales está influenciado por factores ambientales tales como temperatura,

duración del día, disponibilidad de alimento, salinidad, etc. En regiones templadas muchos de estos factores muestran ritmos estacionales distintos, de manera que los peces que ahí viven tienen ciclos asincrónicos de alimentación, crecimiento y reproducción. Como consecuencia, es natural que en una población dada se puedan encontrar varios grupos de tallas que representan peces con edad semejante (cohortes); ello simplifica el estudio de edad y crecimiento puesto que puede ser fácilmente determinado del análisis de frecuencia de tallas. También resulta fácil la determinación de edad mediante interpretación de estructuras óseas (como escamas u otolitos) en estas especies a consecuencia de la marcada estacionalidad a que se ven sometidos (Morales-Nin, 1989).

En los climas tropicales, donde los ciclidos se encuentran predominantemente, los ciclos estacionales no son muy marcados y el crecimiento de las especies tiende a ser continuo, esto implica cierta desventaja en la aplicación de los métodos de análisis de frecuencia de tallas para la determinación de edad, en tanto que las estructuras óseas pueden resultar muy útiles si se define claramente su periodicidad debida a factores ambientales o endógenos, que no siempre es anual como ocurre en especies de lugares templados (Weatherley y Gill, 1987; Morales-Nin, 1989).

ANTECEDENTES

Arredondo y Guzmán (1985) analizan la situación taxonómica actual de las tilapias introducidas en nuestro país, así como la problemática de su manejo, cultivo y fomento, además proporcionan una diagnosis de la tribu Tilapiini y presentan la clave para la identificación de las diferentes especies.

En el mismo contexto, Arredondo y Tejeda (1989) describen micro y macroscópicamente los huesos faríngeos de cinco especies de tilapias como criterio para corroborar su identificación taxonómica.

En cuanto a trabajos referidos a aspectos biológicos, poblacionales y pesqueros del género *Oreochromis*, se puede mencionar lo realizado por Alejo *et al* (1989), quienes analizan algunos aspectos ecológicos, reproductivos y poblacionales de *O. mossambicus* en la laguna El Rodeo. Estos autores reportan un crecimiento alométrico negativo para la especie, obtienen 7 clases de edad por el método de Bhattacharya, 7 edades por medio de la lectura de escamas y encuentran mayor crecimiento en machos que en hembras. Además obtienen una longitud asíntota de 13.95 para hembras y 14.05 para machos.

Gómez *et al* (1993) describen algunos aspectos del ciclo reproductivo de *O. mossambicus* en la laguna "El Rodeo", que incluyen fecundidad, estadios de madurez gonádica, frecuencia de tallas, épocas reproductivas, proporción de sexos y talla de primera madurez sexual.

Blas y Ponce (1990) analizan el crecimiento de dos variedades de *O. mossambicus* (roja y rayada) en estanques, tomando en cuenta la relación peso-longitud, análisis de frecuencia de tallas y evaluación del crecimiento mediante el modelo de von Bertalanffy.

Mainardes-Pinto *et al* (1986) hacen un estudio comparativo del crecimiento de *Oreochromis spp.* en cultivos monosexuales, donde analizan las relaciones morfométricas y la variación del factor de condición; encuentran que los valores medios del factor de condición varían de 0.0198 a 0.0233 para híbridos, de 0.0145 a 0.0170 para hembras y de 0.0130 a 0.0178 para machos de *O. niloticus*.

Garduño *et al* (1993) determinan el crecimiento para la Tilapia *Oreochromis mossambicus* a través del método de Bhattacharya y el uso de estructuras óseas (escamas). Mediante el método de Bhattacharya se obtuvieron 6 clases de edad y una longitud máxima de 23.34 cm, mientras que con escamas se observaron 6 anillos de crecimiento y una longitud asíntota de 19.73 cm.

Guzmán (1994) determina la edad para *O. aureus* en la presa "El Infiernillo", Michoacán-Guerrero. Encontró 6 edades basándose en la lectura de anillos de

crecimiento en escamas con organismos de captura comercial en el periodo de agosto de 1991 a julio de 1992. Reporta un crecimiento alométrico para la población y constantes de crecimiento para el modelo de von Bertalanffy de : $L_{\infty} = 406.41$ mm, $k = 0.111$ y $t_0 = -1.121$.

Palacios (1995) determina grupos de edad por tres métodos indirectos para *O. aureus*: Petersen, Cassie y Bhattacharya y obtiene 6 clases de talla para cada sexo con este último. Encontró que las hembras presentan una mayor tasa de catabolismo (0.1309) con respecto a los machos (0.1724) pero alcanzan una mayor longitud asintótica ($L_{\infty} = 56.8$).

En cuanto a determinaciones de edad y crecimiento los trabajos son numerosos, como ejemplo, Fagade (1974) determina la edad y el crecimiento con la interpretación de marcas en el hueso opercular de *Tilapia melanotheron* y encuentra que esta especie en la Laguna Lagos en Nigeria, raramente sobrepasa los 4 años de edad. Menciona que el mayor problema es esclarecer el tiempo en que se forman los anillos de crecimiento, que reporta ocurre de junio a octubre y que asocia con eventos reproductivos.

Blake y Blake (1978) determinan la edad en *Labeo senegalensis* utilizando marcas en escamas y hueso opercular, además de realizar la relación entre el largo del hueso opercular y la longitud total del pez que resulta ser potencial. Las marcas en escamas fueron difíciles de interpretar por lo que sólo utilizan opérculo. Reportan que los anillos se forman dos veces por año, en enero y en junio-julio.

Gallardo-Cabello (1986) realiza un análisis de frecuencia de tallas en *Phycis blennoides*; emplea los métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya para la determinación de edad en esta especie. Reporta que la aplicación de éste último método da resultados más adecuados.

Beamish y McFarlane (1987) realizan una recopilación y análisis de los estudios más importantes sobre determinación de edad en peces, a partir del descubrimiento de los incrementos diarios de crecimiento. Encuentran que en muchos trabajos se subestima la edad real al utilizar el método de escamas, por lo que resaltan la necesidad de evaluar el error en la determinación, sobre todo en peces viejos, además de utilizar alternativamente otras estructuras (otolitos, opérculo, vértebras, radios de aletas, cleitrum).

Brennan y Cailliet (1989) comparan los patrones de crecimiento de clavículas, cleitrum, huesos operculares, vértebras, escudos dorsales y radios de aleta pectoral para el esturión de California (*Acipenser transmontanus*). Las secciones de radios de aletas pectorales fueron las estructuras más prácticas para la determinación de edad en términos de su fácil colección, procesamiento, legibilidad y precisión de interpretación. La

precisión de las lecturas en cada estructura fue buena, pero entre las diferentes estructuras fue pobre.

Baker y Timmons (1991) estiman la edad de *Salvelinus alpinus* a partir de otolitos (algunos observados superficialmente y otros cortados y quemados), vértebras, cleitrum, hueso opercular y subopercular. Se hicieron 6 lecturas con revisión de cada estructura tres veces y la precisión de las estimaciones fue comparada con medias, diferencias de edad y análisis de varianza. Las estimaciones de otolitos examinados superficialmente fueron las más precisas.

Donald, et al (1992) determinan la edad de peces adultos de *Hiodon alosoides*. Estiman la edad promedio a partir de escamas y opérculo que resultó ser de 8.5 y 14.8 años promedio de edad respectivamente. Concluyen que el hueso opercular da estimaciones más correctas de la edad que las escamas para esta población, ya que el método de escamas subestima la edad.

Loubens y Panfili (1992) determinan la edad de *Prochilodus nigricans*, por comparación de varias preparaciones, observaciones y lecturas repetitivas en diferentes estructuras calcificadas (escamas, otolitos, radios dorsales y huesos operculares) las marcas de crecimiento en escamas dieron la mejor determinación de la edad para esta especie. La validación de las marcas se hizo directamente por medición de la distancia entre la última marca y el margen de la escama, e indirectamente por retrocálculo de la longitud al primer anillo, comparándola con la longitud real.

Treasurer (1994) evalúa la edad y crecimiento de 5 especies de la familia Labridae en Escocia. Determina la edad utilizando tres estructuras duras (otolitos, escamas y hueso opercular) para cada especie. Emplea el modelo de crecimiento de von Bertalanffy para dos especies, encuentra que el crecimiento es mayor en machos que en hembras, también reporta que el crecimiento de las especies capturadas en las áreas de latitud media de Escocia fue más rápido que para las capturadas en latitudes más al norte.

En relación a *Oreochromis niloticus*, Zhang et al (1991) proponen una nueva técnica de preparación de otolitos para analizar los incrementos diarios; Zhang y Runham, (1992), describen la microestructura de los otolitos de esta especie y la naturaleza de los incrementos diarios, subdiarios y nuevo centro de crecimiento en peces juveniles y adultos.

Córdova (1994) determina el crecimiento de la mojarra *O. niloticus* en acuarios de 30 l bajo condiciones controladas de densidad, temperatura y fotoperiodo en laboratorio. Encuentra que no hay diferencia estadísticamente significativa en el crecimiento para las densidades de 4, 6 y 8 organismos, reporta que a temperatura de 30 °C y luz continua,

tanto la longitud como el peso de los animales es afectado en forma positiva, acelerando el crecimiento en etapas tempranas.

Flores (1994) evalúa el crecimiento de *O. niloticus* con fertilización orgánica y química en estanques de concreto en la Ciudad de México. Determina la edad con el método de Bhattacharya y encuentra 5 clases de edad para ambos tipos de fertilización. Para la ecuación de von Bertalanffy, obtuvo valores de L_{∞} de 20.17 con el tratamiento químico y 17.5 con el tratamiento orgánico.

Al respecto de la Laguna Coatepec, no existen estudios referentes a aspectos biológicos y poblacionales de peces. Granados (1990) realiza la caracterización física y química de la laguna, así como un estudio de la productividad fito y zooplanctónica.

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La laguna "Coatetelco" se localiza en la vertiente sur de la Sierra Volcánica Transversal y forma parte de la cuenca del Río Balsas. Se encuentra entre los 18° 45' de latitud norte y los 99° 20' de longitud oeste (Fig. 1), a una altura de 1100 msnm y pertenece al municipio de Miaatlán, Morelos (S.P.P., 1981).

El tipo de clima de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973) es Aw" (w) (i) g, cálido subhúmedo con lluvias en verano y canícula, con marcha de temperatura tipo ganges y un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm. La precipitación media anual fluctúa entre los 800 y 1000 mm y la temperatura media anual es de 24 a 26 °C. La temperatura más alta se presenta en mayo y es de 32 a 33 °C, y la más baja se registra en diciembre y enero con valores de 20 a 21 °C. La precipitación máxima se presenta en septiembre con lluvias que oscilan entre 190 y 200 mm, la mínima ocurre en febrero, marzo y diciembre con un valor menor a los 5 mm (S.P.P., 1981).

La vegetación que se encuentra en los alrededores de la laguna es selva baja caducifolia donde predomina el huizache (*Acacia sp.*), además de que existen cultivos de temporal, principalmente maíz.

Los tipos de suelo que predominan alrededor de la laguna son: al norte feozem háplico y vertisol pélico de textura media a fina, y al oeste regosol eútrico y litosol de textura media. De acuerdo a la geología, el sistema acuático yace en rocas calcáreas y anhidritas de formaciones cretácicas sobre las que se formó por disolución.

La superficie que abarca la laguna es de 150 ha (Arredondo y Aguilar, 1987) con una profundidad media de 1.5 m (Granados, 1990). La máxima transparencia es de 30 cm, temperatura media de 26.5 °C y 6.8 mg/l de oxígeno en promedio, con pH en el intervalo de 7.2 a 9.6. Los valores de conductividad oscilan entre 1300 y 3000 µmhos, en tanto que la alcalinidad es de 49 mg/l y la dureza total es de 195.8 mg/l.

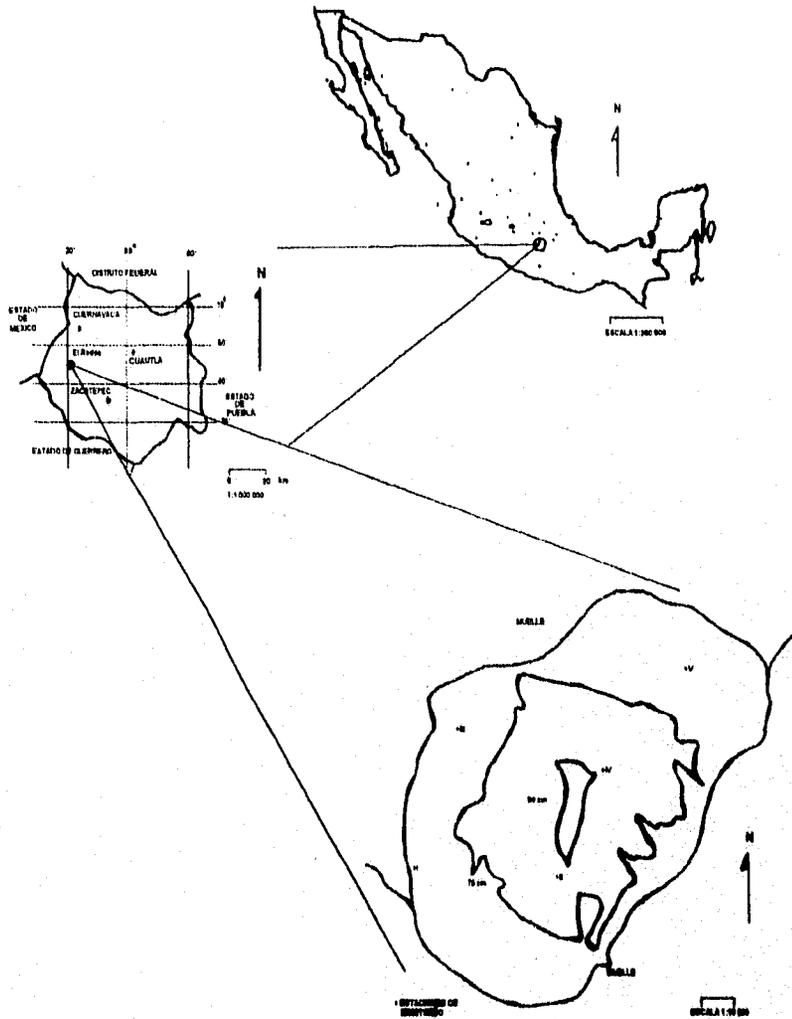


FIGURA 1. Localización del área de estudio

POSICION TAXONOMICA DE LA TILAPIA

La siguiente clasificación se realiza a nivel de orden de acuerdo al criterio de Nelson, 1984 (Evans, 1993) y a nivel de especie según Trewavas, 1983 (Morales, 1991) (Figura 2).

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Gnathostomala
Serie	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Infraclase	Neopterygii
División	Halacostomi
Subdivisión	Teleostei
Infradivisión	Euteleostei
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidae
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus (1757)

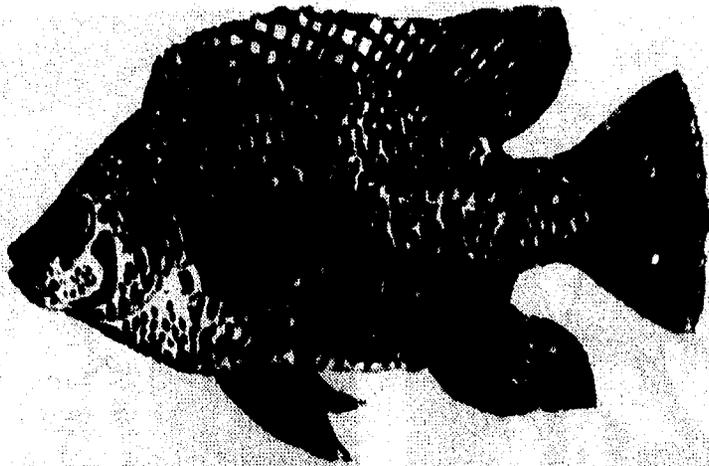


Figura 2. *Oreochromis niloticus*

DIAGNOSIS DE LA FAMILIA CICHLIDAE

La familia Cichlidae se caracteriza por tener especies de coloración muy atractiva, principalmente las nativas de Africa, America Central y la parte tropical de Sudamerica.

Los ciclidos se diferencian de la mayoría de los peces de agua dulce por tener sólo un orificio nasal a cada lado de la cabeza que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies, la cabeza del macho es invariablemente más grande que la de la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza .

La boca es protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Pueden o no presentar un puente camoso que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media, debajo del labio. Presentan membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios braquiostegos y un número variable de branquiespinas, según las diferentes especies. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es siempre corta, consta de varias espinas y la parte terminal es de radios suaves, que en los machos suelen estar fuertemente pigmentados. La aleta caudal está redondeada, trunca o muy raramente escotada, según la especie.

La línea lateral está interrumpida y se presenta generalmente dividida en dos partes; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que la porción inferior aparece varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal. Presentan escamas de tipo cicloideo. El número de vértebras aumenta con la edad y puede ser de 8 a 40.

Los ciclidos viven en aguas estancadas o inactivas y encuentran buenos escondites en las márgenes de los pantanos, bajo el remaje, entre piedras y raíces de las plantas acuáticas. Poseen una gran habilidad para colonizar lagos y otros cuerpos de agua, aún en presencia de depredadores y de una fuerte competencia. Esta adaptación evolutiva puede ser atribuida a una característica morfológica de gran versatilidad, el complejo mandibular-faríngeo (Moreales, 1981; SI:PESCA-UAM, 1984).

DIAGNOSIS DEL GENERO *Oreochromis*

Son especies preferentemente planctófagas. Presentan entre 14 y 19 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial.

Desovan pocos huevos (menos de 2000), los cuales tienen gran cantidad de vitelo color amarillo naranja, cuya diámetro es de 2.2 a 4.3 mm y no presentan cubierta adherente externa.

El macho desarrolla una coloración muy marcada en la época de reproducción y fija su territorio en donde establece su nido. Es polígamo y usa el nido como sitio temporal para el cortejo y fertilización de los huevos. El periodo prenupcial es corto. Las hembras guardan los huevos y alevines en la boca, por lo que la supervivencia en estas especies es alta.

Los organismos de la especie *Oreochromis niloticus* tienen una coloración grisácea oscura (en el periodo de reproducción se aclara), son características de esta especie franjas negras bien definidas y verticales en la aleta caudal, dorsal y anal, el margen superior de la aleta dorsal es negro o gris. Durante la reproducción, los machos presentan en la superficie ventral del cuerpo y las aletas anal, dorsal y pélvicas color gris oscuro (SEPESCA-UAM, 1994).

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE *Oreochromis niloticus*

Esta especie tiene de 19 a 22 braquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; aleta dorsal XVII-XVIII (moda XVII), 12-13; aleta anal III, 10-11; aleta pélvica I, 5; aletas pectorales 15. Posee de 30 a 32 escamas en una serie longitudinal (Figura 2).

La coloración del cuerpo es rosada a morado oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro, la cabeza rojo púrpura, el vientre rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finas. El color de los ojos es rosado claro y el perfil frontal es convexo (Arredondo y Guzmán, 1985).

El hueso faríngeo presenta un área dentada con una densidad baja. En la parte superior presenta dientes bicúspides y en la parte inferior monocúspides, curvados hacia atrás. La pigmentación se presenta sólo en la parte superior del área dentada.

Los lóbulos superiores del hueso faríngeo están poco desarrollados y el área dentada no está cubierta por completo por los dientes y su densidad es irregular (Arredondo y Tejeda, 1989).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Obtener la edad de la mojarra (*Oreochromis niloticus* L.) mediante tres métodos, el crecimiento y su relación con las condiciones ambientales de la Laguna de Coatetelco, Morelos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Obtener la relación peso-longitud y determinar los cambios de condición en la población.

- Obtener la estructura de edad de la población con base en el análisis de estructuras óseas (escamas y hueso opercular) y el análisis de frecuencia de tallas por el método de Bhattacharya (1967).

- Probar la exactitud de las determinaciones de edad mediante la validación de los métodos utilizados.

- Determinar las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para los tres procedimientos de determinación de edad.

- Comparar las estimaciones de crecimiento obtenidas por los diferentes métodos para elegir la que mejor se ajuste a la población en estudio.

- Analizar algunos aspectos poblacionales (condición, crecimiento) y la formación de anillos, en relación a las condiciones hidrológicas de la Laguna Coatetelco, Morelos.

METODO

Para cumplir con los objetivos planteados, el trabajo se dividió en tres fases: de campo, laboratorio y gabinete.

FASE DE CAMPO

Se establecieron cinco estaciones representativas de las diferentes zonas que presentaba la laguna (Figura 1). Los muestreos mensuales, tanto de peces como de agua, se realizaron de enero de 1993 a enero de 1994. En cada sitio se determinaron los siguientes parámetros: temperatura ambiental y del agua (con un termómetro de $\pm 1^\circ$ C de precisión), nubosidad (Leaveastu, 1971), pH (con un potenciómetro de campo Coming de ± 0.01 de precisión), conductividad eléctrica (con un conductímetro de campo Corning de ± 1 μ mho de precisión), transparencia (mediante el disco de Secchi), profundidad, fecha y hora del muestreo.

Para la toma de muestras de agua se utilizó una botella Van Dorn de 2 l de capacidad y fueron almacenadas en botellas de plástico de 1 l para la determinación de los parámetros químicos: oxígeno disuelto, bióxido de carbono, alcalinidad, dureza de calcio y dureza total, de acuerdo a los siguientes métodos (APHA, 1980):

-Oxígeno disuelto: por el método de Winkler con la modificación de la azida de sodio.

-CO₂ : por el método volumétrico.

-Alcalinidad: por el método de indicadores.

-Dureza total y de calcio: por el método complejométrico.

Las muestras de peces se tomaron a partir de las capturas comerciales que se hacen en la zona. Se realizó la biometría de 100 organismos, los cuales se sexaron atendiendo a diferencias sexuales externas. Además se tomó una muestra de la captura (30 organismos) los cuales se colocaron en botes de plástico opacos a los que se les adicionó formol al 10% para su fijación.

La biometría de los organismos en campo se tomó con un ictiómetro convencional considerando las siguientes características: longitud total, longitud patrón y altura, así como el peso total con una balanza digital de 0.1 g de precisión.

FASE DE LABORATORIO

Se realizó la determinación taxonómica de la especie utilizando para ello las claves propuestas por Arredondo y Guzmán, (1985), así como el criterio del hueso faríngeo (Arredondo y Tejeda, 1989) (Figura 29, anexo fotográfico).

Una vez lavados los peces fijados, se midieron y pesaron al igual que los de campo, para posteriormente realizar una incisión a nivel ventral para extraer y pesar las gónadas. Durante la extracción de las gónadas se determinó el sexo de los organismos y el estadio de madurez gonádica basada en la escala propuesta por Nikolsky, (1963) y Rosas, (1981).

Para la determinación directa de la edad de los organismos (mediante análisis de estructuras óseas), se tomó una muestra de escamas (15 a 20) del costado izquierdo por debajo de la línea lateral y por encima de la aleta pectoral (Bagenal y Tesch, 1978), así como los huesos operculares (Figura 30, anexo fotográfico) a cada organismo. Ambas estructuras se colocaron por espacio de 24 horas en solución de hidróxido de amonio al 5%, y posteriormente fueron lavadas con agua para retirar los excesos de tejido (Bagenal y Tesch, 1978, Leaveastu, 1971). Una vez hecho esto se montaron entre dos portaobjetos, unidos con cinta adhesiva y se les colocó una etiqueta con su número correspondiente, para después reconocer y medir el radio de los anillos de crecimiento presentes en las escamas y huesos operculares con ayuda de un proyector de transparencias. Las mediciones se realizaron a partir del foco de la escama u opérculo hasta el radio de cada uno de los anillos presentes y al borde de la estructura (Figura 31. A-B, anexo fotográfico).

FASE DE GABINETE

La relación peso-longitud se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$W = aL^b$$

Donde:

W = Peso total

L = Longitud patrón

a y b = constantes

para linearizar la relación se aplican logaritmos, y así la ecuación se transforma en:

$$\log W = \log a + b \log L$$

y con un análisis de regresión con el método de mínimos cuadrados (Marques, 1988) se obtienen los valores de a y b. Cuando $b = 3$ se tiene un crecimiento isométrico, mientras que si es diferente de 3 el crecimiento es alométrico (Ricker, 1975).

Este análisis se efectuó para la población total, así como para hembras y machos por separado. Se analizaron los valores de pendiente obtenidos en cada una de las regresiones anteriores con el fin de verificar su igualdad o desigualdad con tres, y así definir el tipo de crecimiento.

También se compararon las pendientes de las regresiones para hembras y machos mediante una prueba de "t" student (Sokal y Rolf, 1981) para determinar si existe diferencia en el crecimiento entre ambos sexos.

Se determinó el factor de condición alométrico (Ricker, 1975) utilizando la ecuación:

$$K = W/L^b$$

donde:

K = Factor de condición alométrico

W = Peso total de los organismos

L = Longitud patrón de los organismos

b = Pendiente de la relación peso-longitud.

Para estimar indirectamente la edad se utilizó el análisis de frecuencia de tallas a través del método de Bhattacharya (1967); dicho método se procesó utilizando el promedio móvil de 3 como suavizador de la frecuencia en el módulo MPA del paquete ELEFAN (Pauly, 1987).

La determinación directa de la edad mediante las marcas presentes en las escamas y hueso opercular se realizó utilizando el método de retrocálculo (Youngs y Everhart, 1981; Gómez, 1984), cuya ecuación es la siguiente:

$$l_n = \frac{r_n}{R}(L - c) + c$$

donde:

l_n = Longitud del pez cuando el anillo n fue formado

r_n = Radio del anillo n

R = Radio de la estructura ósea (escama u opérculo)

L = Longitud patrón del pez cuando se obtiene la escama u opérculo

c = Intercepto de la relación radio de la estructura ósea-longitud patrón del pez.

Se aplicó análisis de residuos (Curtis, 1984) a las regresiones para verificar la bondad del ajuste y después retrocalcular las longitudes. Obtenidas las longitudes correspondientes a cada edad, se utilizó el diagrama de cajas con muesca para visualizar su dispersión y determinar si los grupos corresponden a edades distintas. También se obtuvo el promedio de longitud para cada edad.

En la validación de las edades determinadas a partir de estructuras óseas se recurrió a: la periodicidad de las marcas de crecimiento presentes en el borde de las estructuras, análisis de frecuencia de tallas, la posible relación de la época de reproducción con la formación de anillos y comparación con la edad obtenida por

estructuras óseas de organismos de edad conocida mantenidos en condiciones de laboratorio.

El crecimiento de los organismos se determinó empleando el modelo de von Bertalanffy (in Ricker, 1975):

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

cuya ecuación ponderal es:

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

donde:

L_{∞} = longitud asintótica del pez

W_{∞} = peso asintótico del pez

k = Tasa de crecimiento ó constante de catabolismo

t = Edad

t_0 = tiempo teórico de inicio de crecimiento cuando $L_t = 0$ y $W_t = 0$

b = pendiente de la regresión peso-longitud.

L_{∞} , W_{∞} , k y t_0 se calcularon por los siguientes métodos: Ford-Walford (1949), Gulland (1964) y Beverton y Holt (1957) (Gulland, 1971; Ricker, 1975; Gómez, 1994).

Los parámetros físicos y químicos se analizaron gráficamente para observar su comportamiento a través del tiempo en la laguna y su relación con el crecimiento de la población de mojarra-tilapia (*Oreochromis niloticus*), para lo que se utilizó el análisis exploratorio de datos.

RESULTADOS

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

Las condiciones ambientales y de calidad de agua prevalentes en la Laguna durante el período de estudio están representados en la siguiente serie de gráficas.

En la figura 3 se presenta la variación de la profundidad en la Laguna de Coatetelco durante el período de estudio. Se observa que ésta disminuye gradualmente hasta alcanzar valores menores a 40 cm en diciembre.

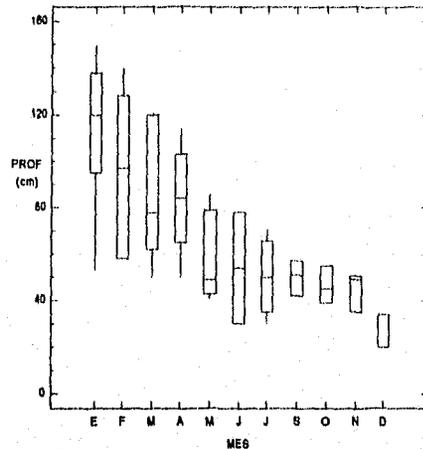


Figura 3. Comportamiento de la profundidad en la Laguna Coatetelco, Mor., durante el período de estudio.

Con respecto a la temperatura ambiente (Figura 4), ésta fue variable, con máximo de 33 °C en mayo y mínimo de 25.5 °C en enero. Asimismo, la temperatura del agua en la Laguna presentó comportamiento similar, donde en general las temperaturas sobrepasan los 22 °C con máximo de 30.5 °C en el mes de septiembre y mínimo en febrero.

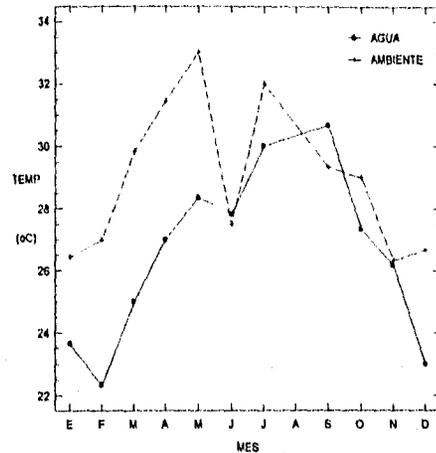


FIGURA 4. Comportamiento de la temperatura promedio del ambiente y del agua en la Laguna Coatetelco, Mor., durante el periodo de estudio.

Los valores de pH registrados para la Laguna están por encima de 8.5, y llega incluso a 9.3 en marzo, manteniéndose constante en esos niveles en el segundo semestre del año (Figura 5). En cuanto al oxígeno disuelto se encontraron valores por encima de 5 ppm con un máximo de 9.5 ppm en septiembre y mínimo de 4.0 ppm en junio (Figura 5).

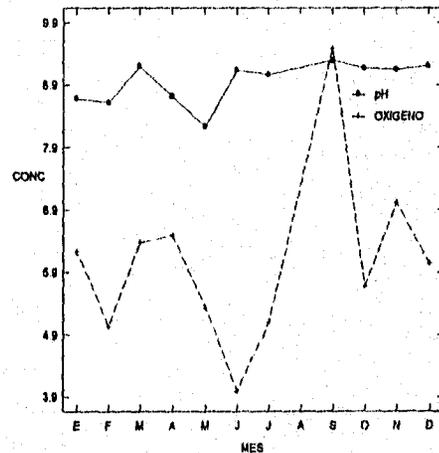


FIGURA 5. Comportamiento de los valores promedio de oxígeno y pH en la Laguna Coatetelco, Mor., durante el periodo de estudio.

La alcalinidad presentó tendencia a aumentar durante la primera mitad del año para disminuir después de julio. El valor máximo fue de 500 mg/l en julio y el mínimo registrado fue de 340 mg/l en marzo. En contraparte, la dureza total se mantiene constante aproximadamente en 230 mg/l durante el primer semestre del año para disminuir a partir de julio hasta un mínimo en septiembre con 130 mg/l (Figura 6).

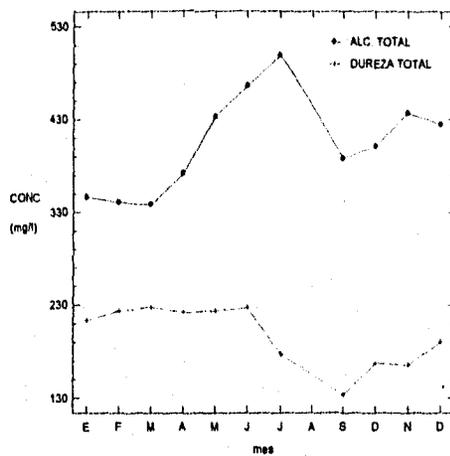


FIGURA 6. Variación de los valores promedio de alcalinidad y dureza total en la Laguna Coatetelco, Mor.

En la tabla 1 se muestra la variación de la transparencia y conductividad promedio por mes en la laguna Coatetelco. Se aprecia un decremento en la visibilidad al disco de Secchi (V.D.S.) con un mínimo en diciembre de 7.7 cm, en tanto que la conductividad es variable a lo largo del año.

TABLA 1. Valores promedio mensuales de V. D. S. y conductividad en la laguna Coatetelco, Mor.

MES	V.D.S.	COND.
Enero	26.9	1539
Febrero	21.9	748
Marzo	18.9	869
Abril	15.1	977
Mayo	11.1	916
Junio	9.33	1177
Julio	9.25	949
Sept.	8.50	781
Octubre	9.70	959
Nov.	9.00	574
Diciembre	7.70	1235

TAXONOMIA

En la tabla 2 se presentan algunas de las características para la determinación taxonómica de *O. niloticus*. Puede notarse que los valores son iguales tanto para la media como para la mediana y la moda, a excepción de las escamas de la serie longitudinal, en donde la media es 32 y la mediana y moda es 33.

TABLA 2. Características corporales de la mojarra *O. niloticus* consideradas para la determinación taxonómica

PARAMETRO	MEDIA	MEDIANA	MODA
Branquiespinas	21	21	21
Dorsal	XVI-12	XVI-12	XVI-12
Anal	III-10	III-10	III-10
Pectoral	14	14	14
Pélvica	I-5	I-5	I-5
Escamas serie longitudinal	32	33	33
Escamas serie transversal	16	16	16

El hueso faríngeo presentó dientes bicúspides en la parte superior y monocúspides en la parte inferior ambos curvados hacia atrás. La densidad de ellos fue baja y la pigmentación se encontró sólo en la parte superior (en los dientes bicúspides). En promedio el largo fue de 1.0 cm y el ancho es de 1.14 cm, por lo que el hueso faríngeo es mas ancho que largo.

RELACION PESO-LONGITUD

En la tabla 3 se presenta el número de organismos con los que se trabajó, separados por mes y sexo.

TABLA 3. Número de organismos medidos por mes, hembras y machos de *O. niloticus*.

MES	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL
ENERO	63	37	100
FEBRERO	42	58	100
MARZO	40	60	100
ABRIL	43	57	100
MAYO	54	45	99
JUNIO	57	43	100
JULIO	55	45	100
AGOSTO	-	-	-
SEPTIEMBRE	30	16	46
OCTUBRE	47	52	99
NOVIEMBRE	65	35	100
DICIEMBRE	36	66	102
ENERO-94	36	64	100

Para determinar el tipo de crecimiento que presentó la población de *Oreochromis niloticus* se realizó el análisis de la regresión de la longitud (total y patrón) contra el peso de los organismos, de lo cual se obtuvo la siguiente tabla:

TABLA 4. Análisis de regresión de la relación peso-longitud total y patrón para la población de *O. niloticus*.

	Longitud total (cm)	Longitud patrón (cm)
MODELO	$W = 0.0559L^{2.3241}$	$W = 0.1515L^{2.3730}$
r ²	0.9018	0.8864
SE	0.1059	0.1130
n	1147	1147

Aunque la longitud total presenta una mejor asociación con el peso, se decidió trabajar con la longitud patrón ya que ésta fue la que mostró mejor relación con las medidas de las estructuras óseas implicadas en este estudio.

Se muestra el gráfico de dispersión, la línea de ajuste, el intervalo de confianza y los límites de predicción de la relación peso-longitud patrón global para la población estudiada (Figura 7). El gráfico muestra un comportamiento potencial y gran dispersión, por ello se revisó el diagrama de residuos (Figura 8) que exhibe una distribución aleatoria alrededor de cero, se presentaron algunos casos fuera del comportamiento general ya que sobrepasan 2.5. Se revisaron los datos de campo y archivos de datos para detectar posibles errores de transcripción. Sin embargo éstos corresponden a organismos cuyo peso se dispersa en relación al comportamiento general, lo cual podría deberse a un error en la medición del peso, ya fuera por que la balanza no estuviera tarada, o bien que sea el peso real para un organismo muy gordos, que acababan de comer, o bien presentarían gónadas en estado de madurez desarrollado. En cuanto a los organismos que presentan un peso menor al general de la población podría tratarse de hembras que hubieran estado incubando y por lo tanto no se alimentaban o peces delgados y largos.

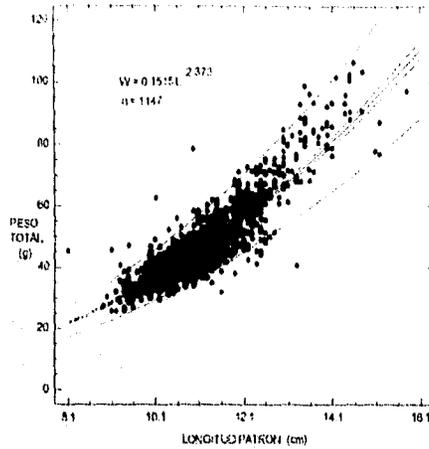


FIGURA 7. Relación peso-longitud patrón para la población total de *O. niloticus* de la Laguna Coatetelco, Mor.

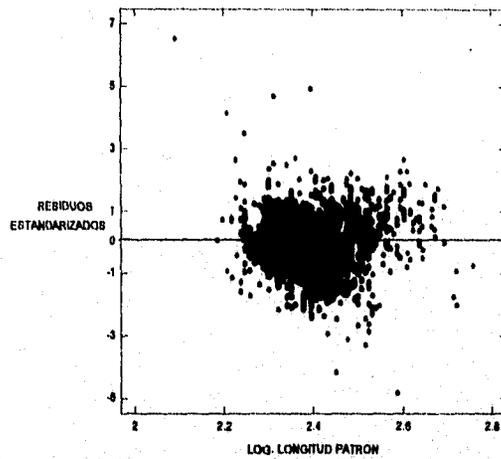


FIGURA 8. Gráfico de dispersión de los residuos de la relación peso-longitud para el total de organismos de *O. niloticus*.

De la misma manera se trabajó la relación peso-longitud patrón por separado para cada sexo, con el fin de determinar si existía diferencia en su crecimiento. El gráfico para hembras se presenta en la Figura 9 y los residuos de la regresión (Figura 10) muestran una distribución homogénea alrededor de cero, con la presencia de algunos casos extraordinarios que ya se explicaron anteriormente.

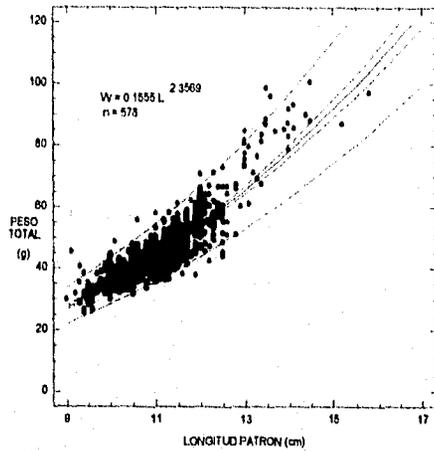


FIGURA 9. Relación peso-longitud patrón para las hembras de *O. niloticus* de la Laguna Coatetelco, Mor.

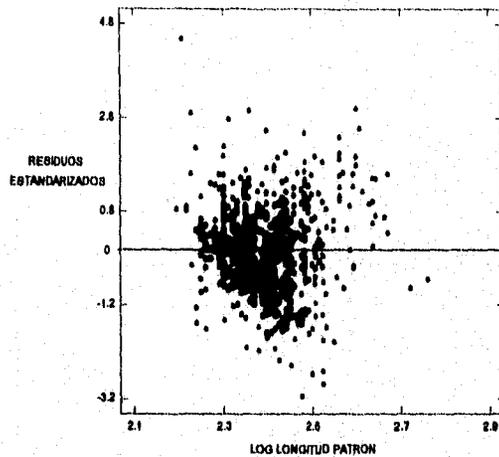


FIGURA 10. Gráfico de dispersión de los residuos de la relación peso-longitud para hembras de *O. niloticus*.

También se muestra la relación peso-longitud patrón para machos de *Oreochromis niloticus* (Figura 11) con sus respectivos residuos (Figura 12), que se disponen homogéneamente alrededor de cero, a excepción de algunos casos que salen del comportamiento general y que ya se han explicado antes.

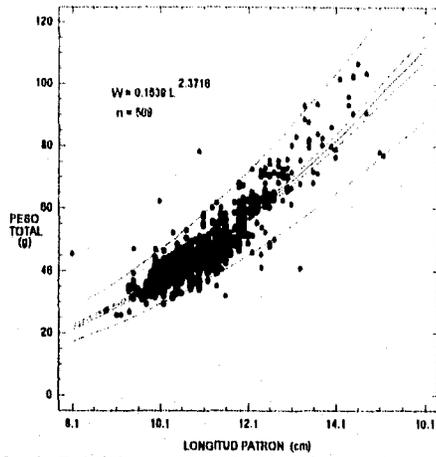


FIGURA 11. Relación peso-longitud patrón para los machos de *O. niloticus* de la Laguna Coatepeco, Mor.

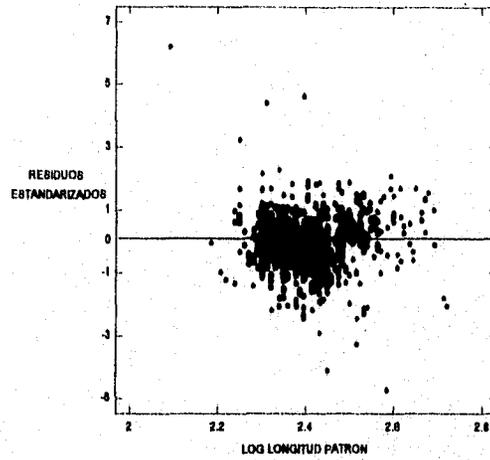


FIGURA 12. Gráfico de dispersión de los residuos de la relación peso-longitud para machos de *O. niloticus*.

En la tabla 5 se presentan los resultados de la prueba de "t" student ($p < 0.05$), e indican que la pendiente es diferente de 3 para la población, hembras y machos. Al realizar la comparación de pendientes de machos y hembras, se encontró que no existe diferencia significativa entre ambas.

TABLA 5. Prueba de "t" para las pendientes obtenidas de la regresión peso-longitud patrón en hembras, machos y población total.

	PENDIENTE	PRUEBA DE "t"	VALOR TEORICO	n	SE ACEPTA O RECHAZA H ₀
TOTAL	2.373	-207.41	1.96	1147	SE RECHAZA
HEMBRAS	2.357	-142.49	1.96	578	SE RECHAZA
MACHOS	2.371	-154.97	1.96	569	SE RECHAZA

FACTOR DE CONDICION

En la figura 13 se muestra el comportamiento del factor de condición alométrico por mes para la población en estudio por medio de diagramas de caja. Los valores de mediana máximos se presentan en enero de 1993 y disminuyen gradualmente hasta el mes de junio en que ocurren los valores mínimos de condición para la población. Se observa además la presencia de una serie de casos atípicos a partir de julio en todas las cajas. Cabe mencionar que en agosto no se presentan valores pues en ese mes no se realizó muestreo.

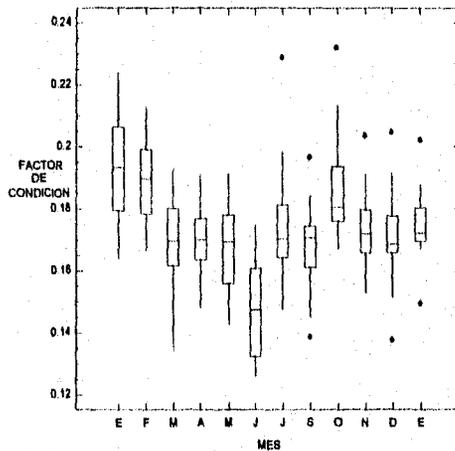


FIGURA 13. Variación del Factor de Condición de Fulton a lo largo del año para la población de *O. niloticus*.

FRECUENCIA DE TALLAS

La figura 14 muestra la variación de las tallas a lo largo del tiempo para la mojarra de la Laguna Coatepeco. Puede verse que a partir de abril el rango de tallas tiende a ser menor, aunque se nota la presencia de organismos de tallas más grandes (denotados por los casos extraordinarios). Hacia julio hay un nuevo aumento en las longitudes de los peces, sin embargo éstas decaen nuevamente en los meses restantes, aún cuando la captura total diaria efectuada por los pescadores permanece casi constante a lo largo del estudio, a excepción del mes de septiembre.

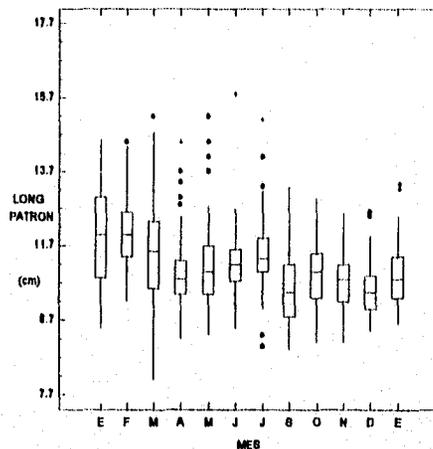


FIGURA 14. Variación de las tallas de *O. niloticus* a lo largo del año en la Laguna Coatepeco, Mor.

En la siguiente gráfica se muestra la distribución de frecuencia de tallas mensual para la población de *O. niloticus* en la Laguna de Coatepeco (Figura 15). En ella se puede observar que en general la longitud patrón oscila desde 7.7 cm en marzo hasta 16 cm en junio. De enero a mayo las longitudes patrón máximas llegan a 15 o más cm., en junio y julio sólo dos organismos rebasan los 14 cm., en tanto que a partir de septiembre la longitud patrón apenas alcanza los 13 cm.

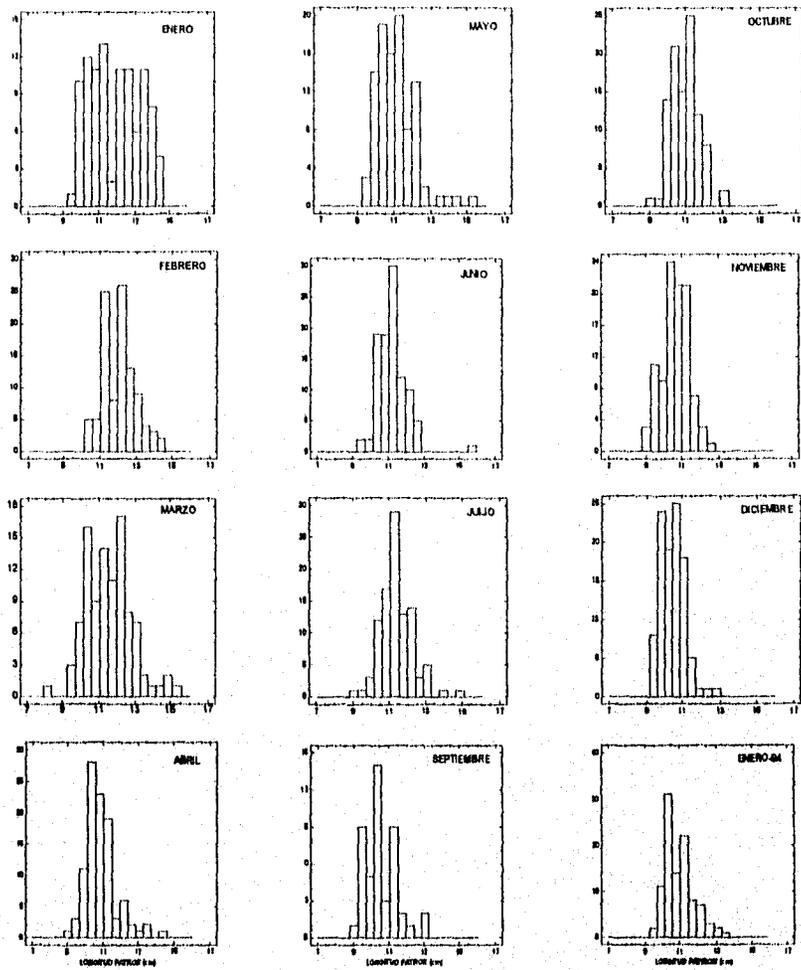


FIGURA 16. Distribución de frecuencia de tallas mensual para la población de *O. niloticus* en la Laguna Coatepeco, Mor.

Los resultados de la determinación de edad por el método de Bhattacharya se presentan en la tabla 5. Se encontraron 7 clases de talla para el total de la población y en el análisis para cada sexo las hembras presentaron 7 clases, mientras que los machos sólo 5, ya que en ellos la primera y las últimas clases de edad no estuvieron representadas.

TABLA 6. Valores promedio de longitud patrón (cm) por grupos de edad obtenidos mediante el método de Bhattacharya (1967).

	1	2	3	4	5	6	7	8
TOTAL	9.54	10.88	11.88	12.77	13.55	14.67	15.56	
HEMBRAS		10.50	11.57	12.55	13.50	14.40	14.80	15.81
MACHOS		10.40	11.54	12.60	13.64	14.53		

ESTRUCTURAS OSEAS

Respecto a la determinación de edad mediante estructuras óseas, se calculó la regresión del radio de la escama contra la longitud patrón para un total de 317 organismos (Figura 16). La gráfica muestra una relación lineal con pendiente y ordenada de 1.2617 y 6.0931 respectivamente. Los residuos de la regresión presentan un comportamiento azeroso alrededor de cero, como se puede apreciar en la figura 17, sin embargo, se presentan algunos datos que rebasan el límite de ± 2.5 y se consideran casos extraordinarios que se deben principalmente a la gran dispersión de los datos respecto al modelo, ya que en peces de diferentes tallas se llega a presentar la misma medida de radio de la escama o bien, pueden ser causados por errores en las lecturas, debidos a que se utilizó un proyector de transparencias en lugar de un retroproyector especial para ello.

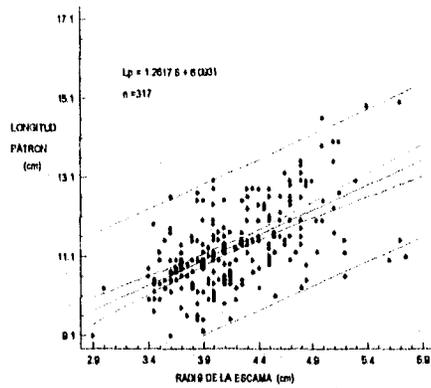


FIGURA 16. Relación radio de la escama-longitud patrón para la tilapia *O. niloticus*.

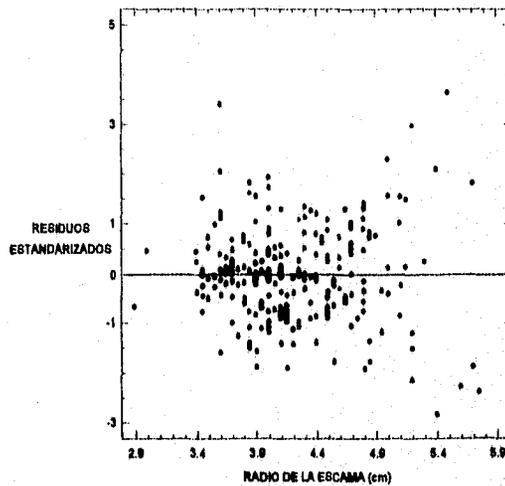


FIGURA 17. Residuos de la relación radio de la escama-longitud patrón para la tilapia *O. niloticus*.

La tabla 7 muestra la estructura de edades (Perelro, 1992; Sparre y Venema, 1992) para la población de *O. niloticus* generada mediante la lectura de marcas en escamas. Se encontró una mayoría de organismos entre las edades II y III, en menor proporción hay organismos de la edad IV y muy pocos peces en la edad I.

TABLA 7. Estructura de edades obtenida por el método de escamas para la tilapia *O. niloticus*.

LONGITUD (cm)	EDAD			
	I	II	III	IV
9.0				
9.5	1	5		
10.0	2	7	3	
10.5	1	22	14	1
11.0	2	25	14	2
11.5	3	30	9	0
12.0	2	22	7	1
12.5	1	11	6	
13.0	2	15	7	
13.5		1	5	
14.0		2	3	
14.5		0	0	
15.0		0	3	
15.5		0	1	
16.0		0		
16.5		1		
total	14	141	72	4

Se aplicó el método de Lea (1910) con la modificación de Lee (1920) (Bagenal y Tesch, 1978) para el retrocálculo de las longitudes correspondientes a cada marca de crecimiento medida en las escamas y se representaron mediante un diagrama de cajas con muesca las longitudes respectivas a cada anillo (Figura 18). Se observa que no existe sobreposición entre las muescas de las cajas I a IV por lo que se puede afirmar con un 95 % de confianza (Tukey, 1977; Velleman y Hoaglin, 1981; Saigado, 1992) que existe diferencia significativa entre los datos de cada caja y por lo tanto se trata de edades diferentes, sin embargo, entre la caja IV y V si hay traslape de las muescas por lo que no hay diferencia significativa entre estas edades, aunque esto puede ser efecto del crecimiento que tiende a hacerse asintótico al aumentar la edad.

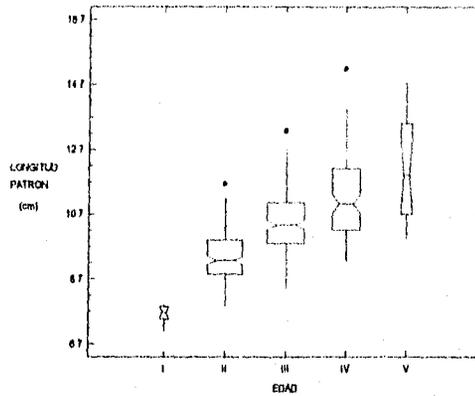


FIGURA 18. Diagrama de cajas para las longitudes retrocalculadas a partir de escamas de *O. niloticus*.

En la tabla 8 se presentan los valores promedio de longitud por edad obtenidos mediante la lectura de marcas presentes en las escamas.

TABLA 8. Valores de longitud patron promedio (cm) obtenidos a partir de la lectura de estructuras óseas (escamas), mediante retrocálculo.

EDAD	I	II	III	IV	V
TOTAL	7.6813	9.3283	10.506	11.3957	12.9451
HEMRAS	7.7619	9.3578	10.406	11.520	12.6506
MACHOS	7.5038	9.2166	10.449	11.4831	12.9753

En la determinación de la edad a través de lectura de marcas de crecimiento en el hueso opercular se realizó la medición del radio de la estructura en dos ejes uno central y otro diagonal, tanto para el opérculo izquierdo como para el derecho. El siguiente diagrama de escalera (Figura 19) muestra la relación de cada una de estas medidas con la longitud total y patron, así como sus respectivos valores de correlación.

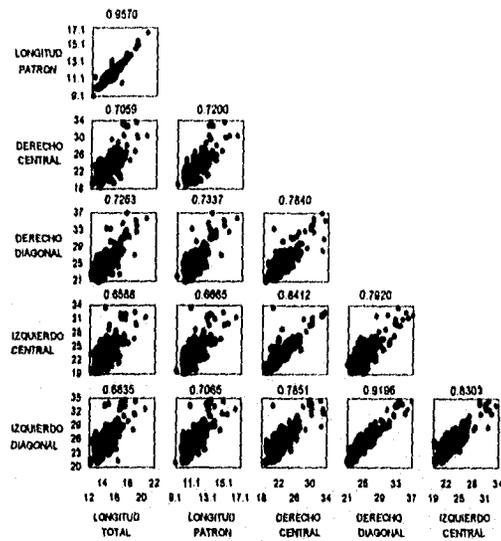


FIGURA 19. Diagrama de escalera para los valores de longitud del pez y los radios del opérculo para *O. niloticus*.

Los datos de cada uno de estos gráficos presentan un comportamiento similar en cuanto a su dispersión. Los valores de correlación indican que existe una mejor relación con el opérculo derecho, sin embargo, se descartó utilizar estas medidas ya que durante la lectura fue más difícil apreciar las marcas y pudieron ocurrir errores en la técnica, pues en ellos los anillos eran muy difusos; es por ello que se decidió trabajar con la longitud patrón y la medida diagonal del opérculo izquierdo.

En la siguiente gráfica se muestra la línea de ajuste, bandas de confianza y límites de predicción de la regresión utilizada para el retrocálculo por el método de Lee-Lee (1920) (Bagenal y Tesch, 1976) a partir de la medición de marcas en el hueso opercular de la mojarra de la laguna de Coatepec (Figura 20) y el gráfico de residuos con distribución al azar alrededor de cero (Figura 21), sin embargo se aprecian algunos casos extraordinarios, los cuales pueden deberse en parte al método de lectura utilizado para las estructuras, ya que no se empleó un retroproyector especial para ello, sino un proyector de transparencias y aunque se trataron de mantener constantes la distancia para las lecturas, la regla y la persona que realizó las medidas, pudieron ocurrir errores.

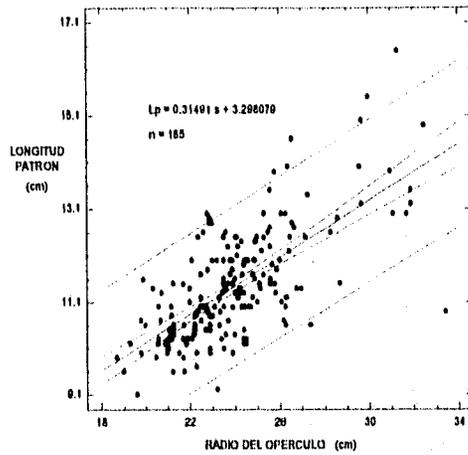


FIGURA 20. Relación radio del opérculo-longitud patrón para la tilapia *O. niloticus*.

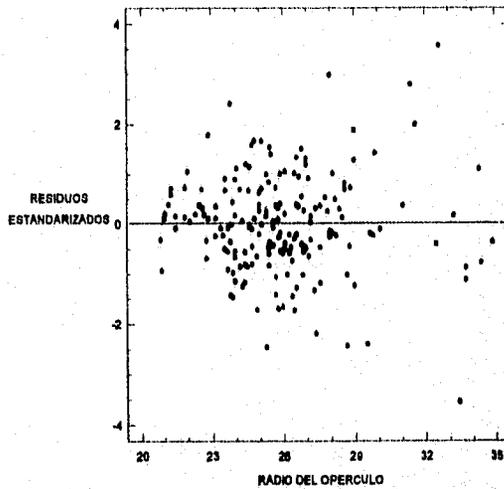


FIGURA 21. Residuos de la relación radio del opérculo-longitud patrón para *O. niloticus*.

La tabla 9 presenta la estructura de edad para la población de *O. niloticus* obtenida por el análisis de hueso opercular. Se nota la predominancia de las edades III y IV, aún cuando la representación de las edades es muy homogénea.

TABLA 9. Estructura de edades para la tilapia *O. niloticus* generada de la lectura de hueso opercular.

LONGITUD	EDAD					
	I	II	III	IV	V	VI
9.0		1				1
9.05	3	2	2			
10.0	6	5	7	4	5	2
10.5	1	6	6	7	6	3
11.0	2	7	7	18	3	5
11.5	3	3	5	4	2	4
12.0	1	5	4	7	2	3
12.5	1	4	6	4	1	3
13.0		2	2	4		1
13.5			2		2	
14.0					1	
14.5			2			
15.0			1			
15.5				1		
16.0						
16.5				1		
TOTAL	17	36	44	45	22	22

La figura 22 muestra la distribución de longitudes patrón retrocalculadas para los anillos o marcas de crecimiento observados en el hueso opercular de organismos de *O. niloticus*. Al no superponerse las muescas de las cajas, se puede afirmar con un nivel de significancia de 0.05 que existe diferencia significativa entre las longitudes correspondientes a cada caja, y por consiguiente cada una representa una edad diferente.

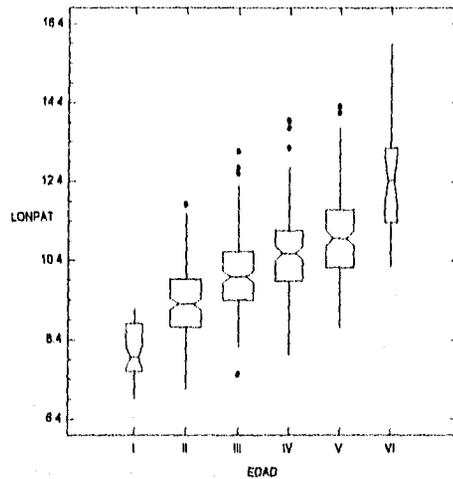


FIGURA 22. Diagrama de cajas para las longitudes retrocalculadas a partir de opérculo de *O. niloticus*.

En la tabla 10 se presentan los valores de longitud patrón promedio para las edades definidas por el método directo de lectura de opérculo. Se encontraron seis edades para la población así como para hembras y machos.

TABLA 10. Valores de longitud patrón promedio (cm) obtenidos a partir de la lectura de estructuras óseas (opérculo), mediante retrocálculo.

EDAD	I	II	III	IV	V	VI
TOTAL	8.11	9.38	10.07	10.62	11.02	12.51
HEMBRAS	7.90	9.28	9.86	10.25	10.89	12.32
MACHOS	8.31	9.49	10.27	10.93	11.38	12.59

En las tablas 11 y 12 se muestran los porcentajes de anillo en el borde por mes para escamas y opérculo respectivamente. Se puede observar que en escamas el mayor porcentaje corresponde a los meses de diciembre-enero y junio, mientras que en hueso opercular las mayores proporciones de formación de anillo ocurren en enero-febrero y mayo-junio.

TABLA 11. Porcentaje mensual de organismos con anillo en el borde de la escama

MES	PORCENTAJE
Enero	75.86
Febrero	48.15
Marzo	13.33
Abril	14.81
Mayo	6.67
Junio	65.52
Julio	46.67
Agosto	-
Septiembre	23.33
Octubre	51.72
Noviembre	46.66
Diciembre	70.37
Enero-94	55.17

TABLA 12. Porcentaje mensual de organismos con anillo en el borde del hueso opercular

MES	PORCENTAJE
Enero	65.52
Febrero	66.66
Marzo	53.33
Abril	40.74
Mayo	56.66
Junio	75.00
Julio	35.29
Agosto	-
Septiembre	34.48
Octubre	43.75
Noviembre	45.65
Diciembre	39.13

CRECIMIENTO

Las tablas 13, 14 y 15 resumen los valores de las constantes de crecimiento (L_{∞} , W_{∞} , t_0 y k) para el modelo de von Bertalanffy calculadas con las longitudes y edades obtenidas a partir del método indirecto de Bhattacharya y mediante marcas presentes en estructuras óseas (escamas y opérculo).

Tabla 13. Valores de las constantes del modelo de von Bertalanffy para la tilapia obtenidas del análisis de frecuencia de tallas por el método de Bhattacharya.

	L_{∞}	W_{∞}	k	t_0
TOTAL	27.81	404.97	0.0665	-0.5225
HEMBRAS	20.98	203.15	0.1109	-0.2897
MACHOS	28.54	366.80	0.0738	-0.6965

Tabla 14. Valores de las constantes del modelo de von Bertalanffy para la tilapia obtenidas por el método de de estructuras óseas (escamas).

	L_{∞}	W_{∞}	k	t_0
TOTAL	27.76	403.21	0.0727	-0.5070
HEMBRAS	20.09	183.03	0.1235	-0.025
MACHOS	28.35	360.36	0.0828	-0.0913

Tabla 15. Valores de las constantes del modelo de von Bertalanffy para la tilapia obtenidas por el método de estructuras óseas (opérculo).

	L_{∞}	W_{∞}	k	t_0
TOTAL	24.40	296.96	0.0560	-1.3574
HEMBRAS	21.40	212.47	0.0883	-0.8982
MACHOS	21.34	218.45	0.0736	-0.8128

En la siguiente serie de gráficas se muestran las curvas de crecimiento en longitud patrón generadas para cada uno de los métodos de determinación de edad utilizados (Bhattacharya, escamas y hueso opercular). Al aplicar una prueba de ji cuadrada ($p < 0.05$) se encontró que no existe diferencia significativa entre los valores promedio de clase de talla (Bhattacharya) y edades (estructuras duras) y los valores esperados para el modelo de von Bertalanffy.

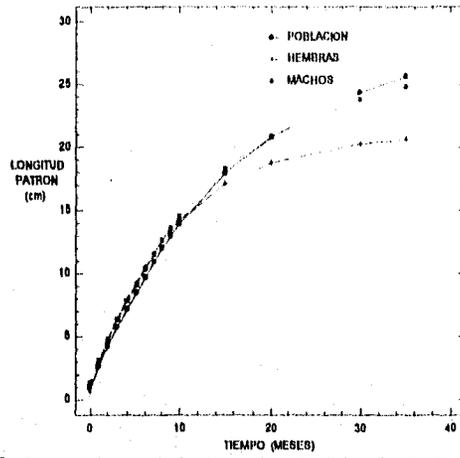


FIGURA 23. Curvas de crecimiento en longitud de *O. niloticus* en la laguna Coatepec, Mor. para el método de Bhattacharya.

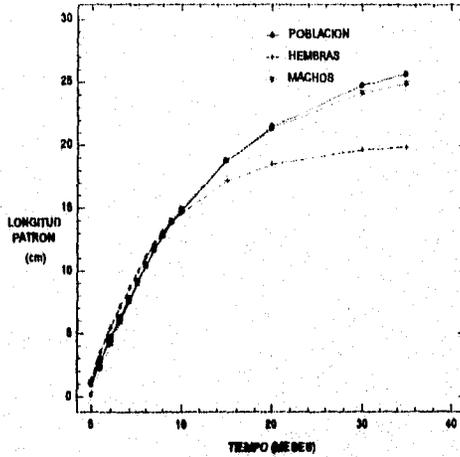


FIGURA 24. Curvas de crecimiento en longitud de *O. niloticus* en la laguna Coatepec, Mor. para el análisis de escamas.

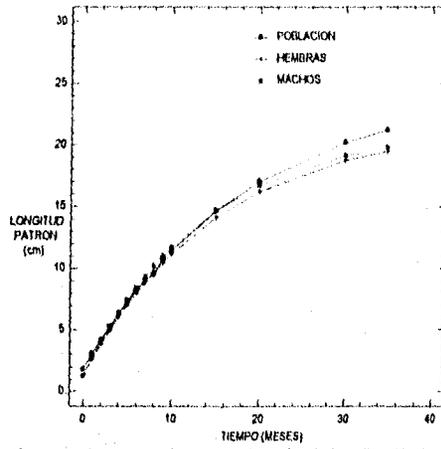


FIGURA 25. Curvas de crecimiento en longitud de *O. niloticus* en la laguna Coatepeco, Mor. para el análisis de opérculo.

En las figuras 26, 27 y 28 se presentan las curvas de crecimiento ponderales, derivadas de los métodos de Bhattacharya, escamas y opérculo, respectivamente.

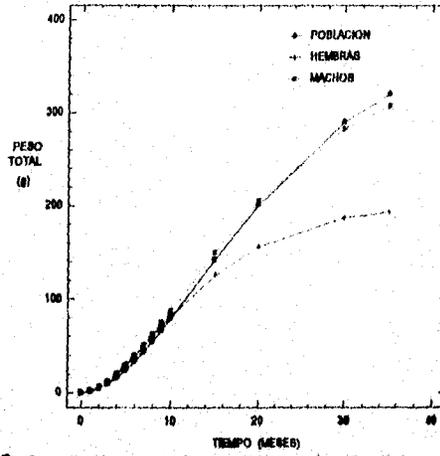


FIGURA 26. Curvas de crecimiento en peso de *O. niloticus* en la laguna Coatepeco, Mor. para el método de Bhattacharya.

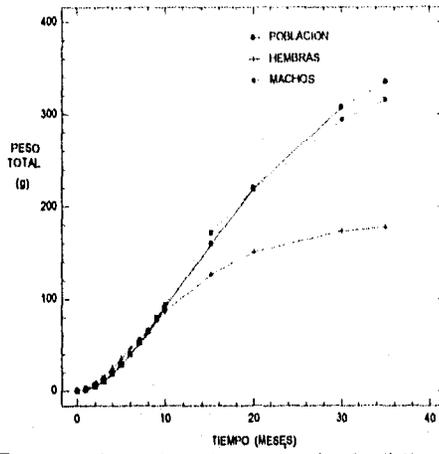


FIGURA 27. Curvas de crecimiento en peso de *O. niloticus* en la laguna Coatetelco, Mor. para el análisis de escamas.

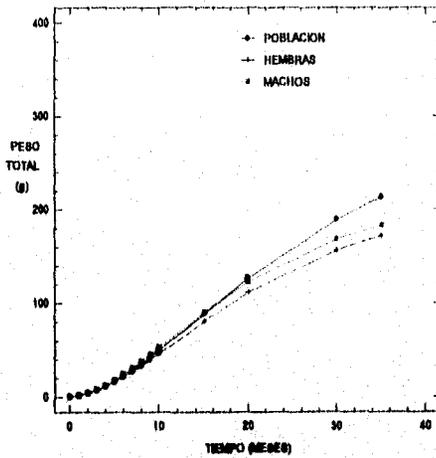


FIGURA 28. Curvas de crecimiento en peso de *O. niloticus* en la laguna Coatetelco, Mor. para el análisis de opérculo.

DISCUSION DE RESULTADOS

PARAMETROS FISICOQUIMICOS.

La Laguna de Coatetelco es un cuerpo de agua con características muy particulares: poca profundidad (no más de 1.5 m) y extensión aproximada de 150 ha, cuyo principal aporte de agua lo constituye la precipitación pluvial y un canal de desviación que parte del río Tembembe; además, se tiene como antecedente (información proporcionada por los pobladores que habitan la zona) que esta laguna se secó en el año de 1986 a causa de una grieta por la cual se filtró el agua y no fue sino hasta 1990 que nuevamente se inundó.

Durante el periodo de estudio, la profundidad de la laguna fue disminuyendo gradualmente hasta alcanzar menos de 40 cm, situación que se dio porque durante el estudio no se introdujo agua por el canal que parte del río Tembembe y sólo tuvo el aporte del agua de lluvia, la cual no fue suficiente para mantener el nivel de la Laguna, dada la alta tasa de evaporación.

Las condiciones de temperatura que predominan en la laguna la caracterizan como un cuerpo de agua cálido ya que sus valores oscilan en el intervalo de 22.5 a 31 °C, en tanto que la temperatura media del ambiente es más alta (nunca menor a 25 °C). Estas características concuerdan con lo reportado por Granados (1990) para la misma laguna en los años de 1984-1985.

La Laguna de Coatetelco, al igual que la del Rodeo y Tequesquitengo que se encuentran en la misma región, se originó por disolución de rocas calcáreas y esto tiene fuerte influencia en las condiciones de alcalinidad y pH que prevalecen en sus aguas, ya que según menciona Wetzel (1981) los lagos que tienen cantidades elevadas de carbonatos y bicarbonatos derivadas de la disolución de calcita (CaCO_3) provocan valores elevados de alcalinidad y pH. En la laguna, el pH sobrepasa 8.3 y la alcalinidad alcanza valores de 500 mg/l, por lo que se infiere que es debida a la presencia de bicarbonatos (HCO_3^-) principalmente, puesto que el intervalo de pH en que predominan éstos en el equilibrio está entre 8.2 y 10.5 (Wetzel, 1981). Además, por esta misma situación, durante todo el periodo de estudio nunca fue detectado CO_2 disuelto.

Se observa también un aumento gradual de la alcalinidad de abril a julio, probablemente debido al arrastre de materiales hacia la laguna en la época de lluvias, en tanto que los valores de dureza permanecen estables hasta junio. Sin embargo, ambos parámetros disminuyen a partir de julio y junio respectivamente debido a que precipitan los carbonatos por la dascalificación aplimnética, ya que en este periodo (junio a septiembre) existe una elevada productividad que trae consigo un alto consumo de CO_2 .

para la actividad fotosintética de las algas y desequilibra el sistema $CO_2-HCO_3^-CO_3^{2-}$, en compensación, precipitan los carbonatos.

El pH reportado por Granados (1990) es muy similar a los valores determinados en este estudio, mientras que los valores de alcalinidad sobrepasan en mucho lo encontrado por este mismo autor, posiblemente debido a que la alcalinidad que él reporta no sea la total, ya que se esperaría fuera más alta dados los conceptos que menciona Wetzel (*op. cit.*).

Las elevadas conductividades que se presentan durante todos los meses evidencian altas concentraciones de sales en esta laguna.

Los valores de dureza son mayores a los reportados por Granados (1990), excepto en la última parte de su estudio (abril-mayo de 1986) en que se incrementa hasta más de 300 mg la total y más de 100 mg la de Ca^{++} esto debido tal vez a que en estos meses la laguna estaba a punto de secarse, pues tenía profundidades menores a 25 cm.

Al comparar ambos estudios se encuentran diferencias substanciales, sobre todo en alcalinidad y dureza, ya que el trabajo de Granados (*op.cit.*) fue realizado en la época anterior a que se secase la laguna en 1986, mientras que el presente estudio se realizó dos años después de que la laguna alcanzó nuevamente un volumen considerable, por lo que cabría esperar que en esta ocasión las condiciones sean diferentes.

Reid y Wood (1976) caracterizan como lagos de aguas duras a aquellos cuyos valores de pH están por encima de 8.5, con valores negativos de CO_2 libre y que presentan dureza de 200 mg/l de carbonato de calcio e incluso mayor. De acuerdo a sus características la laguna de Coatetelco pertenece a este tipo de lagos. Según el criterio de Arredondo (1986) también se consideran aguas duras ya que están entre 150 y 300 mg/l de $CaCO_3$.

En otro sentido Talling y Talling (in Payne, 1986) proponen la clasificación de los lagos en tres clases basada en la conductividad, que tiene una estrecha relación con la alcalinidad. La laguna Coatetelco corresponde a la clase II, la cual tiene un intervalo de conductividad entre 600 y 6000 $\mu S/cm$, el pH se encuentra entre 8.8 y 9.5 a lo que corresponden valores altos de alcalinidad en que dominan los bicarbonatos y frecuentemente se llega a precipitar el calcio. Estos lagos son característicos de cuencas cerradas donde la evaporación juega un papel primordial.

La concentración de oxígeno fue variable a través del tiempo, regularmente por encima de 5 ppm. Entre mayo y julio, el oxígeno disuelto decrece posiblemente a causa del aumento de la temperatura, aunado al incremento en los procesos de oxidación de la materia orgánica, dada la poca profundidad de la laguna, así como su amplia capa de

sedimento (fango), de hasta 50 cm. En septiembre se presenta un valor de 9.5 ppm que se manifestó debido a las condiciones que se presentaron durante el muestreo y que favorecieron la circulación y por ende la oxigenación del agua: fuerte viento y lluvia moderada. Granados (1990) presenta una situación similar, puesto que reporta variaciones de la concentración de oxígeno en el año, y durante las lluvias (agosto-septiembre) muestra valores por arriba de 8 mg/l de oxígeno. La circulación en la laguna se ve favorecida por efecto del viento, ya que como menciona Lewis (1983) éste puede ser el principal agente de mezclado en lagos tropicales; sin embargo, otro factor que ejerce fuerte influencia es el que los pescadores al realizar su actividad penetran en cayucos a la laguna agitando sus aguas, además de provocar la remoción de los sedimentos.

De acuerdo a la clasificación de Lewis (1983) la laguna de Coateteico es de tipo cálido polimictico continuo. Este tipo de lago es muy somero y mezcla continuamente, en ellos tiene gran efecto la acción del viento para la circulación de la columna de agua.

Es razonable pensar que al inicio del estudio, cuando el volumen de la laguna era mayor (de hasta 1.5 m en la parte más profunda), la remoción del sedimento fue fuente importante de nutrientes inorgánicos provenientes de la descomposición de la materia orgánica, ya que como menciona Delincé (1992) en el fondo de un cuerpo de agua existe una interrelación estrecha entre el suelo, rico en nutrientes y la columna de agua en que se encuentran más diluidos, ésta interrelación resulta en la formación de un fango semilíquido, químicamente muy activo, que libera nutrientes. Ello favoreció la productividad del cuerpo de agua, evidenciado por su color verde, así como por la visibilidad al disco de Secchi (V.D.S.) de 20 cm. en promedio durante los primeros meses del año, que se confirmó con altos valores de células/l, 65,000,000 unidades de fitoplancton en promedio de enero a mayo encontradas por Gómez (com. pers.).

Conforme disminuyó el volumen de la laguna y la profundidad llegó a ser menor de 40 cm, la remoción del fondo provocó entonces el aumento de la cantidad de sólidos suspendidos y abatió la V.D.S. que en los últimos meses fué menor de 10 cm., por lo que la productividad se redujo, reflejándose ello en el color café que presentaban las aguas en esas fechas y la disminución en los valores de células/l encontradas.

Se puede clasificar con base en éstas características a la laguna como un lago de tipo eutrófico, lo que corresponde a lo reportado por Granados (1990) que la cataloga como un lago eutrófico basado en su caracterización físico-química y productividad fito y zooplanctónica.

La laguna del Rodeo se ubica en la misma zona y pertenece a la misma cuenca que la de Coateteico, además ambas reciben aporte fluvial por canales del río

Tembembe, y se encuentran bajo regímenes climáticos y de precipitación muy similares, sin embargo la profundidad de la laguna del Rodeo (11 m) y la relación agua-sedimento marca diferencias significativas en los procesos de circulación y productividad, ya que ésta ha sido clasificada como mesotrófica (Alejo, *et al*, 1989).

Debido a que también se formó por disolución de roca caliza, en la laguna del Rodeo predominan en el equilibrio los bicarbonatos de acuerdo a los valores de pH y sus aguas se clasifican como duras al igual que Coatetelco.

Así, la laguna de Coatetelco se caracteriza como un cuerpo de agua con tiempo de vida corto, que retiene gran cantidad de material sedimentario, lo que propicia el azolve de la cubeta lacustre con lo que disminuye considerablemente la profundidad media.

TAXONOMIA

De acuerdo a las características taxonómicas determinadas para la mojarra de la laguna Coatetelco, se corrobora que ésta corresponde a la especie *Oreochromis niloticus*. Sin embargo, hay algunas que no se ajustan perfectamente a la descripción taxonómica de la especie, como es el número de espinas en la aleta dorsal, los radios de la aleta pectoral y el número de escamas en la línea longitudinal, éstos puede deberse básicamente a un error en el conteo de esas estructuras ya que, por ejemplo, en la aleta dorsal la primera espina es muy pequeña por lo que podría pasar desapercibida, lo mismo ocurre con el primer radio de la aleta pectoral.

El número de braquiespinas en el primer arco branquial es una característica muy particular que permite diferenciar a *O. niloticus* de las otras especies de mojarra. Esta presenta entre 19 y 22 branquiespinas, mientras que *O. aureus* tiene hasta 28 y *O. mossambicus* no más de 19 (Arredondo y Guzmán, 1985). Así, el valor encontrado de 21 corresponde adecuadamente con la especie en estudio.

Un criterio muy específico para caracterizar a la especie es el hueso faríngeo, que presenta dientes bicúspides en la parte superior y monocúspides en la inferior, ambos con una densidad baja y los lóbulos superiores del hueso poco desarrollados. De acuerdo a estas características, la especie que se presenta en la laguna es *O. niloticus*. Además, el Biól. Angel Hernández Iturbide (com. pers.), Jefe del Centro Acuicola Fernando Obregón Fernández refiere que éste Centro se encarga de repoblar cuerpos de agua como la laguna de El Rodeo y la de Coatetelco, y que para ello utiliza a la especie *O. niloticus*.

RELACION PESO-LONGITUD

Se realizó el análisis de regresión entre el peso total y la longitud patrón ya que ésta última es la que más se relaciona con las estructuras óseas implicadas en este estudio.

Se obtuvo un valor de pendiente de 2.373, que al aplicarle una prueba de "t" student ($p < 0.05$) se determinó si era igual o diferente de 3 y se encontró que es diferente, por lo que la población de *O. niloticus* en ésta laguna presenta un crecimiento alométrico de tipo negativo, esto es, que los organismos relativamente crecen más en longitud que en peso.

Asimismo se obtuvieron las pendientes para la relación peso-longitud de machos y hembras (2.371 y 2.357 respectivamente) y al igual que en la relación total se aplicó una prueba de "t" ($p < 0.05$) y se encontró que ambas presentan crecimiento alométrico negativo. Por otra parte se encontró que no existe diferencia significativa entre el crecimiento de ambos sexos ($p < 0.05$). Sin embargo se decidió trabajar los sexos por separado con el fin de comparar los resultados con otros trabajos, así como para poder realizar una extensa comparación con los datos de edad y crecimiento obtenidos por los tres métodos empleados en éste estudio.

El tipo de crecimiento determinado aquí es igual al referido por Alejo, et al (1989) para *O. mossambicus* en la laguna El Rodeo, Mor., Guzmán (1994) y Palacios (1995) para *O. aureus* en la presa Infiernillo, Mich.-Gro. y lo reportado por Flores (1993) en *O. niloticus* cultivada en estanques de concreto en la Cd. de México. Mainardes-Pinto et al (1988) refiere que en la relación peso-longitud los machos de *O. niloticus* son ligeramente más pesados que las hembras, aunque reporta que esa diferencia no es significativa.

FACTOR DE CONDICION

El factor de condición alométrico (K) es indicador del bienestar o robustez de los peces y sirve de base para inferir: cambios en la condición de los peces al aumentar su edad, fluctuaciones estacionales en el balance metabólico ocasionadas por variación en la disponibilidad de alimento, condición sexual antes y después del desove e incluso, en muchas especies, diferencias marcadas entre sexos a partir de la madurez gonádica (Lagler, 1959; Weatherley y Gill, 1987).

El factor de condición alométrico para las tilapias de la laguna Coatepec presenta variaciones durante el año que podrían relacionarse con la época reproductiva, donde los picos o aumentos corresponden al incremento en peso debido a la maduración de las gónadas y preparación para la reproducción, en tanto que las disminuciones coincidirían con el desove y la incubación bucal. Cuando los peces

alcanzan la madurez, la energía de crecimiento es desviada hacia la producción de gametos por lo que los peces maduros son más pesados por unidad de longitud que los peces inmaduros, hecho que se refleja en el factor de condición (Gómez, 1994). De acuerdo a las observaciones hechas en campo se confirman dos épocas reproductivas, una en junio-julio y otra en enero, ya que en esos meses se encontraron hembras incubando y en el laboratorio al hacer las disecciones se presentaron predominantemente organismos en estadio de madurez gonádica IV y V, esto se corroboró con el seguimiento de la madurez gonádica realizado por Gómez (com. pers.).

Se puede apreciar que los valores de condición en los meses posteriores a enero de 1993 nunca llegaron a alcanzar el máximo que se presentó en este mes, ello debido posiblemente a la disminución del volumen de agua en la laguna y a la turbiedad debido al aumento en la cantidad de sólidos suspendidos, lo cual causó estrés para la población. Asimismo, es probable que la remoción de sedimento provocada por los pescadores contribuya al aumento de los sólidos totales y disminución de la transparencia. Además, a causa de la disminución en el volumen existe una mayor densidad de peces por espacio y por ello se ven limitados tanto en actividad como en disponibilidad de alimento.

FRECUENCIA DE TALLAS

En enero existe cierta homogeneidad entre las tallas, de 9 a casi 15 cm de longitud patrón, sin embargo, conforme transcurre el tiempo se empieza a notar la predominancia de la clase modal entre 10 y 12 cm, después de la mitad del año en las capturas no aparecen peces de más de 14 cm que se encontraban en los primeros muestreos.

Es conveniente aclarar que la muestra de peces se tomó de la captura comercial, antes de ponerse a la venta y de manera aleatoria, además el arte de pesca utilizado por los lugareños fue una red agallera de nylon con abertura de malla de 2.5 pulgadas, lo cual resulta en una selectividad de la talla de captura como mencionan Youngs y Everhart (1981). Con este tipo de red la talla mínima de captura fue de 8.5 cm de longitud patrón (10.5 cm de longitud total), mientras que en la presa Infiernillo, Palacios refiere para *Oreochromis aureus* un intervalo de longitud total de 16.2 a 34.5 cm para red agallera de 3 1/4 pulgadas y entre 19.9 y 36.3 cm de longitud total con una red de abertura de 4 pulgadas. Aunque se trata de otra especie, cabría esperar que el utilizar una red con mayor abertura de malla en la laguna Coatetelco redundaría en la captura de peces de mayores tallas. De esto último ya se tiene antecedente, puesto que los

pescadores que utilizan atarraya mencionan que han capturado peces de considerables tallas (más de 25 cm de longitud total).

Para la evaluación del crecimiento en una población de peces es necesario que las determinaciones de edad sean lo más exactas y confiables posible, para lo cual existen diferentes métodos, algunos de los cuales son ampliamente utilizados como es el análisis de frecuencia de tallas o método de Petersen, el cual ha demostrado ser funcional bajo ciertas circunstancias como es un corto periodo de tiempo entre muestreos, su aplicabilidad a peces jóvenes o en estadios iniciales de crecimiento, con periodos de desoves cortos y reclutamiento dado también en corto tiempo (Weatherley y Gill, 1987); si estas condiciones no se cumplen, el análisis tiende a ser menos efectivo.

La mojarra (*O. niloticus*) que habita en la laguna Coatetelco no tiene más de cuatro años de haber sido introducida, presenta asincronía en su reproducción, pero tiene dos periodos principales de desove en el año que influyen en el reclutamiento, sin embargo el arte de pesca empleado es selectivo de cierto intervalo de tallas. Como consecuencia de esto último las frecuencias de los diferentes grupos de edad tienden a homogenizarse provocando un solapamiento de las clases de talla por lo que es arriesgado utilizar el método de Petersen para determinar la composición de edad. Un método mediante el cual es posible separar los componentes gaussianos de una distribución de frecuencia de tallas es el método de Bhattacharya, el cual menciona que en una población biológica la distribución de frecuencia de tallas en cualquier componente es asumida a ser normal, sin embargo, en una muestra de peces ésta tiende a ser multimodal y sesgada y en algunos casos las modas corresponden a grupos de edad individuales y éste método es muy útil para dilucidarlos (Bhattacharya, 1967; Gallardo-Cabello, 1986; Gómez, 1994); es por ello que en el presente estudio se prefirió trabajar con el método de Bhattacharya.

Para poder determinar las diferentes clases de edad presentes en la población de *O. niloticus* se empleó el paquete computacional ELEFAN (Pauly, 1987) el cual además de proporcionar las longitudes medias para cada edad, suaviza la distribución para obtener clases de edad más claras.

Se puede observar que los valores promedio de longitud de las clases de edad 2, 3 y 4 obtenidos por el método de Bhattacharya coinciden con las tallas más abundantes ilustradas en los histogramas de la figura 15. Los valores obtenidos para machos y hembras son muy similares entre sí, sin embargo difieren en cuanto a las clases de edad detectadas en cada uno. Para la población existen 6 clases, mientras que en las hembras hay 7 y en los machos 5 clases de edad. Al respecto, no existen trabajos acerca del análisis de frecuencia de tallas y determinación de crecimiento para *O. niloticus*

en la Laguna de Coatetelco para tener un patrón de comparación; sin embargo, en la misma zona se encuentra la Laguna del Rodeo y en ella se han realizado estudios de este tipo con *O. mossambicus* que pueden tomarse como referencia. Alejo, et al (1989) encontraron 7 clases de edad por el método de Bhattacharya, los valores de las longitudes patrón promedio son menores a lo aquí reportado (de 2.1 cm en la clase 1 a 10.4 cm en la clase 7) ya que utilizan chinchorro playero como arte de pesca y capturan sólo tallas pequeñas. Flores (1994) en estanques de concreto en la Ciudad de México reporta para *O. niloticus* 5 clases de edad de 3.5 a 12.5 cm.

ESTRUCTURAS OSEAS

La interpretación de edad y crecimiento derivada de cualquier estructura calcificada está basada en la suposición de que las marcas periódicas (Figura 32. A-B, anexo fotográfico) son formadas a una frecuencia constante y que la distancia entre las marcas consecutivas tales como los anullis en escamas es proporcional al crecimiento del pez (Campana y Neilson, 1985).

La examinación de marcas en las escamas mostró la presencia de 5 edades en la población de *O. niloticus* de la laguna de Coatetelco, lo mismo para machos y hembras, y los promedios de longitud patrón para las respectivas edades son muy similares. Alejo, et al (1989) también encuentra 5 edades para la población de *O. mossambicus* en la laguna "El Rodeo" y Guzmán (1994) reporta 6 edades en *O. aureus* en la presa "El Infiernillo".

La técnica de determinación de edad basada en escamas es de uso generalizado en el estudio de poblaciones de peces, sin embargo, no siempre se evalúa su funcionalidad en términos de exactitud y precisión, ya que la precisión es determinada por la reproducibilidad de las lecturas y la exactitud mediante la validación del método (Beamish y McFarlane, 1983).

Beamish y Fournier (1981) y Chang (1982) recalcan la importancia de verificar la reproducibilidad de las lecturas en cualquier estudio a partir de estructuras óseas. Para asegurar la precisión, las lecturas de marcas en estructuras óseas fueron realizadas en este trabajo bajo el criterio de tres personas y registradas por consenso.

Por estar directamente correlacionados el crecimiento del cuerpo y de las escamas, al hacerse asintótica la longitud del cuerpo el crecimiento de la escama también se torna asintótica, es por ello que las determinaciones de edad mediante el uso de escamas a veces no son muy exactas y se ha comprobado que este método subestima, en la mayoría de los casos, la edad de los peces viejos (Beamish y McFarlane, 1983, 1987; Weatherley y Gill, 1987).

Es necesario, por estas razones, utilizar métodos que ayuden a confirmar las determinaciones de edad provenientes de la Interpretaciones de estructuras calcificadas. Entre estos es aplicable el método de frecuencia de tallas (método de Bhattacharya), el cual más que proveer una validación directa ayuda a verificar o corroborar el análisis (Weatherley y Gill, 1987).

Las edades II a V obtenidas para *O. niloticus* por lectura de escamas se corresponden con las clases de edad 1 a 4 por Bhattacharya, pero con escamas no se registran las longitudes que presentan las clases de edad 5, 6 y 7, aunque sí se encuentra una edad I de 7.68 cm de longitud promedio para el total de la población, ya que con el análisis de escamas pueden calcularse longitudes pretéritas de los peces, en tanto que el método de Bhattacharya se basa en la distribución actual de las longitudes de los peces.

Las 2 últimas clases de tallas en las hembras y 3 en machos obtenidas por el método de Bhattacharya se deben a la presencia de pocos peces de tallas mayores (14 y 15 cm.) que se llegaron a capturar a través del año y que en función del intervalo de clase utilizado se separaron al aplicar este método, mientras que en el caso de escamas y aunque las longitudes retrocalculadas para los anillos sí generaron edad V y VI, al realizar el diagrama de cajas se observó un traslape de muescas entre ellas por lo que se decidió obtener una sola caja ya que no existía diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los datos que agrupaban (Salgado, 1992). Asimismo, ésta decisión se tomó porque el número de peces en esas cajas era menor de 3, y el promedio de la longitud patrón para cada grupo fue similar.

Se ha visto que algunos procedimientos que antiguamente se consideraban confiables, principalmente los que involucran el método de escamas, son ahora sospechosos ya que en ciertas condiciones se sostienen en suposiciones erróneas; para enmendar esto ha de considerarse a la validación como una rutina esencial en cualquier estudio que requiera la extracción de datos de edad de estructuras calcificadas de peces (Carlander, 1982 y Casselman, 1983 in: Weatherly y Gill, 1987, Beamish y McFarlane, 1983). Sin embargo son escasos los intentos por valorar la exactitud de las interpretaciones (Beamish y McFarlane, 1983, 1987). Algunos de los métodos que se utilizan para validar son la periodicidad de marcas en el borde de la estructura, marcaje y recaptura, exposición a sustancias como la tetraciclina que se deposita en las marcas de crecimiento, cultivo de peces en estanques o acuarios experimentales (Bagenal y Tesch, 1978) o bien los incrementos diarios de crecimiento en otolitos (Campana y Neilson, 1985, Ralston y Williams, 1989, Morales-Nin, 1989).

Como método de validación de las edades obtenidas con la lectura de escamas se registró la periodicidad de marcas de crecimiento en el margen (Figura 33. A, anexo fotográfico) con el fin de definir su tiempo de formación (Bagenal y Tesch, 1978; Weatherley y Gill, 1987). La frecuencia de muestreo permitió hacer el seguimiento mensual de la formación de anillos durante todo un año y se encontró que existen dos periodos principales de deposición, uno en diciembre-enero y otro en junio-julio. En el trabajo de Garduño, *et al* (1993) no se realiza validación de los resultados; Alejo, *et al* (1989) colocan peces en acuarios en condiciones controladas de temperatura, aereación, cloruros y amonio, a los que se tomaron escamas para determinar el tiempo de formación de los anillos en *Oreochromis mossambicus*; suponen que el primer anillo se forma a los 4 meses y los siguientes cada dos. Guzmán (1994) supone que la formación de anillos en *O. aureus* se presenta cada 3 meses.

La depositación de marcas en los peces que habitan cuerpos de agua bajo condiciones de clima cálido está influenciada por factores que varían en intensidad y tiempo, sin embargo, se ha enfatizado la importancia de la maduración sexual como principal responsable de la formación de anillos. Otros factores que influyen son variaciones de temperatura, disminución en la disponibilidad de alimento y migración (Fagade, 1974; Blake y Blake, 1978, Morales-Nin, 1989).

La presencia de mayor porcentaje de marcas en el borde (75.86% en enero y 65.52% en junio) coincidentes con las principales épocas reproductivas indican que su formación obedece directamente a eventos reproductivos, Guzmán (1994) y Alejo, *et al* (1989) también asocian la aparición de marcas en las escamas con la época reproductiva en *O. aureus* y *O. mossambicus* respectivamente.

La laguna Coatetelco presenta variaciones en cuanto a la temperatura del agua que en enero fue de 23.5 °C y ello podría también influenciar la formación de marcas en escamas durante esos meses. Además, las condiciones hidrológicas de la laguna en los últimos meses de estudio son característicos de una etapa de concentración que pudiera estar provocando estrés en la población y podría asociarse a los altos porcentajes de formación de anillos a partir del mes de octubre.

Los dos periodos de depositación de marcas indican que su formación ocurre dos veces al año (cada 6 meses), dado que son anillos promovidos por reproducción, ha de considerarse que la primera marca corresponde a la talla de primera madurez sexual y debe ser por tanto edad 1, ya que se ha observado en acuarios que el tiempo en que esta especie alcanza su primera madurez es de 6 meses, a la cual los peces tienen en promedio 7 cm y coincide con la longitud que se presenta en la edad 1. Alejo, *et al* (1989) para otra especie, *O. mossambicus*, también reportan que el primer anillo (que se

forma a las 16 semanas) corresponde a la primera madurez sexual y a una longitud patrón de 5.9 cm.

Debido a la selectividad del arte de pesca los peces capturados son de más de 8 cm. de longitud patrón por lo que se supone ya han pasado al menos por un período reproductivo, por esta razón no se obtuvieron peces cuyas escamas no presentaran marcas para definir la edad 0, que se pensaría abarca desde que nacen hasta la edad de primera madurez sexual.

Si se considera que la Laguna Coatepec se llenó en 1991 y que se han hecho varias introducciones de mojarra desde entonces, los peces deben tener poco menos de tres años, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio, ya que la mayor edad fue 2 años y medio en peces con 5 anillos.

Con respecto a la otra estructura ósea utilizada, se realizaron dos medidas en el hueso opercular, una lateral y otra central, del foco hacia su borde, en ambos opérculos. Sin embargo, se decidió descartar lo obtenido del opérculo derecho ya que las marcas eran difusas y no se distinguían claramente algunos anillos.

La regresión radio del opérculo-longitud patrón se realizó para las dos medidas del opérculo izquierdo y se encontró una relación lineal. Blake y Blake (1978) reportan que la relación entre el radio del opérculo y la longitud es curvilínea para una especie tropical (*Labeo senegalensis*) en el oeste de África; Fagade (1974) menciona que la relación es lineal para un ciclido africano (*Tilapia melanotheron*). Es razonable que la relación lineal encontrada en este trabajo coincida con lo reportado por Fagade ya que ambas especies pertenecen a la misma familia (Cichlidae) y por ende sus patrones de crecimiento son comparables; en cambio *Labeo senegalensis* pertenece a la familia Cyprinidae, la cual puede tener patrones de crecimiento muy distintos, de ahí que se encuentre discrepancia con el modelo que se presenta para esta especie.

Considerando esto, se realizó la determinación de las constantes del modelo de von Bertalanffy con la relación lineal para la medida lateral y central y se optó por trabajar con la medida lateral ya que ésta presenta una mejor correlación con la longitud patrón, que la medida central.

Las marcas en el hueso opercular produjeron 6 edades, tanto para hembras como para machos de *O. niloticus* y se puede notar que las longitudes patrón de las hembras son ligeramente menores a las de los machos.

Al comparar las edades resultantes del análisis del hueso opercular con las de los otros dos métodos se aprecia una discrepancia entre las edades III y IV de opérculo con la III de escamas y la II de Bhattacharya, lo que se acentúa más con las hembras. Por este análisis se generó una edad más que con el de escamas, sin embargo, aquí

también se realizó el ajuste de datos en las cajas ya que inicialmente se sobreponían las muescas de las cajas IV y V por lo que se agruparon en una sola, lo mismo se hizo para las cajas VII y VIII, ya que la diferencia entre ellas no fue significativa (Salgado, 1993).

La estructura de edad para la población de mojarra en la laguna de Coatetelco, obtenida con los datos observados (el número de anillos correspondientes a cada pez), muestra que no se nota claramente el corrimiento de modas, como lo que se obtiene del retrocálculo, incluso éste último sólo refleja el comportamiento de las primeras tallas (hasta 13 cm) de la tabla de estructura de edad. Esto puede deberse a varios factores; por ejemplo, que los organismos que se capturan de las edades III y IV en escamas y IV, V y VI en opérculo, son los más pequeños en talla de esas edades, debido a la selectividad del arte de pesca. Otro factor que puede estar influyendo, es que constantemente se hacen repoblamientos de mojarra en la laguna.

Ya se mencionó la importancia de probar la exactitud del método utilizado, a través de la validación. Al igual que en las escamas, en opérculo también se recurrió a la frecuencia de formación de anillos en el borde (Figura 33. B, anexo fotográfico). Se pudo observar que la mayor frecuencia de depositación ocurre en enero-febrero y junio, aunque esto es semejante a lo que se encuentra para escamas, es decir, que su formación es dos veces al año, esto no ocurre cada 6 meses, sino que de dos anillos en un año, uno se forma a los 4 meses y el siguiente a los 8 meses. De acuerdo con esto, ambas marcas están influenciadas por el proceso reproductivo, dado el alto porcentaje de anillo en el borde que se presente en junio (75%); mientras que el anillo de enero-febrero tiene porcentaje de anillo en el borde de 65 y 66%.

Debido a que se detectó mayor cantidad de anillos en opérculo que en escamas, se entiende que para el método de opérculo los peces tardan más en alcanzar una determinada talla, por lo se estaría sobrestimando la edad y subestimando el crecimiento.

CRECIMIENTO

Los modelos de crecimiento para los tres métodos resultan adecuados para las clases de edad y edades promedio obtenidas, ya que al realizar una prueba de ji cuadrada ($p < 0.05$) se encontró que no existe diferencia significativa entre lo observado y lo esperado.

Las constantes de crecimiento generadas del análisis de frecuencia de tallas por el método de Bhattacharye se confirman con lo obtenido del análisis de escamas ya que valor de L_{∞} para hembras, machos y la población total es muy parecido, encontrándose

una mayor tasa de crecimiento en hembras que en machos, pero la longitud asintótica para las primeras es más pequeña porque su crecimiento es más acelerado, sin embargo, los valores obtenidos de t_0 si difieren entre los métodos.

Las curvas de crecimiento obtenidas por estos dos métodos son muy similares y en ambas se aprecia que las hembras crecen muy rápido al inicio, pero al alcanzar la edad de 8 meses son rebasadas en longitud por los machos.

El crecimiento que se obtiene a partir de las edades generadas del análisis de hueso opercular difiere de lo encontrado con los dos métodos anteriores, ya que con este la longitud infinita de machos y hembras es casi igual. La tasa metabólica de machos es semejante por los tres métodos, pero para hembras con este último método es prácticamente la mitad de lo obtenido por Bhattacharya y escamas.

Comparado con lo realizado por Palacios (1995) en *O. aureus*, que determina el crecimiento por el análisis de frecuencia de tallas con el método de Bhattacharya, la constante de catabolismo en hembras (0.1309) es ligeramente mayor, aunque encuentra una longitud asintótica de 56.83 que es más del doble de lo aquí reportado. Determinó una mayor tasa de crecimiento en machos que en hembras, con un valor de L_{∞} de 49.25.

Guzmán (1994) determina crecimiento en la misma población de *O. aureus* en la presa "El Infiamillo" mediante análisis de escamas, quien obtiene una k de 0.111 y L_{∞} de 40.6, crecimiento que resulta ser mayor al reportado para *O. niloticus* en el presente estudio.

El crecimiento mayor de *O. aureus* comparado con *O. niloticus* se explica ya que en general se ha reportado mayor crecimiento en la primera especie (Morales, 1991), además de que Guzmán (1994) y Palacios (1995) utilizan un arte de pesca de mayor luz de malla (3 1/4 pulg.) que la empleada en Coatetepec (2 1/2 pulg.).

Para la especie *O. niloticus*, cultivada en estanques de concreto bajo un clima templado, Flores (1994) reporta constantes de catabolismo de 0.2038 y 0.2139 y valores de L_{∞} de 20.17 y 17.50 cm con fertilización química y orgánica respectivamente, esta tasa metabólica es muy alta a comparación de la que se presenta para los peces de la laguna Coatetepec y la longitud infinita sólo sería comparable con la obtenida por el método de opérculo, pues con escamas y el método de Bhattacharya los valores de L_{∞} obtenidos son mayores.

Córdova (1994) encuentra longitudes patrón promedio en el intervalo de 5.93 a 7.29 para la tilapia (*O. niloticus*) a la edad de 4 meses, después de experimentar en acuarios en condiciones controladas de fotoperíodo, densidad y alimentación a temperatura de 25 °C, los valores que reporta corresponden aproximadamente a las longitudes patrón a la edad de 3 o 4 meses para los modelos de Bhattacharya y

escamas y a las edades de 4 y 5 meses según el modelo de hueso opercular. Estos valores obtenidos en acuarios son, por tanto similares a lo registrado para la especie en la laguna Coatetelco, pero las discrepancias pueden deberse a que las condiciones de laboratorio no llegan nunca a igualar las condiciones naturales (Weatherley y Gill, 1987)

A pesar de las variaciones, esto no deja de ser un parámetro de comparación muy útil para evaluar los modelos de crecimiento obtenidos. Se confirma entonces que el método de Bhattacharya y el de escamas resultaron ser los más adecuados, ya que uno con otro se corroboran, en tanto que el de hueso opercular subestima el crecimiento por detectar un número mayor de anillos formados a la misma frecuencia que en escamas.

El método de lectura de hueso opercular para determinación de edad en la población de *O. niloticus* requiere de perfeccionamiento ya que en el presente trabajo se encontraron varias desventajas, en principio, la dificultad para visualizar las marcas principalmente en el opérculo derecho, lo cual podría mejorarse en trabajos posteriores con la aplicación de alguna técnica de tinción o quemado como las que sugieren Brothers (1987) y Beamish y McFarlane (1987) para otras estructuras.

Además sería recomendable que los muestreos cubran un intervalo de tallas más amplio para obtener una mejor línea de ajuste, la manera de conseguir esto es incrementar la luz de malla de la red utilizada en la laguna. Esto redituaría a los pescadores mayores rendimientos en sus capturas al obtener organismos más grandes y de mayor peso que tienen más demanda cuando se ponen a la venta. Al respecto, Palacios (1995) compara las capturas de *O. aureus* obtenidas con tres aberturas de malla (3, 3 1/4 y 4 pulg.) en la Presa "El Infiernillo", Mich., y recomienda que se utilice la red de 4 pulgadas con la cual se obtiene un intervalo de tallas de 19.9 a 36.3 cm. de longitud total, sin embargo, para la población de mojarra de la laguna Coatetelco, cuyos organismos son de menor talla podrían ser adecuadas las redes de 3 o 3 1/4 pulgadas con las que se obtendrían tallas entre 10.2-26.4 y 16.2-34.5 cm. respectivamente.

La utilización de redes de mayor abertura evitaría la captura de organismos menores a la talla comercial, con lo que además la población de tilapia de la laguna se estaría renovando al permitir que los peces se reproduzcan varias veces antes de ser capturados y se recluten constantemente organismos que permitan sostener la pesquería a la alta tasa de explotación que se da actualmente.

CONCLUSIONES

La laguna de Coatetelco se caracteriza como un cuerpo de agua alcalino en el que predominan en el equilibrio los bicarbonatos. Es un lago de aguas duras, de clase II por su conductividad, por su estado trófico es eutrófico y según la clasificación de Lewis pertenece a los lagos de tipo cálido polimíctico continuo.

Se corroboró que la mojarra con la que se trabajó pertenece a *O. niloticus*.

El crecimiento de la mojarra es alométrico de tipo negativo, esto es, los peces crecen más en longitud que en peso. Se encontró que no existe diferencia significativa entre el crecimiento de ambos sexos.

De acuerdo con el factor de condición así como las observaciones en campo y laboratorio, la especie presenta dos periodos reproductivos, uno en enero y otro en junio-julio.

Se registró una disminución de tallas hacia el final del estudio, principalmente debido a la selectividad del arte de pesca y también a causa de las condiciones hidrológicas de la laguna en ese periodo.

Se registraron 7 clases de edad por análisis de frecuencia de tallas por el método de Bhattacharya para la población total y para hembras, en tanto que para machos sólo se encontraron 5 clases.

Con el método de escamas se detectaron 5 edades para machos, hembras y población total. Se registran dos periodos de formación de anillos en escamas, uno en diciembre-enero y otro en junio-julio. Su formación es promovida por los periodos de reproducción, que coinciden con la depositación de éstos anillos en el borde.

La relación radio del opérculo-longitud patrón es lineal para la población de mojarra estudiada.

Se detectaron 6 edades con el método de lectura de opérculo en hembras y machos, así como para el total de la población. Existen 2 periodos de formación de anillos en opérculo, uno en los meses de enero-febrero y otro en junio. Ambos se asocian con los eventos reproductivos.

El crecimiento obtenido por el análisis de frecuencia de tallas con el método de Bhattacharya y por el de escamas es similar y se ajustan a la población en estudio, por lo tanto, se comprueba que ambos métodos son adecuados.

El método de hueso opercular sobreestima la edad y por tanto subestima el crecimiento de la población, por lo que resulta ser inadecuado y requiere del perfeccionamiento de la técnica.

RECOMENDACIONES

Resulta necesario hacer ciertas consideraciones acerca de las ventajas y desventajas en la aplicación de los tres métodos empleados aquí para la determinación de edad y crecimiento, así como algunas recomendaciones para futuros trabajos.

De la comparación aquí referida se asume que el método de Bhattacharya aplicado en la determinación de clases de edad y su correspondiente modelo de crecimiento presenta más ventajas sobre los métodos directos utilizados, pues aunque con escamas y Bhattacharya se encuentran ajustes de crecimiento muy acordes con la realidad, éste último método es de fácil aplicación ya que sólo implica la medición de los peces y no requiere tratamiento de muestras o muerte de los organismos como ocurre con hueso opercular.

Respecto de las estructuras duras sería conveniente utilizar un tamaño de muestra más amplio, que se sugiere sea 50 organismos por mes en lugar de 30, con el fin de tener mayor disponibilidad de datos para realizar la relación radio de la estructura-longitud en que se espera mayor representatividad y mejor relación del modelo. Además, es recomendable que las mediciones tanto de radio como de anillos en las escamas y opérculo efectuadas en este trabajo sean comparadas con las que se obtendrían con un retroproyector especial para este fin y, de ser necesario, introducir un factor de corrección, que consideraría la medición de la distancia del proyector a la imagen, las medidas en la imagen y las medidas reales.

La dificultad para distinguir las marcas en el hueso opercular podría ser reparada con la utilización de técnicas de aclaramiento o tinción e incluso sería recomendable utilizar espinas o vértebras como estructuras alternativas y evaluar su funcionalidad. Cabe mencionar que se obtuvieron muestras de otolitos de estos peces en los que no se lograron observar marcas de crecimiento, en ellos se recomienda aplicar métodos para la lectura de incrementos diarios.

Se sugiere que los pescadores utilicen una red con abertura de malla mayor (de 3 o 3 1/4 pulgadas) con el fin de obtener capturas de mayores tallas que tengan mayor valor en el mercado y que permitan a la población de mojarra sostener la pesquería.

ANEXO

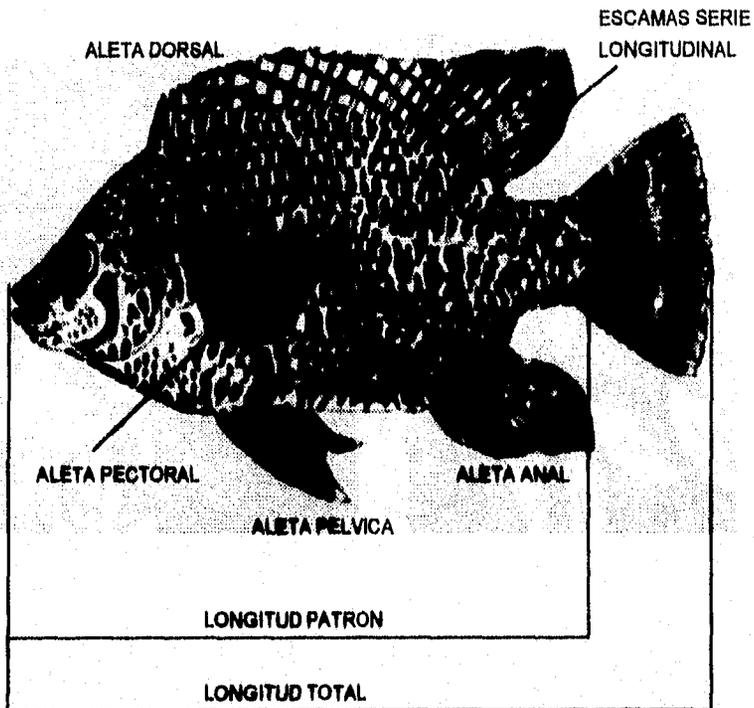
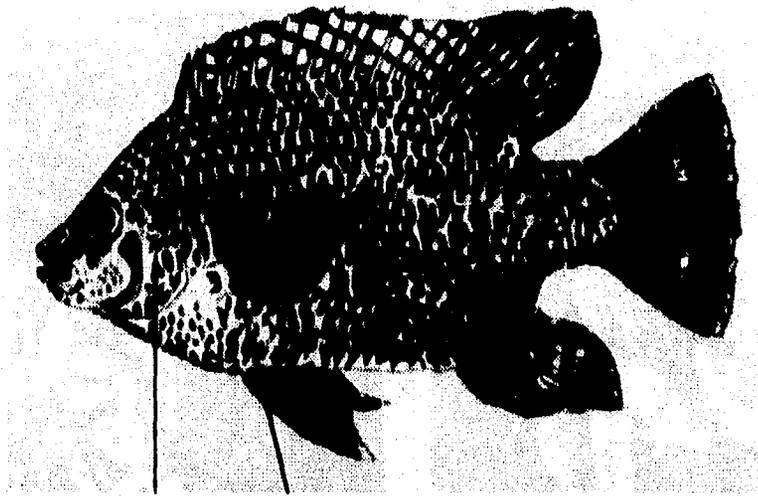


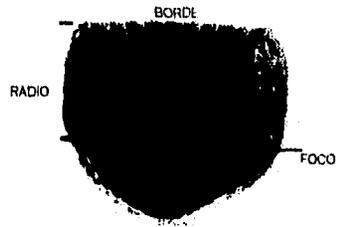
FIGURA 29. Características morfométricas para la determinación taxonómica de *O. niloticus* (Arredondo y Tejeda, 1989)



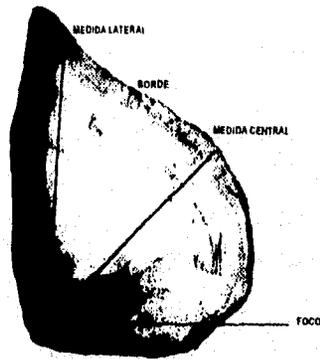
HUESO
OPERCULAR

ESCAMAS

FIGURA 30. Ubicación de las estructuras óseas utilizadas para la determinación de edad de *O. niloticus* en la laguna Coateteico



A. Escama

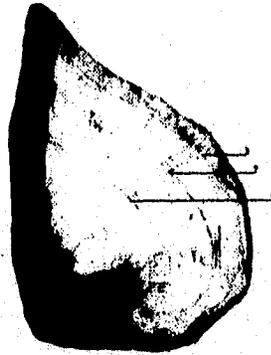


B. Hueso opercular

FIGURA 31. Estructuras óseas utilizadas para la determinación de edad en *O. niloticus*



A. Escama



B. Hueso opercular

FIGURA 32. Marcas de crecimiento presentes en las estructuras óseas de *O. niloticus*.

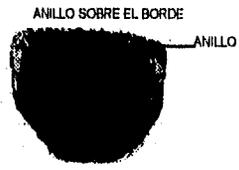


FIGURA 33. Marcas de crecimiento y anillo sobre el borde presentes en las estructuras óseas de *O. niloticus*.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, H.P. y P.C. NORIEGA. 1991. La tilapia y su cultivo. FONDEPESCA, Secretaría de Pesca, México.
- ALEJO, P.M., M.E. LAGUNA Y T.P. RAMIREZ. 1989. Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* en la laguna "El Rodeo" Estado de Morelos. Tesis Profesional, ENEP Zaragoza, UNAM.
- APHA, AWWA y WPCF. 1980. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 12 ed. Am. Public Health Assoc. I.N.C., New York, 405 pp.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. 1983. Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidas en México. *Biotica*. 8(2):175-199.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. Y M. GUZMAN-ARROYO. 1985. Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces:Cichlidae) introducidas en México. *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. Méx. Ser. Zool.* 56(2):555-572.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. Y D.C. AGUILAR. 1987. Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en lagos mexicanos con especial énfasis en su ictiofauna. In: GOMEZ A. S. Y ARENAS F. V. (Editores). *Contribuciones en Hidrobiología*. UNAM. 278 pág.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. Y M. TEJEDA-SALINAS. 1989. El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México*. 16(1):59-66.
- BAGENAL, T.B. Y H.W. TESCH. 1978. Age and growth. In: RICKER, W.E. (Ed.). *Methods for assessment of fish production in freshwaters*. 3 ed., Blackwell Scientific Publications. LD. Oxford. 101-136.
- BAGENAL, T.B. Y E. BRAUM. 1978. Eggs and early life history. In: RICKER, W.E. (Ed.). *Methods for assessment of fish production in freshwaters*. 3 ed., Blackwell Scientific Publications. LD. Oxford. 165-178.
- BAKER, T.T. Y L.S. TIMMONS. 1991. Precision of ages estimated from five bony structures of arctic char (*Salvelinus alpinus*) from the wood river system, Alaska. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 48:1007-1014.
- BEAMISH, J.R. Y D. A. FOURNIER. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 38:982-983.
- BEAMISH, J.R. Y G. A. McFARLANE. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112:735-743.

- BEAMISH, J.R. Y G. A. McFARLANE. 1987. Current trends in age determination methodology. In: Summerfelt R.C. y G. Hall (Eds.) *The age and growth of fish*. Iowa State University Press. Iowa. 15-42.
- BHATTACHARYA, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution in to gaussian components. *Biometrics*. 23:115-135.
- BLAKE, C. Y B.F. BLAKE. 1978. The use of opercular bones in the study of age and growth in *Labeo senegalensis* from lake Kainji, Nigeria. *J. Fish Biol.* 13:287-295.
- BLAKE, C. Y B.F. BLAKE. 1981. Age determination in six species of fish from a Mexican Pacific coastal lagoon. *J. Fish Biol.* 18:471-478.
- BLAS DE GANTE, L. Y E.O. PONCE. 1990. Cultivo de la mojarra Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) en estanques. Reporte de Servicio Social. ENEP Zaragoza, UNAM.
- BRENNAN, J.S. Y G.N. CAILLIET. 1989. Comparative age-determination techniques for white sturgeon in California. *Trans. Am. Fish. Soc.* 118:296-310.
- CAMPANA, S. E. Y J.D. NEILSON. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:1014-1032.
- CORDOVA, C.A. 1994. Influencia de la densidad y fotoperíodo con diferentes temperaturas en el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en condiciones controladas de laboratorio. Tesis Profesional. F.E.S. Zaragoza. U.N.A.M.
- CURTS, J.B. 1984. Introducción al análisis de residuos en Biología. *Biól. México*. 9(3):271-278.
- CHANG, W. Y. B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:1209-1210.
- DELINCE, G. 1992. *The ecology of the fish pond ecosystem with special reference to Africa*. Kluwer Academic Publishers. 230 pág.
- DONALD, D.B., BABALUK, J.A, CRAIG, J.F. Y MUSKER, W.A. 1992. Evaluation of the scale and operculum methods to determine age of adult goldeyes with special reference to a dominant year-class. *Trans. Am. Fish. Soc.* 121:792-796.
- FAGADE, S.O. 1974. Age determination in *Tilapia melanotheron* (Rupell) in the Lagos Lagoon, Nigeria. In: T.B. BAGENAL (Ed.) *The Ageing of Fish*. Unwin Brothers Limited. 71-76.
- FLORES, M. O. 1994. Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado. Tesis Profesional. F.E.S. Zaragoza. U.N.A.M.
- GALLARDO CABELLO, M. 1996. 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). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México*. 13(2):187-196.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- GARCIA, DE M. E. 1978. *Apuntes de climatología*. Larios e hijos impresores. México. 153 pág.
- GARDUÑO, P.M., J.A. ESQUIVEL y J.L.G. MARQUEZ. 1993. Obtención del crecimiento a través del método de Bhattacharya y de estructuras duras. *Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología*. U.A.N.L., Monterrey. 79.
- GILBERT, C. R. 1993. Evolution and Phylogeny. In: Evans, D. H. (Ed.) *The Physiology of Fishes*. C.R.C. Press. Florida. 592 pág.
- GOMEZ, M. J.L., R. M. A. CASTILLO, G.M.J. FABILA Y D.V.A. ZAMORA. 1993. Reproducción de la tilapia en la laguna "El Rodeo", Estado de Morelos, México. *Tópicos de Investigación y Posgrado*. 3(1):16-22.
- GOMEZ, M.J.L. 1994. *Métodos para determinar la edad de los organismos acuáticos*. FES Zaragoza, UNAM. México. 89 pág.
- GULLAND, J.A. 1971. *Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces*. Editorial Acribia, Zaragoza. 193 pág.
- GUZMAN, U. A. 1994. Parámetros biológicos de tilapia (*Oreochromis aureus* Steindachner, 1864) de la presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo" Michoacán-Guerrero, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M.
- HERNANDEZ-AVILES, J.S. Y J.L. GARCIA-CALDERON. 1990. La acuicultura, hacia el manejo integrado de los recursos. In: De la Lanza E. G. y J.L. Arredondo-Figueroa (compiladores). *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. Inst. de Biol., UNAM. México. 16-37
- LAGLER, K.F. 1956. *Freshwater fishery biology*. 2 ed. W.M.C. Brown Co. Publishers. Iowa. 421 pág.
- LEAVEASTU, E. 1971. *Manual de métodos de biología pesquera*. Editorial Acribia, Zaragoza. 243 pp.
- LOUBENS, G. Y J. PANFILI. 1992. Estimation de l'âge individuel de *Prochilodus nigricans* (Teleostei, Prochilodidae) dans le Béni (Bolivia): protocole d'étude et application. *Aquat. Living Resour.* 5:41-56.
- MAINARDES-PINTO, C.S.R., P. DE PAVIA Y J.R. VERANI. 1986. Estudio comparativo crecimiento de *Oreochromis* (Osteichthyes, Cichlidae) em cultivos monossexo. *Relacoes morfométricas e factor de condicao*. B. Inst. Pesca. 13(2):21-27.
- MARQUES, M.J. 1988. *Probabilidad y estadística*. ENEP Zaragoza, UNAM, México.
- MORALES, D. A. 1991. *La tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías*. AGT Editor, México. 181-185
- MORALES-NIN, B. 1989. Growth determination of tropical marine fishes by means of otolith interpretation and length frequency analysis. *Aquat. Living Resour.* 2:241-253.

- NIKOLSKY, D.V. 1963. **The ecology of fishes**. Academic Press, New York.
- PACHECO, S.M., M.J.L. PIÑA Y C.Y. RICO. 1989. Efecto de tres diferentes alimentos sobre el crecimiento de *Oreochromis mossambicus* bajo condiciones de laboratorio. Inédito. ENEP Zaragoza, UNAM.
- PALACIOS, S. S. E. 1995. Estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1884) en la presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo" Michoacán-Guerrero, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M.
- PAULY, D. 1987. A review of the ELEFAN System for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. In: Pauly, D. y G. R. Morgan. **Length-based methods in fisheries research**. ICLARM Conference Proceedings. 13:7-34.
- PAYNE, A. I. 1988. **The ecology of tropical lakes and rivers**. Ed. John Wiley and Sons. 301 pag.
- PEREIRO, A. J. 1982. **Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación**. Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanog. No. 1. 242 pág.
- RALSTON, S. y H. A. WILLIAMS. 1988. Numerical integration of daily growth increments: an efficient means of ageing tropical fishes for stock assessment. **Fish. Bull.** U. S. 87:1-16.
- RICKER, W.E. 1975. **Computation and Interpretation of biological statistics of fish populations**. Department of the environment fisheries and marine service, Ottawa. **Bull. Fish. Res. Board. Can.** 191.
- ROSAS, M.M. 1981. **Biología acuática y piscicultura en México**. Secretaría de Educación Pública, México.
- SALGADO, U.I.H. 1992. **El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones**. Marc Ediciones y ENEP Zaragoza, UNAM. México.
- SCHNUTE, J. Y D. FOURNIER. 1980. A new approach to length-frequency analysis: growth structure. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 37:1337-1351.
- SEPESCA. 1988. **Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la Secretaría de Pesca**. 202 pág.
- SEPESCA. 1994. **Indicadores de la producción pesquera**. México. 7 pág.
- SEPESCA-UAM. 1994. **Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de la tilapia**. México. 89 pág.
- SOKAL, R.R. y F. J. ROHLF. 1981. **Biometry**. W. Hoo. Freeman and Co. Publ. San Francisco. 776 pág.
- SPARRE, P. y S. C. VENEMA. 1992. **Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual**. F.A.O. Doc. Tec. Pesca, 306.1 (Revisión 1).
- S.P.P. 1981. **Síntesis Geográfica del Estado de Morelos**. INEGI, México.

TREASURER, J.W. 1994. The distribution, age and growth of wrasse (Labridae) in inshore waters of west Scotland. **J. Fish Biol.** 44:905-918

WEATHERLEY, A.H. y H.S. GILL. 1987. **The biology of fish growth**. Academic Press. London. 443 pág.

WETZEL, R.G. 1981. **Limnologia**. Editorial Omega. Barcelona. 679 pág.

YOUNGS, W.D. Y W.H. EVERHART. 1981. **Principles of fishery science**. 2 ed. Cornell, New York. 349 pp.

ZHANG, Z., N.W. RUNHAM Y T.J. PITCHERT. 1991. A new technique for preparing fish otoliths for examination of daily growth increments. **J. Fish Biol.** 38:313-315.

ZHANG, Z. Y N.W. RUNHAM. 1992. Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.). **J. Fish Biol.** 40:325-332.