



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

EDAD Y CRECIMIENTO DE *Oreochromis niloticus*
POR MEDIO DE OTOLITOS EN EL LAGO DE
COATETELCO, MORELOS.

T E S I S

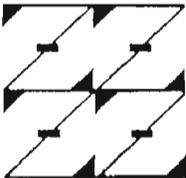
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

YONADXANDI MANRIQUEZ LEDEZMA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ



LO HUMANO
EJE
DE NUESTRA REFLEXION

ENERO 2005

m342826



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mis padres Martha Ledesma Hernández y Leonardo Manriquez Olmos por haberme dado el tesoro mas preciado "mi educación" y por haberme apoyado en todas las decisiones que hasta el momento he tomado, y por seguirme apoyando en todo momento; a ellos les debo esta tesis que no solo representa un papel si no un esfuerzo muto por sacarme adelante, a ellos MTL GRACIAS.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, ya que a través de ellos soy la persona que soy ahora.

A mi querida Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, la cual me ha forjado como profesionista y me ha dado muchas oportunidades de salir adelante, y a la cual le debo el ser bióloga.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, director de esta tesis, quien me albergó en su laboratorio desde 8vo semestre y al cual le debo esta tesis, ya que él ha confiado en mi para sacar no solo una tesis si no un proyecto de investigación que a la larga beneficiara a futuros estudios. Además, le agradezco por apoyarme en todo momento, por que usted no es un profesor que deja a sus estudiantes a la deriva, se preocupa por nosotros y nos apoya tanto económicamente como moralmente y a todos en el laboratorio nos hace sentir como parte de una familia.

A la Dr. Berta Peña Mendoza quien igualmente que el Dr. José Luis me ha hecho sentir en familia y siempre me ha apoyado y defendido cuando el profesor esta de mal humor.

Al Dr. Isaías Salgado Ugarte, por la asesoría que siempre me ha brindado, por proporcionarme los paquetes estadísticos y por ser un profesor que igualmente apoya a sus estudiantes.

Al Biol. José Luis Guzmán S. quien me ayudo en la parte de observación de anillos, en la parte estadística y a manejar algunos paquetes estadísticos; y lo mas importante por ser una persona que me apoyó en todo momento para realizar esta tesis.

Un especial agradecimiento a Alberto Ortiz G., por haberme ayudado en la lectura de los anillos, en asesorarme en algunos problemas estadísticos, en ayudarme a darle estilo a esta tesis, en hacer mi presentación para mi congreso y mi examen, en quedarse en el laboratorio enseñándome como tomar fotos y diferentes cosas computacionales, en la realización de la portada de este trabajo y sobre todo en ser mi amigo al cual le puedo contar cosas que aunque no le interesen siempre me escucha.

A mi hermano Leonardo quien me ayudó a darle estilo a mis imágenes.

Al Maestro Manuel Rico B. quien siempre me ha apoyado cuando he tenido dificultades y se ha preocupado por mi, pues él siempre ha procurado saber como estoy y nunca a dejado que me rinda.

A la Biol. Marisela Arteaga M. por apoyarme desde el inicio de mi carrera, y brindarme los apoyos necesarios, así mismo agradezco a toda la jefatura de la carrera de biología, pues desde que inicie la carrera siempre han sido amables conmigo y me han conocido en toda mi vida universitaria.

A la maestra Judith Villavicencio, quien en todo momento he contado con ella, para apoyarme tanto en cuestiones educativas como emocionales.

Al Dr. Arcadio Morroy A. el cual es una persona que sin yo pertenecer a su área me ha dado muchos estímulos para que siga adelante, y más que nada es una persona que siempre me ha recibido en su laboratorio, y me ha impulsado a escribir, y por consiguiente a divulgar la ciencia.

Al Dr. Gerardo Cruz, por ser una persona que de igual manera sin pertenecer a su área siempre me ha brindado su apoyo en diferentes cuestiones, y por que fue mi tutor desde el inicio de la carrera.

A Nestor Rojas, quien ha sido mi novio por estos cuatro años, y a pesar de las dificultades y tropiezos me apoyo en esta tesis, para que no me deseperara, realizó todos los trámites para mi titulación y sobre todo estaba todas las noches esperándome afuera del laboratorio hasta que terminara de trabajar, además es una persona que ha sido especial conmigo.

A Gabriela García A. quien siendo compañera de Alberto, no se puso celosa, y gracias a eso pude desarrollar la tesis, además, por ser una gran amiga que me espero muchas veces para que no me quedara sola en el laboratorio.

Un agradecimiento a todos los del laboratorio de Limnología que me aguantaron: Graciela, Elvira, Oscar, Armando (chocoso), Yadira, Conrado.

A Adriana Pérez O que aunque no compartí muchas cosas con ella, siempre me ha escuchado y me ha dicho las cosas tal y como son, además, me ayudó en la determinación taxonómica.

A mi gran amiga Edna Orozco, ella me hizo ver que no siempre es bueno poner una buena cara, que la vida es algo ruda, y hay que saber defenderse, que las personas pocas veces agradecerán lo que haces por ellas, pero siempre tendrás a los que son tus verdaderos amigos aunque sean solo unos cuantos.

A mi amiga de años Norma Bernal y a su familia quien siempre me han abierto las puertas de su casa, además, es una de las pocas personas que me apoyan y meten las manos por mí, no solo moralmente. A su familia (Beatriz y Vicente) por siempre escucharme y preocuparse por mi.

A Yadira Mejía, quien desde la prepa fue chocosa, pero es una gran amiga, que a pesar de los años, aún estamos en contacto.

A Mario Sinaí quien ha sido mi confidente y mi gran amigo, quien en las buenas y en las malas siempre ha estado para mi.

A Martha y Brisa, quienes fueron mis compañeras de la Universidad.

A German (Lobo), al que he considerado un compañero el cual me recibió con una sonrisa al cambiarme de turno y al paso del tiempo me ha considerado su amiga.

A Ana Victoria G, que es una persona que estimo, a pesar que la saturo con tantas cosas, siempre me pone una sonrisa y me escucha, siendo que no la veo tan seguido, es una persona que pregunta siempre como estoy y valoro cuando habio con ella.

A todos mis amigos del Museo de la Luz, quienes me aguantaron, me apoyaron en todos los cambios y me supieron entender, a ellos mil gracias, por que de cada uno he aprendido muchas cosas: Carlos quien en todo momento me ha escuchado, Cuahutémoc el cual es una persona sincera y te dice las cosas sin rodeos, siempre te escucha y trata de entenderte, Adán: mi profe de manejo y mi gran amigo, Pedro: por ser un amigo de años, que aún me habla, Rosa: mi compañera de shopping y de confidencias, y la que me enseñó que es bueno de vez en cuando divertirse, Liz: Mi compañera que me induce a ir siempre a las fiestas, Silvia la que siempre escucha nuestros problemas, Diana mi amiga que siempre me apoyó y siempre fue super conmigo.

A Cintia por haberme ayudado en las correcciones gramaticales en mi discusión y a la cual le agradezco por tomarse el tiempo, siendo que no fuimos al principio las grandes amigas, te agradezco por apoyarme y espero que mantengamos la amistad.

A Lupita López S, no por ser la última signifique que la olvide, ella me apoyo en el Museo cuando tenía una y mil dudas, me impulso a tomar el trabajo que tengo ahora, me apoyo cada vez que nos veíamos en terminar la tesis, y sobre todo es una gran amiga que encontré y no pienso abandonar.

A Enrique Torres, quien es un amigo, que se ha preocupado por mi estado de ánimo siempre, es una persona que considero sincera y honesta, y aunque trate de aparentar que es un hombre rudo, oscuro, para mi es una persona que super estimo, por que se que en las buenas estará, pero en las malas será el primero en apoyarme y en estar ahí. Tal vez no aportó algo grande en esta tesis, pero me apoyó a mi, sea como sea, espero kike, que sigas siendo mi gran AMIGO por muchos, muchos años.

A la Biol. Pilar Contreras subdirectora del Museo de la Luz, quien aunque llevo poco tiempo de conocerla, me ha impulsado para que cumpla metas que antes no tenía en mente, de igual manera al Fís. Isaías Hernández por darme la oportunidad de estar en su equipo de trabajo y gracias a eso, continuar con metas posteriores ha esta tesis.

Agradezco a mi familia a mis hermanos Leonardo y Nanhoel, a mis tíos Virginia Ledesma, Alejandro Ledesma, María Luisa Bernal, mis abuelitos Celia y Felipe, a mis primos Ismael y Arahani, les agradezco simplemente por ser mi familia y por que nos apoyamos en todo momento.

Un especial agradecimiento a aquellas personas que no creían en mi y que les daba envidia lo que hacia, quienes en todo momento cuchicheaban a mis espaldas, gracias a ustedes me dedique en sacar una tesis de calidad, en esforzarme con las metas que me he propuesto y en forjarme la idea de que este mundo es rudo, y algunas veces se debe aplicar la ley de Darwin.

EL SUEÑO DE LOS PECES

No puedo admitir que los sueños sean privilegio de las criaturas humanas. Los peces también sueñan. En el lago pantanoso, entre pestilencias que aspiran a la densa dignidad de la vida, sueñan con los ojos abiertos siempre.

Los peces sueñan inmóviles, la bienaventuranza del agua fétida. No son como los hombres, que se agitan en sus lechos estropeados. En verdad, los peces difieren de nosotros, que todavía no aprendemos a soñar. Y nos debatimos como ahogados y espigas de peces muertos.

Junto al lago que yo mandé cavar, volviendo la realidad a un incómodo sueño de infancia pregunto al agua oscura. Las tilapias se ocultan de mi sospechoso mirar de propietario y se resisten a enseñarme cómo debo soñar.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEORICO	3
ANTECEDENTES	7
IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE	11
ÁREA DE ESTUDIO	14
OBJETIVOS	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	17
RELACIONES BIOMÉTRICAS	17
IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE	18
ANÁLISIS DE LOS OTOLITOS	18
RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN	19
RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL	19
FRECUENCIAS DE TALLAS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN UNIVARIADA DE HISTOGRAMAS, ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL (EDK) Y EL MÉTODO DE POWELL-WHETERALL.	20
1. VALIDACIÓN CRUZADA POR MÍNIMOS CUADRADOS (VCMC) Y VALIDACIÓN CRUZADA SESGADA (VCS)	22
2. PRUEBA DE MULTIMODALIDAD DE SILVERMAN	22
3. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE TALLAS A TRAVÉS DEL MÉTODO DE POWELL WHETERALL.	23
DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS	23
CRECIMIENTO	25

SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA	26
RESULTADOS	27
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	27
IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE	29
RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN	30
RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL	32
PROPORCIÓN SEXUAL	34
FRECUENCIAS DE TALLAS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN UNIVARIADA DE HISTOGRAMAS, ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL (EDK) Y EL MÉTODO DE POWELL-WHETERALL.	35
1. VALIDACIÓN CRUZADA POR MÍNIMOS CUADRADOS (VCMC) Y VALIDACIÓN CRUZADA SESGADA (VCS)	39
2. PRUEBA DE MULTIMODALIDAD DE SILVERMAN	41
3. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE TALLAS A TRAVÉS DEL MÉTODO DE POWELL WHETERALL.	42
DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS	44
CRECIMIENTO	53
SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA	56
DISCUSIÓN	58
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	58
IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE	62
RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN	63
RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL	64
PROPORCIÓN SEXUAL	66
FRECUENCIAS DE TALLAS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN UNIVARIADA DE HISTOGRAMAS, ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL (EDK) Y EL MÉTODO DE POWELL-WHETERALL	67

1. VALIDACIÓN CRUZADA POR MÍNIMOS CUADRADOS (VCMC) Y VALIDACIÓN CRUZADA SESGADA (VCS)	69
2. PRUEBA DE MULTIMODALIDAD DE SILVERMAN	69
3. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE TALLAS A TRAVÉS DEL MÉTODO DE POWELL WHETERALL.	70
DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS	71
CRECIMIENTO	78
SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA	81
CONCLUSIONES	86
REFERENCIAS	88
ANEXO	102
ÍNDICE DE FIGURAS	107
ÍNDICE DE TABLAS	110

RESUMEN

Se realizaron estudios basados en aspectos de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor. durante el periodo de noviembre de 2002 a octubre de 2003. Se analizaron los parámetros físicos y químicos del agua para determinar el tipo de ambiente en donde se desarrolla la especie. Se tomaron muestras de agua superficial mensualmente y se determinó que es un cuerpo de agua somero debido a la poca profundidad y visibilidad que presenta clasificándolo como un lago hipereutrífico. Las características que presentó el lago fueron las siguientes: temperatura del agua de 23.0-35.5°C, oxígeno disuelto de 5.4-14.4 mg/l con un promedio de 8.94 mg/l, se detectaron valores bajos de CO₂, los valores de pH fueron ligeramente alcalinos con un promedio de 8.71 unidades con una alcalinidad promedio de 33.5 mg/l; los niveles de dureza total se encontraron alrededor de 117.6-225.25 mg/l por lo que el sistema se consideró un cuerpo de aguas duras, por último la conductividad registró valores de 444-745 µS/cm con un promedio de 575.25 µS/cm. Se obtuvo por medio de la captura comercial y basados en sus artes de pesca una muestra de 437 individuos de los cuales 310 fueron machos, 35 hembras y 92 individuos indeterminados; a cada organismo se le tomaron las relaciones biométricas y merísticas, así como la obtención de cada par de otolitos saggita de la cápsula ótica. El intervalo de talla registrado para la especie fue de 2.4-23.2 cm de longitud total; la proporción sexual fue de 1:8.85 (hembra:macho; $\chi^2=219.20$). El tipo de crecimiento que presentó la población total ($b=2.87$) y los machos ($b=2.28$) con base a la relación peso longitud fue de tipo alométrico negativo, mientras que las hembras presentaron un crecimiento que tiende a la isometría ($b=2.98$). Se realizó un ANDECOVA entre la longitud y el peso, mediante la interacción de las pendientes, mostrando diferencias significativas entre sexos ($F=16.35$; $p<0.05$). Se efectuó el análisis de frecuencia de tallas por medio de los estimadores de densidad por kernel (EDK), los cuales mostraron solo dos modas, lo que indicó que la muestra fue muy homogénea en cuanto a las tallas, por lo tanto se recurrió al método de Powell-Wheterall el cual mostró un valor estimado de $L_{\infty}=19.11$ cm. Se registraron 4 anillos de crecimiento en las estructuras duras, con una regresión potencial entre el radio del otolito y la longitud total del pez encontrándose un intercepto diferente de cero. Se corroboraron las diferentes edades por medio de la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis. Por medio del Índice de Incremento Marginal (IIM) se observaron dos periodos de depositación, una en temporada de secas y otra en lluvias, coincidiendo con las épocas reproductivas de la especie. Se estimaron los parámetros de crecimiento en longitud y en peso a través del modelo de von Bertalanffy encontrando para la población total una $L_{\infty}=20.19$ cm, $k=0.6081$, $t_0=-0.420$, $P_{\infty}=122.50$ g; mientras en hembras encontramos un $L_{\infty}=19.51$ cm, $k=0.463$, $t_0=-0.973$, $P_{\infty}=105.48$ g y machos una $L_{\infty}=20.32$ cm, $k=0.627$, $t_0=-0.363$, $P_{\infty}=112.54$ g; estos valores coincidieron con los valores observados, por lo que la utilización de los otolitos da una buena estimación de la edad y crecimiento. De acuerdo al valor de T^2 Hotelling (234.76), la constante que fue significativamente diferente entre sexos fue la L_{∞} , apreciando que los machos crecen mas que las hembras. Por último se determinó el impacto que tiene el arte de pesca en la especie; este arte se basa en la utilización de una red agallera con tamaño de abertura de luz de malla de 6.0 cm, con la cual se capturan organismos de 11.75 cm de longitud total; por lo tanto se sugiere ampliar el tamaño de luz de malla a 8.0 cm, con la cual se capturarían individuos de 18.08 cm de longitud total, evitando la sobre explotación a la cual esta siendo sometida la especie *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con un gran número de cuerpos de agua epicontinentales, en los cuales se incluyen lagos, lagunas, presas y distintos ecosistemas acuáticos de distinto origen (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

Los cuerpos de agua naturales y artificiales que existen en México cubren una superficie total estimada en 2,900,000 ha, en los que se incluyen 13,935 lagos y embalses así como reservorios con un área de 1,163,051 ha, de las cuales el 84% tienen superficies menores de 10 ha. Para las actividades de acuicultura se han identificado 613 reservorios y 95 lagos en 30 estados, con una superficie total de 988,008 ha (Sugunan, 1997).

Todos estos ecosistemas se consideran importantes unidades de producción intensiva y en algunos países de Asia, África y este de Europa, se les utiliza como fuentes de proteínas de origen animal (Boney, 1975).

El estado de Morelos, el cual representa el 0.3% de la superficie del país o sea 4,958.22 km²; cuenta con varios cuerpos de agua de gran importancia económica, ecológica y cultural dentro de los que destacan tres cuerpos de agua natural de más de 100 hectáreas: el lago de "El Rodeo" con capacidad de 28,000,000 m³, el lago de Tequesquitengo con 120,000,000 m³ y el lago Coatetelco con 579,276 m³. Entre las presas cabe destacar a las de reciente construcción en el municipio de Axochiapan, que llevan por nombre Los Carros y Cayehuacán con volúmenes de 10,000,000 y 13,000,000 m³ respectivamente (Contreras-MacBeath, 1995; INEGI, 2001).

La mayoría de estos cuerpos de agua han sido utilizados de manera tradicional como fuentes de abastecimiento de agua para actividades agrícolas, uso doméstico, abrevadero, recreación y más recientemente la población que habita en sus alrededores los ha aprovechado como fuente de producción de proteína animal (suministro de peces). A pesar de que no se lleva un estricto control de las poblaciones en cultivo, algunos cuerpos de agua han resultado ser excelentes productores de peces o crustáceos que tienen importancia económica en el mercado, cuando son utilizados para propósitos de cultivo (Arredondo-Figueroa, 1986). Las especies de peces que se han introducido en el estado de Morelos han sido las tilapias, recurso que ha beneficiado a su población (Gómez-Márquez, 1998).

En el estado de Morelos se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre las características limnológicas de diferentes cuerpos de agua (Ponce-Palafox y Arredondo-Figueroa, 1986; Hernández-Avilés y Peña-Mendoza, 1992; Gómez-Márquez, 1998; 2002) que en conjunto con los datos batimétricos y morfométricos se pueden realizar estimaciones de producción pesquera, así como del estado trófico que presenta el cuerpo de agua.

Desde que se inicio la pesquería en México hasta la fecha, las medidas de regulación para diferentes embalses han estado sustentadas en escasos estudios y la generación de alimento de alta calidad proteica a bajo costo, se ha convertido en un problema al generar una pesquería que no satisface las demandas de las comunidades aledañas que dependen de ella, por la poca producción e incluso el bajo desarrollo y crecimiento en peso y talla de los organismos.

Para el año 2001 el volumen de producción pesquera nacional de mojarra fue de 74,031 toneladas de peso vivo, de las cuales 402 toneladas fueron extraídas del estado de Morelos; el cual ocupa el 5to lugar de producción pesquera, mientras que Michoacán ocupa el primer lugar en la producción de mojarra. En los últimos cinco años se ha visto que la producción del estado de Morelos ha empezado a disminuir ya que en 1997 se obtuvieron 1,078 toneladas, mientras que en el 2001 sólo se capturaron 402 toneladas (Anónimo, 2002).

En México se cuenta con un total de cinco especies de tilapia, por lo cual se estima conveniente realizar un análisis de las poblaciones introducidas en los cuerpos de agua (lagos y presas), con el fin de reconocer las especies presentes, la estructura de edades, la composición de tallas, el potencial reproductor así como el análisis de la calidad de agua en la cual se desarrollan los organismos; para contribuir en la generación de información básica para entender la dinámica de la población desde un punto de vista ecológico y pesquero, y de igual manera proponer medidas de regulación que permitan el adecuado manejo del recurso y una mejor explotación de la tilapia.

Uno de los métodos más utilizados en pesquerías es el conocimiento de la edad y el crecimiento de una población de peces; el cual nos permite estimar varios parámetros de dicha población que son utilizados para la obtención de: (1) la tasa de mortalidad, (2) la estructura de edad de la población explotada, (3) las tallas que componen la población, (4) la selectividad del arte de pesca, (5) el tamaño de la población, (6) el rendimiento máximo sostenido, (7) la producción en biomasa y otros valores involucrados con su explotación (Everhart y Youngs, 1981; Salgado-Ugarte, 1991; Gómez-Márquez, 1994).

Existen diferentes métodos para estimar la edad de los peces los cuales pueden ser indirectos o directos, este último se puede estudiar interpretando las marcas anuales en estructuras duras del pez como son escamas, otolitos, opérculos, vértebras, radios y espinas (Everhart y Youngs, 1981).

En todas estas estructuras existe un depósito continuo de carbonato de calcio, además de contener una matriz de materia orgánica en la que se forman bandas o anillos. Esta depositación depende del crecimiento que tenga el individuo, el metabolismo, el tipo de alimentación, la época de reproducción y de las condiciones ambientales en las cuales se encuentre (González, 1977; Everhart y Youngs, 1981; Gómez-Márquez, 1994).

Para utilizar cualquier estructura dura en la determinación de la edad, es necesario comprobar que las marcas de crecimiento que son consideradas reflejen las variaciones periódicas de las tasas de crecimiento. Esta validación adquiere mayor importancia en los peces de las zonas tropicales, en donde los peces no llevan registros de nacimiento fáciles de descifrar en sus estructuras duras, ya que suelen presentar marcas que no son de crecimiento, por lo que se deben distinguir cuidadosamente aquellas bandas que se forman a intervalos de tiempo regulares (Rocha-Olivares y Gómez-Muñoz, 1993; Gulland y Rosenberg, 1992).

MARCO TEÓRICO

Los cuerpos de agua son importantes para el hombre, ya que de ellos depende en muchas de las ocasiones sus recursos económicos a través de distintas actividades como la pesca; sin embargo si las condiciones de estos recursos no son favorables, la producción pesquera indudablemente se verá afectada.

Las actividades que se realizan principalmente en los lagos es muy diversa; sin embargo el mayor uso que se les ha dado es para la producción acuícola, en donde se están introduciendo especies como la mojarra, entre las cuales se encuentra *Oreochromis niloticus* (Arredondo-Figueroa y Aguilar-Díaz, 1987).

Esta especie hasta 1982 presentaba la mayor proporción en la producción de las especies capturadas de agua dulce en nuestro país, con el 91.3 % del total anual (Bernal, 1984). Las tilapias son peces nativos de África, poseen una alta capacidad de adaptación, por lo que se les ha considerado para la producción acuícola intensiva.

El lago de Coatetelco en el estado de Morelos se ha caracterizado por la producción de mojarra, sin embargo esta ha disminuido por distintos factores, los cuales han generado tallas pequeñas y por consiguiente pérdidas económicas; de acuerdo a estadísticas (Anónimo, 2004) en el año 2000 se registraron alrededor de 70 toneladas con tendencia a disminuir.

Los factores que ocasionan la captura de tallas pequeñas pueden ser muy diversos, y la sobre vivencia de la producción pesquera depende de encontrarlos y buscar soluciones. Existen diferentes métodos para conocer la condición de la población, en los que se encuentran los métodos directos e indirectos, los métodos directos se basan en estructuras duras como otolitos, escamas, opérculos, espinas y vértebras que por su peculiar composición dan información sobre las condiciones de vida pasada a la cual fue expuesto el pez.

La edad, crecimiento y mortalidad son factores muy importantes a determinar en la biología pesquera; dan información sobre las características de su historia de vida y principalmente de su productividad en un determinado sistema acuático.

Las estructuras más usadas para determinar la edad son los otolitos mediante las diferentes marcas de crecimiento que poseen, en ellos se deposita periódicamente un anillo de crecimiento que generalmente es utilizada para la determinación de la edad; existen otros estudios que se han realizado en torno a estas marcas; por ejemplo, se han realizado investigaciones para conocer la composición química y las causas que forman un anillo de crecimiento (Pannella, 1971).

Los otolitos son el centro de atención de muchos investigadores ya que tienen gran precisión en cuanto a la determinación de la edad y son fáciles de manejar. Por medio de estas estructuras se han encontrado peces de agua dulce de 100 años de edad y peces tropicales hasta de 30 años (Campana y Thorrold, 2001).

Los otolitos se localizan en la parte del oído interno de los peces óseos los cuales contienen tres canales semicirculares y tres órganos otolíticos que son análogos a la otoconia de los vertebrados; estos son más largos y tienen una compleja morfología. La función que tienen es la transducción del sonido y el equilibrio. Según la especie que se este trabajando, el otolito difiere en posición, tamaño, función y morfología (Popper y Lu, 2000; Secor *et al*; 1991).

Estas estructuras están formadas por carbonato de calcio y proteínas; se encuentran alojadas en dos cavidades adyacentes del neurocráneo (cápsulas óticas). Contienen tres órganos internos (endorganos) llamados utriculus, lagena y saculus, los cuales están revestidos por un saco epitelial; estos endorganos contienen células sensoriales agrupadas en la mácula acústica, que están fuertemente asociadas con el sonido (Morales-Nin, 2000; Gonzáles, 1977; Popper y Lu, 2000; Torres *et al*; 2000).

La mácula utriculus, mácula lagena y mácula saculus son también conocidos como lapillus, sagitta y asteriscus. La sagitta es la estructura más grande de estos tres y es el que comúnmente se utiliza para determinar la edad y se halla vinculado con la función del equilibrio, pero principalmente se utiliza para el sonido. Además, es una estructura que le sirve al investigador para identificar a que especie de pez óseo pertenece (Gonzáles, 1977; Leible y Miranda 1989; Torres *et al*; 2000).

El otolito esta compuesto por material inorgánico, generalmente carbonato de calcio en forma de prismas de argonita y una matriz orgánica; estos componentes ocasionan la formación de anillos traslúcidos (hialinos) y opacos. El término hialino se refiere a una "zona de invierno" y opaco a una "zona de verano", pero ambas pueden formarse en cualquier estación del año; principalmente los incrementos se forman cuando las condiciones de temperatura son óptimas para la reproducción de la especie; sin embargo en temporadas frías como en invierno, los cambios abruptos de temperatura llegan a formar bandas irregulares, debido a que la actividad metabólica del pez cambia y por consiguiente se altera la capacidad de depositación de marcas de crecimiento. (Pannella, 1971; Irie, 1957; Neuman *et al*; 2001; Pajuelo *et al*; 2003.).

Las marcas de crecimiento en los peces pueden proporcionar información sobre el estado del sistema acuático y la relación que tiene con el individuo, por ejemplo la temperatura, el cual es un factor condicionante en la depositación de proteína, la concentración de iones H^+ el cual afecta el crecimiento del otolito, la alimentación, el fotoperiodo, los ritmos circadianos y las épocas de reproducción (Campana y Neilson, 1985; Morales-Nin, 2000).

La diferente opacidad de las bandas (figuras 1 y 2) obedece a la cantidad de calcio y proteína que se deposita con relación a las diferentes condiciones fisiológicas del sistema y sobre todo al tipo de luz incidente. Pannella (1971), encontró que cada día hay una depositación de proteína, cuya periodicidad corresponde al ritmo metabólico del pez, por lo que la verificación diaria del incremento de las bandas nos da una mejor información sobre la historia de vida del pez, así como una fuerte correlación entre el crecimiento del otolito y el crecimiento del organismo dando como resultado la edad (Gonzáles, 1977; Pannella, 1971; Dickey e Isely, 1997; Wen-Bin y Tai-Sheng, 1997; Norbis *et al*; 1999; Beckman *et al*; 1990).

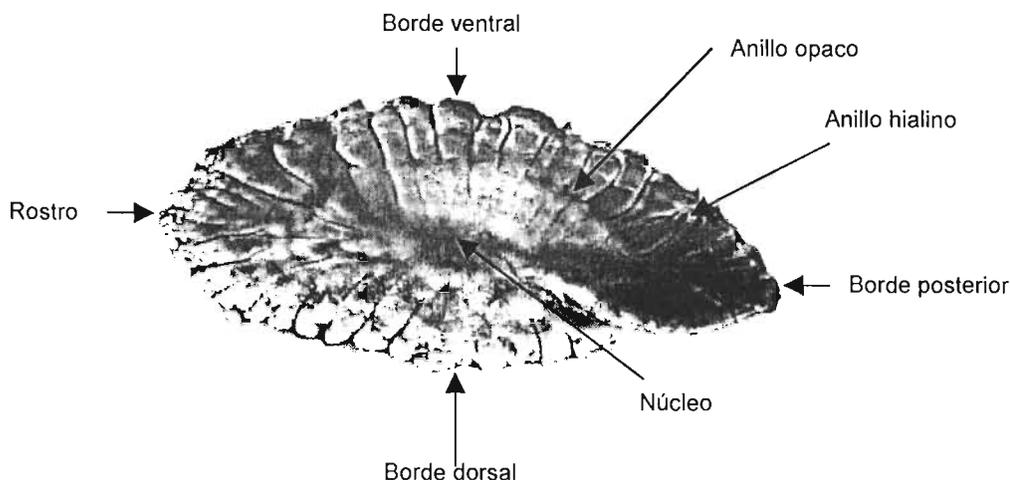


Fig.1 Esquema del otolito sagitta izquierdo de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor. vista por su cara externa con iluminación reflejada.

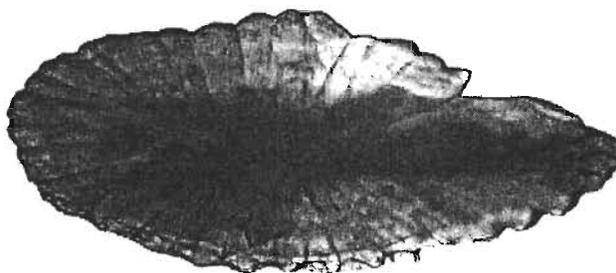


Fig 2 Otolito sagitta derecho de *Oreochromis niloticus* del lago de Coatetelco, Mor. con menor intensidad de luz.

Asociado a la determinación de la edad se encuentra uno de los temas más importantes en dinámica poblacional de los peces, *el crecimiento*. Esta fase inicia cuando el ciclo de vida de un pez empieza en la etapa juvenil de crecimiento rápido y una etapa adulta durante el cual el aumento del tamaño es lento, hasta alcanzarse una máxima asintótica. En el caso de los estadios juveniles o para especies de vida corta, el crecimiento se puede estudiar mediante el análisis de frecuencias de tallas (Everhart y Youngs, 1981).

El crecimiento se puede determinar a partir de la edad; este se puede definir como un proceso de incremento o un desarrollo progresivo en longitud, peso o número de organismos a través del tiempo (Everhart, y Youngs, 1981), provocado por cambios metabólicos. Estos cambios pueden deberse al alimento, ya que la energía obtenida de él es ocupada para crecer en tamaño o en peso (Pauly, 1984). Otro factor puede ser el provocado por el número de individuos usando el mismo recurso, así como la temperatura, el oxígeno disuelto y el espacio (Everhart y Youngs, 1981).

Conociendo la edad podemos determinar el crecimiento del pez y por lo tanto determinar el promedio de la talla que se encuentra en el sistema. El método más usado en pesquerías para explicar el comportamiento del crecimiento en función del tiempo es el modelo de von Bertalanffy, en la forma incorporada por Beverton y Holt (1957) (Gómez-Márquez, 1994; King, 1995).

Por otra parte, ha surgido un gran interés por los métodos basados en la talla para evaluar las poblaciones de peces, esto ha sido impulsado a través de tres factores: los problemas de estimación de la edad; el desarrollo de métodos mejorados para analizar los datos de talla y la disponibilidad de las computadoras (Gulland y Rosenberg, 1992). Existen varios métodos que se utilizan para el análisis de frecuencias de tallas tal como Harding (1949), Cassie (1954), Tanaka (1962), Hasselblad (1966), Bhattacharya (1967), con cada uno de ellos se obtienen los componentes de una distribución de frecuencias de longitud para una población o especie. (Gallardo-Cabello, 1986; Gómez-Márquez, 1994).

En la actualidad el análisis de frecuencia de tallas se realiza mediante histogramas y polígonos de frecuencia; sin embargo, Fox (1990) menciona que existen cuatro problemas al aplicar este tipo de gráficos: el primero es que son discontinuos (el problema se atenúa en los polígonos de frecuencia); el segundo es que el resultado es dependiente del origen (x_0) así como la amplitud y número de intervalos, además usan intervalos con amplitud fija (Salgado-Ugarte y colaboradores, 1993).

Mediante el uso de estimadores de densidad por kernel (EDK), se resuelven los dos primeros problemas. La función ponderal (kernel) es una curva continua, simétrica y que, como función de densidad de probabilidad, integra a la unidad, por lo que produce figuras redondeadas en lugar de rectángulos, resolviendo el problema de la discontinuidad. Además los estimadores de frecuencia (densidad) por kernel no dependen del origen (x_0) y poseen numerosos métodos para seleccionar la mejor amplitud de banda (Silverman, 1986; Salgado-Ugarte y colaboradores, 1993).

ANTECEDENTES

En 1963 la Dirección General de Pesca, de la Secretaría de Industria y Comercio, en coordinación con la Comisión del Papaloapan de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, acordaron se repoblara con lobina negra (*Micropterus salmoides*) y su forrajera mojarra de agallas azules (*Lepomis macrochirus*), en la presa Miguel, Alemán en Temascal, Oax. Dicha introducción no tuvo éxito. Por este motivo y por que las especies nativas no ofrecían conversiones alimenticias adecuadas en el corto plazo, se determinó que las especies a introducir fueran cíclidos africanos del género *Tilapia* (Morales, 1996).

En México la tilapia fue introducida en 1964, procedente de Alburn, Alabama, EUA y fueron depositadas en la Estación Piscícola de Temascal, Oax. (Morales, 1974). Posteriormente en 1979, llegaron a México los primeros ejemplares de *Oreochromis niloticus* procedentes de Panamá y fueron depositados en el Centro acuícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo de donde fueron enviados al centro acuícola de Temascal, Oaxaca (Arredondo-Figueroa y Tejada-Salinas, 1989), incluyendo un lote al lago Coatetelco, Morelos en 1990 (Gómez-Márquez, 1998).

Trewavas (1982) menciona que las tilapias fueron incluidas en el género *Tilapia* y que existen dos grupos principales de incubadores: *Sarotherodon* y *Oreochromis* siendo el último un incubador bucal materno.

Trewavas (1983) separó a la tribu Tilapiini en 4 géneros: *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y *Danakilia* mencionando aspectos de ecología y reproducción para cada especie.

Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986) analizaron la actual situación taxonómica de la mojarra tilapia introducida en México, proporcionaron una clave para la identificación de diferentes especies introducidas.

Arredondo-Figueroa y Tejada-Salinas (1989) proporcionaron una alternativa taxonómica en cuanto a la clasificación de las diferentes especies de tilapias, por medio del análisis del hueso faríngeo.

Seyoum y Kornfield (1992) realizaron investigaciones sobre el DNA mitocondrial para encontrar la identificación de subespecies de *Oreochromis niloticus* a través del fenotipo molecular distintivo.

Respecto a las condiciones reproductivas que poseen las tilapias se cuentan con los trabajos de Fryer e Iles (1972) quienes trabajaron con *Tilapia nilotica* (= *O. niloticus*), encontrando que esta especie alcanza un tamaño de 50 cm y no se reproduce hasta obtener una talla corporal de 28 cm.

Babiker e Ibrahim (1979) encontraron en *Tilapia nilotica* (= *O. niloticus*) que la madurez sexual es alcanzada en el primer año de vida en el río Nilo, Egipto, donde las hembras maduran en tiempo más corto que los machos y se reproducen más de una vez al año.

Fawole y Arwomo (2000) encontraron una proporción sexual de 1:1 en *Sarotherodon galilaeus* con una longitud de madurez sexual de 12.5 cm en machos y 11.7 cm en hembras.

En cuanto a los estudios de edad y crecimiento, los más sobresalientes son las investigaciones sobre otolitos en peces que datan de principios de este siglo. Reibisch (1899) fue el primero que observó al microscopio la presencia de anillos anuales en los otolitos, constituidos por bandas translúcidas denominadas también unidades continuas, alternadas con bandas opacas o discontinuas. Desde entonces y hasta principios de los años 70's se han utilizado los otolitos fundamentalmente para la determinación de la edad y el crecimiento en peces adultos, mediante el recuento de los anillos anuales o estacionales. La lectura del número de anillos anuales sólo permitía la determinación de la edad en peces adultos cuyos otolitos tuviesen anillos de crecimiento bien diferenciados, pero en la actualidad se han encontrado nuevas interpretaciones (Rocha-Olivares, 1993; Morales-Nin, 2000).

Pannella (1971) descubrió marcas de incrementos diarios en otolitos con los cuales determinó la edad y el crecimiento, de igual manera realizó una predicción de la dinámica de los peces y su historia de vida.

Fagade (1974) encontró anillos de crecimiento en opérculo de *Tilapia melanotheron* los cuales fueron formados por la actividad reproductiva y de desove, durante las épocas de humedad y en la temporada de secas detectó la formación de anillos falsos.

Brothers y Mathew (1976) estudiaron los otolitos de diferentes especies y observaron que hay marcas de crecimiento diario que pueden ser utilizados para determinar la edad ya sea en etapa larvaria o adulta, en peces de agua fría o templada.

Tanaka *et al*; (1981) demostraron que en *Tilapia nilotica* (= *O. niloticus*) la depositación continua o discontinua de marcas de crecimiento dependieron del fotoperiodo. Realizaron un experimento invirtiendo el proceso luz-oscuridad y encontraron que esto puede inducir inversamente la formación de marcas.

Campana y Neilson (1985) mencionan que el incremento diario de las marcas de crecimiento en otolitos dependió de muchas variables como el fotoperiodo, la temperatura, la relación depredador-presa y el estrés al cual esta expuesto el individuo.

Alejo *et al*; (1989) realizaron investigaciones en la laguna "El Rodeo" en la especie *O. mossambicus* encontrando un crecimiento de tipo alométrico negativo y obteniendo seis clases de edad por el método de Bhattacharya y siete grupos de edad por medio de la lectura de escamas.

Siddiqui *et al*; (1991) estudiaron el efecto que tiene la temperatura en cuanto al crecimiento en peso de *O. niloticus* en estanques de concreto. Regularon la temperatura durante 98 días y encontraron organismos con peso mayores de 122.4 g.

Zhang y Runham (1992) evaluaron la importancia del alimento y la temperatura sobre el crecimiento de *Oreochromis niloticus* y utilizaron para ello estructuras duras

(otolitos). Observaron que las depositaciones no dependen de las condiciones actuales sino de las condiciones previas.

Zhang y Runham (1992a) estudiaron el efecto que tiene el fotoperiodo en cuanto al crecimiento en otolitos de *Oreochromis niloticus* y reportaron formación de marcas de crecimiento cada 24 horas.

Zhang y Runham (1992b) analizaron el patrón de formación de la microestructura de los otolitos de *Oreochromis niloticus* y mencionan que en individuos jóvenes la formación de marcas de crecimiento es regular, mientras que en peces adultos se pierde la regularidad.

Getabu (1992) en el lago Victoria, obtuvo los parámetros de crecimiento a *Oreochromis niloticus* y encontró un valor de $L_{\infty} = 64.6$ cm con una tasa de crecimiento de $k = 0.254$.

Guardiño *et al*; (1993) determinaron el crecimiento para *Oreochromis mossambicus* por medio del método de Bhattacharya, donde se obtuvieron seis clases de edad y una longitud máxima de 23.34 cm, mientras que con escamas se obtuvieron 6 anillos de crecimiento y el valor de $L_{\infty} = 19.73$ cm.

Guzmán (1994) mediante la lectura de escamas de *Oreochromis aureus* obtuvo seis edades relacionadas con la época reproductiva en la presa Adolfo López Mateos "Infiernillo".

Morales-Nin (1995) examinó el otolito sagitta de tres especies incluida *Oreochromis niloticus* del lago Victoria encontrando un crecimiento diario en los anillos.

Palacios (1995) reportó seis grupos de edad por medio del análisis de frecuencia de tallas para *Oreochromis aureus* en el "Infiernillo" y señala que el tamaño de luz de malla es importante en cuanto a las tallas obtenidas.

Ramos-Cruz (1995) realizó un estudio de reproducción y crecimiento en *Oreochromis aureus*. La estimación de las clases de talla se obtuvo con los datos de distribución de frecuencia de longitud y utilizó el método de Bhattacharya (1967); el crecimiento en tiempo se determinó a través del modelo de von Bertalanffy.

Booth y Merron (1996) llevaron a cabo estudios de edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis macrochir*, de aguas subtropicales africanas. Señalaron que los anillos se forman en verano y que la formación de las marcas de crecimiento son anuales, con una edad máxima de once años. El crecimiento se determinó por medio de la ecuación de von Bertalanffy, cuyos valores de las constantes fueron: $L_{\infty} = 215$ cm; $k = 0.42$ y $t_0 = -0.08$.

Farell y Campana (1996) investigaron la regulación de la depositación del calcio y el estroncio en *Oreochromis niloticus* encontrando una relación entre el ambiente y la concentración de estos materiales en el otolito.

Guardiño y Avelar (1996) realizaron un estudio de edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* basados en estructuras óseas (escamas y hueso opercular).

Señalan 7 clases de edad para la población total y hembras, mientras que en machos encontraron sólo 5 clases de edad con dos periodos de formación de anillos: uno en junio y el otro en diciembre. Asimismo, se obtuvieron las constantes del modelo de von Bertalanffy cuyos valores fueron: L_{∞} = 27.76 cm; k = 0.0727; t_0 = -0.5070 y P_{∞} = 403.21 g.

Admassu y Casselman (2000) determinaron la edad de la tilapia *Oreochromis niloticus* en el lago Awassa en Etiopía, estimaron las zonas traslúcidas y opacas encontrando dos periodos de depositación una en enero-febrero, y otra en junio-julio, coincidiendo las zonas traslúcidas con las bajas de temperatura del lago, validando su información por medio del índice de incremento marginal.

Ekau y Blay (2000) encuentran una relación entre el incremento de tamaño del otolito y la depositación de anillos en *Sarotherodon melanotheron*, observan la primera marca después del periodo de incubación e indican que la depositación es independiente al crecimiento somático del pez.

Panfili y Tomás (2001) realizaron la validación del método de retrocálculo basado en otolitos de dos especies de tilapias: *Sarotherodon melanotheron* y *Oreochromis niloticus*. Analizaron las estructuras con inyección de tetraciclina y realizaron cortes transversales, encontrando que el número de días de crecimiento refleja el número de microelementos contenido en la estructura. Encontraron en el análisis de regresión una pendiente no diferente de 1 e intercepto no diferente de 0 y mencionan que esta técnica tiende a subestimar la edad.

Gómez-Márquez (2002) obtuvo la edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos y encontró valores de L_{∞} = 29.19 cm y una k = 0.07. Utilizó el método de análisis de distribución de frecuencias de longitud y encontró que no existía diferencia significativa (*t-student*, $p>0.05$) entre estos y los datos obtenidos con las escamas. Observó que existe una depositación o formación de un nuevo anillo en diciembre y reportó 4 marcas de edad en escamas.

Massou *et al*; (2002) restringieron el alimento en *O. niloticus* y observaron una disminución en cuanto al crecimiento; sin embargo, en bajos periodos de alimento existió una formación de zonas de crecimiento en sus otolitos, por lo tanto solo redujo su crecimiento y no su depositación de marcas de crecimiento.

Resk *et al*; (2002) realizaron comparaciones en el crecimiento de tilapias egipcias cuando la temperatura disminuyó, encontrando que algunas especies incrementaron su peso cuando aumentó la temperatura.

Se han realizado varios estudios en *Oreochromis niloticus* principalmente referente a trabajos sobre aspectos reproductivos, genéticos y de alimentación; sin embargo, es necesario realizar estudios de edad, crecimiento, mortalidad, selectividad al arte de pesca y de rendimiento pesquero para explotar adecuadamente este recurso.

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

La tilapia pertenece a la familia Cichlidae, la cual es un grupo de peces muy diversos y con una distribución muy amplia en el continente Africano, Centro y Sudamérica, Asia Menor y algunas partes de la India y Ceilán. (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). El nombre "tilapia" es común en África; sin embargo, este nombre incluye tres géneros diferentes como son *Oreochromis*, *Sarotherodon* y *Tilapia*, los cuales difieren en su forma de reproducción (Balfour, 1985; Panfili y Tomás, 2001).

Estos cíclidos han sido introducidos deliberadamente o accidentalmente en áreas tropicales y subtropicales alrededor del mundo con finalidades piscícolas o pesqueras, debido a su alto potencial biológico que les ha permitido adaptarse a diversos ambientes (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986; Panfili y Tomás, 2001).

Los atributos favorables que convierten a la tilapia en una de las especies más apropiadas para la investigación son: gran resistencia física, capacidad de adaptación, rápido crecimiento, resistencia a las enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (O.D.) e intervalos amplios de salinidad, además de su capacidad de alimentarse de una diversidad de productos naturales y artificiales. (Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1996). Poseen características particulares que lo separa del género *Tilapia* (tabla 1).

Tabla 1 Algunas características para separar géneros de *Tilapia* y *Oreochromis* propuestas por Trewavas (1973).

<i>Oreochromis</i>	<i>Tilapia</i>
Planctófagos	Herbívoros
Pocos huevos (menos 700)	Muchos huevos (mas de 700)
Periodo prenupcial corto	Periodo prenupcial largo
Gónadas pequeñas	Gónadas grandes
Los nidos tienen forma de cráter circular	Los nidos tienen forma de orificios pequeños

Trewavas en 1973 en forma radical creó dos géneros distintos: *Tilapia* y *Sarotherodon* basándose en sus diferencias fundamentales como son; sus hábitos reproductivos y alimenticios. La misma Trewavas (1982) decidió separar a la tribu Tilapiini en 4 géneros; *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y *Danakilia* partiendo de los nuevos conocimientos sobre la conducta y el desarrollo de los incubados maternos, paternos y mixtos, agrupando dentro del género *Oreochromis* a los incubadores bucales maternos, nombre que fue asignado a *Oreochromis hunteri* (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Posteriormente Trewavas en 1983 clasificó a la tribu Tilapiini de acuerdo con la naturaleza de su dentición y sus hábitos reproductores en 6 géneros distintos: *Tilapia*, *Tristamella*, *Danakilia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y otro género menos especializado que es *Pelmatochromis*; dicha especie retiene ciertas características que son primitivas en los cíclidos (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1757; figura 3) tiene de 19 a 22 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; AD-XVII-XVIII, con moda de XVII, 12-13; AA III, 10-11; AP I, 5; pectorales 15. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. En cuanto al hueso faríngeo (ver anexo, figura 34), en su parte frontal presenta un área dentada con una menor cantidad de dientes que otras especies, tiene dientes bicúspides en la parte superior y en la inferior dientes monocúspides curvados hacia atrás (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

Tiene una coloración grisáceo oscuro, la aleta caudal tiene franjas negras delgadas y verticales finas. El color de los ojos es rosado claro. El margen superior de la aleta dorsal es negro o gris.

En los machos durante la reproducción, la superficie ventral del cuerpo y las aletas anal, dorsal y pélvicas son negras y la cabeza y el cuerpo tienen manchas rojas; el perfil frontal es convexo (Morales, 1991).

El macho puede ser más grande que la hembra (ver anexo, figura 32); algunas veces con la edad y el desarrollo se presenta en los machos tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza, esto es que presentan un cierto dimorfismo sexual (Balfour, 1985; Morales, 1991).

La línea lateral está interrumpida y se presenta dividida en dos partes: la porción superior que se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal mientras que la porción anterior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal. Presentan escamas de tipo cicloideo (Morales, 1991).

Estas especies son euritérmicas, siendo su intervalo de temperatura desde los 12 a los 42°C. Pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, por lo que se les considera especies eurihalinas (Morales, 1996).

Se reproducen a temprana edad, alrededor de las 8 o 10 semanas, con talla entre 7 a 16 cm, por lo que dificulta el control de la población en los estanques donde se cultiva.

Desovan perfectamente en algún sustrato blando como la arena. La incubación la realizan a temperaturas superiores a los 20°C, bajo estas condiciones los machos maduros delimitan sexualmente su territorio en las que construyen un nido que tiene forma de cráter circular (Muñoz, 1990).

Presentan hábitos alimenticios omnívoros con tendencias a ser plantófaga. En etapas juveniles son zooplantófagos para pasar posteriormente a una alimentación fitoplanctónica o detritívora (Muñoz, 1990).

De acuerdo con Trewavas (1983), la especie que se está trabajando en este estudio en el lago de Coatetelco, Mor. es la siguiente (tabla 2):



Fig 3 *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757).

Tabla 2 Clasificación taxonómica de la especie.

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Osteichthyes
Clase:	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
Infraclasse:	Teleostei
Superorden:	Acanthopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Labroidei
Familia:	<i>Cichlidae</i>
Género:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1757)

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en el estado de Morelos, México, el cual representa el 0.3% de la superficie del país, o sea , 4,958.22 km² del total de la República Mexicana, en la vertiente sur de la Sierra Volcánica Transversal, Subprovincia de las Sierras y Valles Guerrerenses; correspondiente a la Provincia de la Sierra Madre del Sur, localizada en la Región del Balsas, perteneciente a la Cuenca del Río Grande de Amacuzac.

Pertenece al Municipio de Miacatlán en el estado de Morelos; este municipio colinda al noroeste con el Estado de México, al este con los municipios de Temixco y Xochitepec; al sur con Puente de Ixtla y al oeste con los municipios de Coatlán del Río y Mazatepec. Se encuentra entre los 18° 45' latitud norte y 99° 20' longitud oeste (figura 4) a 1,100 m.s.n.m. (Anónimo, 1981).

El clima reportado para la región según García (1989), es del tipo Aw" (w) (i) g, descrito como cálido subhúmedo con dos máximos de lluvia, separados por dos estaciones secas, una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa, régimen de lluvias en verano, isotermal, con diferencia en temperatura entre el mes más frío y el más caliente menor de 5°C; marcha de la temperatura tipo ganges, el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano y de la temporada lluviosa.

La temperatura media anual oscila entre 24 y 26 °C. La temperatura más alta se presenta en mayo (32°C) y la más baja en diciembre y enero con intervalo de 20 a 21°C.

De acuerdo a datos tomados de 1960 a 1996, la precipitación pluvial en el estado de Morelos, se encuentra alrededor de los 899.22 mm, con un valor mínimo de 2.0 mm en marzo y una valor máximo de 191.2 mm durante junio. La precipitación disminuye en agosto (180.9 mm) y junio (173.4 mm) durante la canícula; para posteriormente disminuir hacia el final del año. Los mínimos de precipitación ocurren en febrero (2.5 mm) y marzo (2.0 mm), de acuerdo a los datos de la Comisión Nacional del Agua (CNA) tomados de la estación el Rodeo, Morelos, con registros de 36 años (Anónimo, 2002).

La orografía del municipio es montañosa, al norte se encuentra las montañas Frule y el Picacho que sirve de límite con Ocuila de Arteaga, municipio del estado de México, en su parte media esta el cerro de Tepetzingo que sirve de límite con el municipio de Coatlán del Río, así como el cerro de los Quilotes y el Cerro alto; y el Cerro de los Perritos ubicada dentro de los 1700 m.s.n.m., en este último cerro se encuentran ubicadas las ruinas arqueológicas de Xochicalco.

El tipo de vegetación natural en los alrededores de la laguna esta compuesta por selva baja caducifolia donde predomina el huizache (*Acacia sp*), copal (*Bursera fagaroides* y *B. copallifera*), cazahuate (*Lpomea wolcottiana*) y pochote (*Ceiba pentandra*). La agricultura que se practica en las extensiones cercanas al lago es principalmente cultivos de maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y cacahuate (*Arachis hypogea*) (Anónimo, 1981).

OBJETIVOS

GENERAL.

Determinar la edad de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) mediante la lectura de anillos de crecimiento en los otolitos, así como evaluar el crecimiento.

PARTICULARES.

- Analizar los parámetros físicos y químicos del agua.
- Obtener la relación talla-peso.
- Determinar la distribución de tallas capturadas en el sistema, con el fin de evaluar la explotación de la especie.
- Analizar el número de anillos de crecimiento presentes en los otolitos.
- Evaluar la edad por medio de los otolitos.
- Obtener el crecimiento de la especie por medio de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.
- Determinar el impacto que tiene la selectividad del arte de pesca sobre la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

Para la realización de esta investigación se realizaron muestreos mensuales a partir de noviembre de 2002 a octubre de 2003.

En primer lugar se tomó la temperatura ambiente por medio de un termómetro de $\pm 1^\circ$ C de precisión, se obtuvo la transparencia del lago por medio del disco de Secchi y la profundidad mediante una sondaleza graduada en centímetros. Se anotó la fecha y hora de la colecta.

La toma de muestras de agua en el lago Coatetelco, se realizó en la superficie (0.30 m) por medio de una botella Van Dorn de 2 l de capacidad, donde su contenido fue vertido en botellas de plástico de 500 ml para la determinación de los siguientes parámetros que se analizaron *in situ* mediante los estándares de APHA, AWWA y WPCF (1980).

Se tomó la temperatura del agua, con un termómetro de $\pm 1^\circ$ C de precisión, así como el pH, por medio de un potenciómetro de campo Corning de ± 1 unidad de precisión. La conductividad eléctrica se tomó por medio de un conductímetro de campo Corning de $\pm 1\mu\text{S}/\text{cm}$ de precisión.

Se determinó la concentración de CO_2 , por medio del método volumétrico, la alcalinidad total mediante el método de indicadores, la dureza total y de calcio mediante el método complejométrico.

Se tomo una muestra de agua por medio de botellas D.B.O de 300 ml de capacidad para la determinación de oxígeno disuelto, por medio del método de Winkler con la modificación de azida de sodio.

Todas estas técnicas se realizaron de acuerdo a los criterios establecidos en Arredondo (1986).

RELACIONES BIOMÉTRICAS.

Se obtuvo una muestra de 437 organismos de noviembre 2002 a octubre del 2003 por medio de la captura comercial y basados en el arte de pesca por medio de una red agallera con abertura de luz de malla de 2 ½ pulgadas o 6.0 cm.

Mensualmente se obtuvo alrededor de 30 especímenes, a los cuales se les realizaron la siguiente biometría en campo: longitud total, longitud patrón y altura por medio de un ictiómetro de ± 0.1 cm (ver anexo, figura 31) y el peso total con una balanza digital.

El sexo se determinó por medio de las diferencias sexuales primarias y secundarias que presentaba la especie de acuerdo a las claves de Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986). Después se obtuvo el estadio de madurez extrayendo las gónadas por medio de un corte transversal con bisturí o tijeras desde el gonoporo hasta los radios branquiostegos; posteriormente se extrajo el hígado, el intestino, estómago y las gónadas a las cuales se les determinó el grado de madurez por medio de la escala de Holden y Rait (1975). Posteriormente se pesó al organismo eviscerado (con una balanza digital).

Se realizó una decapitación, separando lo que es la cabeza del cuerpo del pez por medio de un cuchillo filoso. A la cabeza se le realizó un corte transversal por arriba de los ojos del pez quitando la tapa del cráneo (Secor *et al*; 1991; Gonzáles, 1977), mediante este procedimiento se consiguió con unas pinzas sacar cuidadosamente el par de otolitos sagitta contenidos en la cápsula ótica, los cuales se colocaron en un frasco de polietileno de 15 ml de capacidad, cada frasco contenía hidróxido de amonio al 5%, posteriormente los recipientes fueron trasladados al laboratorio (ver anexo, figura 33).

Se tomó una muestra de peces (aproximadamente 40) los cuales se fijaron en formalina comercial al 10% para su determinación en el laboratorio con el fin de identificar a la especie en estudio.

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE.

Los peces que se fijaron con formalina se lavaron con agua corriente y se conservaron en alcohol etílico al 70%. En la determinación taxonómica se utilizaron las claves propuestas por Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986), así como el criterio del hueso faríngeo (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989). Las características merísticas que se tomaron de acuerdo a estos criterios fueron el número de branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial, número de radios y espinas en la latea dorsal, anal y pélvica, los radios de la aleta pectoral, el número de escamas en una serie longitudinal, número de escamas transversales y sobre la mejilla, vértebras, así como la altura cefálica, diámetro del ojo y el largo y ancho del hueso faríngeo.

ANÁLISIS DE LOS OTOLITOS.

El análisis de las marcas de crecimiento en cada uno de los otolitos se realizaron visualizando la cara inferior de la estructura dura, quedando lo que es la parte del surco del otolito hacia arriba; posteriormente las estructuras se sumergieron en agua corriente contenida en una caja petri. Se utilizó un estereoscopio Nikon modelo SMZ-2T con fondo oscuro e iluminación reflejada, con la cual los anillos hialinos, de menor densidad óptica, aparecieron oscuros o translúcidos y los opacos de mayor densidad óptica, se vieron blanquecinos (Masuda *et al*; 2000; Aguayo y Gili, 1984). Las lecturas de las marcas se realizaron por tres personas por separado y posteriormente en conjunto de acuerdo al método de Porak *et al*; (1988), con el fin de determinar el número real de anillos completos observados.

RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN.

Se realizó una regresión lineal entre la longitud total y la longitud patrón para determinar la variable a utilizar en todo el estudio; así mismo, se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA, $p \leq 0.05$) para establecer si alguna de las longitudes varió conforme al sexo; en este caso al ser la longitud la variable covariada, se realizó una interacción entre las diferencias entre pendientes. Así mismo se corroboró cual regresión de estas dos variables iba a ser la que presentaba mayor longitud y peso conforme al sexo.

RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL.

Tanto a la población total como a hembras y machos (437 total) se les realizó una regresión entre el peso y la longitud total, la cual fue de tipo potencial por lo que se tuvo que linearizar para obtener el intercepto y el origen.

Para determinar si existía diferencia significativa entre sexos, se efectuó un análisis de covarianza (ANDECOVA, $p \leq 0.05$), entre la variable covariada longitud, y la variable peso, realizando una interacción de las diferencias entre pendientes, ya que la variable sexo no es una variable continua.

De acuerdo a lo anterior se aplicó la fórmula de regresión peso-longitud a cada uno de los sexos por medio de la siguiente expresión (Ricker, 1975):

$$P = aL^b$$

P = Peso total.

L = Longitud total o patrón.

a y b = Constantes.

Se linearizó la relación entre el peso total y la longitud total, obteniendo una pendiente (b) que indicó el tipo de crecimiento de la población (alométrico o isométrico), validada por una prueba *t-student* ($p < 0.05$) (Pauly, 1984; Daniel, 1993).

PROPORCIÓN SEXUAL.

Mensualmente se determinó la proporción sexual por medio de una prueba de bondad de ajuste (χ^2 ; $p < 0.05$) observando si la población cumplía con la propuesta presentada por Nikolsky (1963) de una proporción 1:1 hembra: macho.

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN UNIVARIADA DE HISTOGRAMAS, ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL (EDK) Y EL MÉTODO DE POWELL-WHETERALL.

Siguiendo con el procedimiento se realizó un análisis de frecuencia de tallas con 156 individuos de los meses de enero y febrero, obteniendo un histograma el cual presentó un número determinado de modas, después se analizó la frecuencia de tallas mensualmente encontrando nuevamente un número de modas por mes.

Cuando se utilizan los datos de talla para estimar el crecimiento, se está tratando de determinar una escala temporal a partir de un conjunto de datos que no contiene ninguna información explícita sobre el tiempo. Por lo general la distribución de tallas de los organismos es multimodal, con las modas representando, bajo ciertas condiciones, grupos de organismos de edad semejante. La posición de las modas en una sola temporada no dice todo lo que necesitamos saber para conocer el crecimiento. Se han elaborado una serie de métodos distintos que consideran la distribución de frecuencias en su conjunto (Gulland y Rosenberg, 1992); estos métodos pueden ser los histogramas y polígonos de frecuencia. Recientemente se han propuesto métodos más eficientes para el análisis de la frecuencia de tallas, uno de esos métodos son los EDK (Estimadores de Densidad por Kernel) (Salgado-Ugarte *et al*; 1993). Los EDKs proporcionan estimaciones más suaves y permiten reconocer con mayor facilidad características de la distribución tales como multimodalidad, sesgo y casos extraordinarios (Salgado-Ugarte *et al*; 2000). Una visión tan detallada de la distribución de los datos no puede obtenerse con los diagramas univariados de dispersión, así como tampoco con los diagramas de caja (Salgado-Ugarte, 2002).

Los estimadores de densidad (frecuencia) dan a cada dato un valor de peso. En los histogramas cada dato vale una unidad de frecuencia y cada valor está centrado en el intervalo al que pertenece. En los EDKs el valor asignado a cada dato es uno (como en los histogramas) pero se considera una función de variación gradual (una función coseno o Gaussiana) y dicho valor está centrado en la posición de valor de cada uno de los datos (no el centro de intervalos que contienen a los datos) y tendrá un ancho dado por la "amplitud de banda" (h) (Salgado-Ugarte, 2002).

En primera instancia, en la construcción de EDKs se puede utilizar una función ponderal semejante a la de los tradicionales histogramas (constante, uniforme, cuadrada o rectangular). Estos estimadores simples de densidad eliminan la discontinuidad local de los intervalos de los histogramas, pero siguen teniendo algo de ruido; para resolver este problema causado por las esquinas cuadradas de la ecuación ponderal rectangular se utiliza un estimador más sofisticado como kernel (Salgado-Ugarte, 2002).

En el uso de los EDKs un problema importante que persiste es la elección del ancho de banda para la estimación. No obstante, se han propuesto un conjunto de procedimientos estadísticos para definir el "mejor" ancho de banda, tales como las reglas prácticas, la validación cruzada (mínimos cuadrados y sesgada) y la prueba de Silverman basada en un muestreo repetitivo con reemplazamiento (*bootstrap*) la cual permite evaluar la multimodalidad y el número de grupos en una muestra.

En distribuciones multimodales es posible suponer que cada moda representa a un grupo de organismos con edad semejante (cohortes). Estos grupos pueden estar representados por curvas Gaussianas. Para obtener los parámetros (media, desviación estándar y tamaño) que definen a cada uno de estos componentes es posible utilizar el método de Bhattacharya (1967). Estos parámetros Gaussianos pueden emplearse como valores iniciales para estimar directamente los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (Salgado-Ugarte *et al.* 2000, 2000a).

La expresión general que define a un EDK es la siguiente (Silverman, 1986; Fox, 1990):

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

Donde $f(x)$ es la estimación de densidad de la variable de x ; n es el número de observaciones; h es la amplitud de la banda o parámetro de suavización, $K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$ la función kernel que es una densidad de probabilidad suave, simétrica y que integra la unidad (Salgado-Ugarte, 2002; Galindo, 2002).

Los EDK presentan un problema importante en cuanto al gran número de cálculos y el consumo de tiempo para resolverlos, a menos que se utilicen tamaños de muestra moderados; por lo que Scott (1985) sugirió promediar varios histogramas para obtener el *Histograma Desplazado Promedio (HDP)* para resolver este problema. Posteriormente, Härdle y Scott (1988) desarrollaron la estructura más general denominada *Promedio Ponderado de Puntos Redondeados (PPPR)*; con estos métodos se ahorrará tiempo y se arrojarán valores que producirán una adecuada estimación de densidad por kernel. (Salgado-Ugarte *et al.*, 1993, 2000a).

Se calcularon los histogramas y los polígonos de frecuencia a través de las rutinas implementadas por Salgado Ugarte *et al.* (1993, 1995a, 1995b, 1997) por medio del programa estadístico Stata (Stata Corporation, 1999) y el programa EDK 2000 (Salgado-Ugarte *et al.*; 2000). Para elegir las amplitudes de banda se consideraron las reglas prácticas (óptimas y sobre suavizadas), la validación cruzada, sesgada y la prueba de Silverman (Silverman, 1981; Härdle, 1991; Scott, 1992).

Salgado-Ugarte (2002) cita a Scott (1992) el cual menciona que las amplitudes sobre suavizadas son herramientas útiles para la elección de la amplitud de intervalo de histogramas y polígonos de frecuencia, así como para la selección de la amplitud de banda en estimadores de densidad por kernel.

Para el cálculo de los anchos de banda por reglas óptimas y sobre suavizadas se utilizó la rutina de Salgado-Ugarte *et al.* (1995a) implementada para Stata (Stata Corporation, 1999).

VALIDACIÓN CRUZADA POR MÍNIMOS CUADRADOS (VCMC) Y VALIDACIÓN CRUZADA SESGADA (VCS).

Después de la aplicación de las reglas prácticas, se llevó a cabo la validación cruzada (VC) la cual sirvió para la elección automática del parámetro de suavización (amplitud de banda).

Dentro de este método existen dos tipos; la VC *por máxima verosimilitud* y VC *por mínimos cuadrados* (VCMC), esta última es la más usada. Se estimó la amplitud de banda (h) o el parámetro de suavización por medio de VCMC realizado por medio de un kernel Gaussiano y la Validación Cruzada Sesgada (VCS) con el kernel de tipo Triponderado; sin embargo, se pueden convertir de la amplitud de banda óptima obtenida con cualquiera de las funciones anteriores a otra función kernel por medio de los factores de interconversión (Salgado-Ugarte 2002; Galindo, 2002).

$$h_i = h_T \times 0.336$$

$$h_T = h_i \times 2.978$$

h_T = amplitud de banda para kernel triponderado

h_G = amplitud de banda para kernel Gaussiano.

Para este método se uso la rutina de Salgado-Ugarte *et al*; (1995) implementada para Stata (Stata Corporation, 1999).

PRUEBA DE MULTIMODALIDAD DE SILVERMAN.

Se ejecutó posteriormente la prueba de Silverman (1981) para multimodalidad. Este procedimiento utiliza técnicas no-paramétricas de estimación de densidad por kernel para determinar el número más probable de modas en la densidad subyacente, esta prueba combina la estimación de densidad por kernel con un procedimiento de prueba jerárquico de muestreo repetitivo (*bootstrap*) para determinar el número más probable de modas.

Para esta prueba se realizaron los siguientes pasos:

- 1) Se determinó el valor de la banda crítica para una serie de número de modas.
- 2) Se generaron muestras repetitivas (*bootstrap*) con el valor de amplitud de banda crítica para un número específico de modas.
- 3) Se evaluó la significancia para el número especificado de modas contando los máximos de densidad de cada una de las muestras repetitivas (*bootstrap*) y dividiendo el número de veces que se obtienen más modas que las probadas entre el total de muestras bootstrap (valor de p).
- 4) Se generó el EDK utilizando la amplitud de banda que corresponde al número estadísticamente significativo de modas indicado por los valores de p

(un número intermedio en el recorrido de amplitudes que proporcionan el mismo número de modas).

Las pruebas de multimodalidad de Silverman se realizaron de acuerdo a las rutinas descritas por Salgado-Ugarte *et al.*; (1997) incluidas en el programa Stata (Stata Corporation, 1999).

El siguiente paso fue realizar la determinación para la caracterización de los componentes Gaussianos por el método de Bhattacharya (1967); por este método se trató de estimar los componentes Gaussianos considerando proporciones bien separadas de los componentes en distribuciones mezcladas (Salgado-Ugarte *et al.*, 1994).

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE TALLAS A TRAVÉS DEL MÉTODO DE POWELL WHETERALL.

Se realizó el método gráfico de Powell-Wheterall (Wheterall, 1986; Powell, 1979; citados en Sparre y Venema, 1992) por medio del análisis de frecuencia de tallas para determinar el estimado de L_{∞} a través de la ecuación:

$$\bar{L} - L' = a + bL'$$

\bar{L} = talla media de los peces de longitud L' y más grandes

L' = Alguna talla en la que todos los peces de ese tamaño y más grandes están sometidos a una explotación plena.

a y b = constantes.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS.

A una muestra de 437 organismos se le extrajeron los otolitos de la cápsula ótica del pez, a estas estructuras se le midió el radio total (R) en su eje medio, el cual correspondió a la distancia entre el primordio y el margen anterior a lo largo del eje sulcus, así como la distancia entre el primordio y cada uno de los anillos que este presenta (r_n) (Panfili y Tomás, 2000). Posteriormente se verificó por medio de un ANDECOVA ($p \leq 0.05$) si existían diferencias significativas entre sexos; este procedimiento se realizó mediante la interacción entre la covariable radio y la longitud total.

Se hizo una regresión entre el radio de los otolitos (R) contra las longitudes observadas de los individuos, cuando los peces fueron capturados, con el fin de observar la tendencia que presentan los datos.

A continuación, por medio del método del retrocálculo se obtuvieron las longitudes que tuvieron los individuos cuando fueron formados cada uno de los anillos de crecimiento (Gómez-Márquez, 1994). Para determinar la longitud del pez correspondiente a cualquier

longitud del otolito, se utilizó la ecuación de Fraser (1916) y Lee (1920) (citados en Tesch, 1968):

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

l_n = Longitud del pez cuando el anillo n fue formado.

r_n = Radio del anillo n.

R = Radio de la escama.

L = Longitud del pez cuando la estructura fue obtenida.

Donde c es el intercepto, el cual correspondería de acuerdo a Rosa Lee, a la longitud del pez al tiempo de aparición del anillo del otolito (Gómez-Márquez, 1994). De esta manera se obtuvo la longitud cuando cada anillo se formó. Posteriormente se calculó la longitud promedio para cada edad obtenida así como la desviación estándar y la amplitud de los valores. Los datos de longitud para cada anillo o para cada edad se graficaron por medio del diagrama de cajas para analizar la información respecto a la presencia de casos extremos que se presentaron.

El Índice de Incremento Marginal, el cual es una medida relativa de incremento del material opaco en el borde del otolito con respecto a la zona de crecimiento anterior del mismo, determinó los meses en que existe una depositación de carbonato de calcio y la formación de un nuevo anillo opaco: Este índice se calculó mediante la siguiente ecuación (Aguayo y Gilí 1984):

$$I.I.M = \frac{R_0 - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

R_0 = radio del otolito.

r_n = radio del último anillo

r_{n-1} = radio del penúltimo anillo.

CRECIMIENTO.

Para determinar el crecimiento se utilizó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy el cual fue incorporado al estudio de las pesquerías por Beverton y Holt (1957). El modelo está basado sobre conceptos fisiológicos que se han encontrado en otras especies y los parámetros utilizados son la longitud obtenida por medio de la frecuencia de tallas, por el método de marcaje o por medio de las marcas de crecimiento formadas en las partes duras del pez (otolitos) (King, 1995). Este modelo se ajusta mejor a los datos de crecimiento observado en los peces o por lo menos para el periodo después del punto de inflexión en la curva de crecimiento absoluto (Everhart y Youngs, 1981).

La ecuación de von Bertalanffy satisface varios criterios como por ejemplo:

- a) Se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de peces.
- b) Puede incorporarse fácilmente a modelos para evaluación de poblaciones.

Este modelo se basa principalmente:

- 1) La tasa de crecimiento de un animal se puede pensar como la diferencia existente entre las tasas de anabolismo y catabolismo.
- 2) El crecimiento es el resultado neto de la acumulación y la destrucción de materia celular (Gómez-Márquez, 1994).

Considerando todos estos criterios el modelo es el siguiente:

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

L_{∞} = Longitud asintótica, aquella longitud que alcanzará un animal a una edad ∞ .

k = Tasa de crecimiento.

t_0 = Edad teórica para la longitud del pez igual a cero.

La importancia que tiene k como un indicador en la dinámica de las cohortes que componen un subconjunto de una especie hace que sea conveniente estimar su valor.

$$k = -\ln(b)$$

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

El parámetro remanente en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, puede ser sólo estimada si la longitud a una particular edad es conocida (King, 1995).

En cuanto al método de Beverton y Holt (1957, citado en Gómez-Márquez, 1994), nos menciona que en muchas ocasiones resulta difícil acotar una gama de valores dentro de la que debe encontrarse el verdadero valor de L_{∞} . Este método propone utilizar un valor de ensayo de L_{∞} y estimar un mejor valor de k y t_0 , proponen ensayar varios valores de L_{∞} y conservar aquel que produzca una mejor linearización de los puntos en la representación de una gráfica, lo cual depende de la cantidad de puntos que tengamos y de la calidad de las estimaciones de la talla.

Por último, se utilizó el procedimiento estadístico multivariado como una prueba de comparación de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de dos grupos de datos (hembras y machos) por medio de la T^2 de Hotelling (Bernard, 1981), empleando las técnicas de Salgado-Ugarte, 2004.

SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA.

Se obtuvo la curva de selectividad (probabilidad de captura) de las diferentes tallas por medio de la red agallera con abertura de luz de malla de 6.0, 7.0 y 8.0 cm utilizada en el lago de Coatetelco por medio del método propuesto por Holt 1963 (citado en Pauly, 1984) y el de Sparre y Venema (1992).

RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

Para este estudio se estableció un punto de muestreo el cual se ubicó a los 956 m.s.n.m. entre los 18° 49' 39.5" longitud norte y 99° 19' 57.5" latitud oeste; todos los parámetros fueron tomados en superficie (0.30 m).

La profundidad mínima registrada fue de 0.6 m durante el mes de abril con una transparencia del disco de Secchi de 0.1 m; mientras que el valor máximo se registró en octubre con 1.6 m de profundidad y 0.05 m de transparencia (figura 5). En cuanto a los valores registrados exclusivamente para la transparencia del disco de Secchi, se encontró 0.05 m como mínimo en octubre y 0.25 m en los meses de febrero y septiembre.

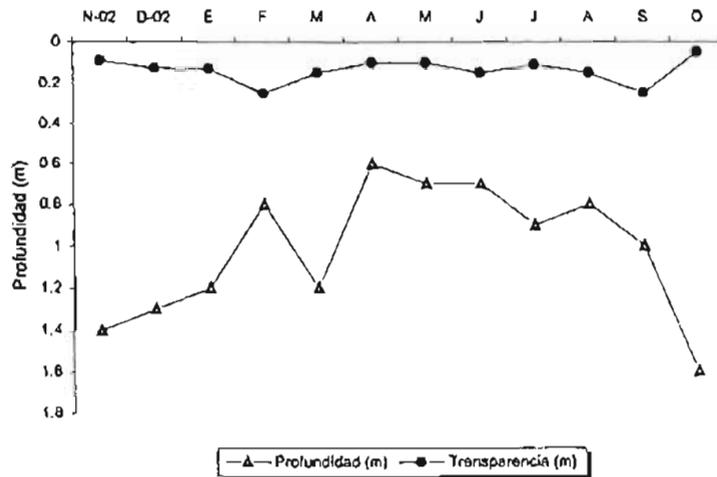


Fig. 5 Profundidad y Transparencia en el lago Coatetelco, Mor.

La temperatura mostró fluctuaciones entre la ambiental y la del agua; para este último, el valor mínimo fue de 23.0 °C en febrero y se presentó un máximo de 35.3 °C en marzo (figura 6). En cuanto a la temperatura ambiente se registro un valor mínimo de 26.0 °C en junio y un máximo en marzo de 34.5 °C.

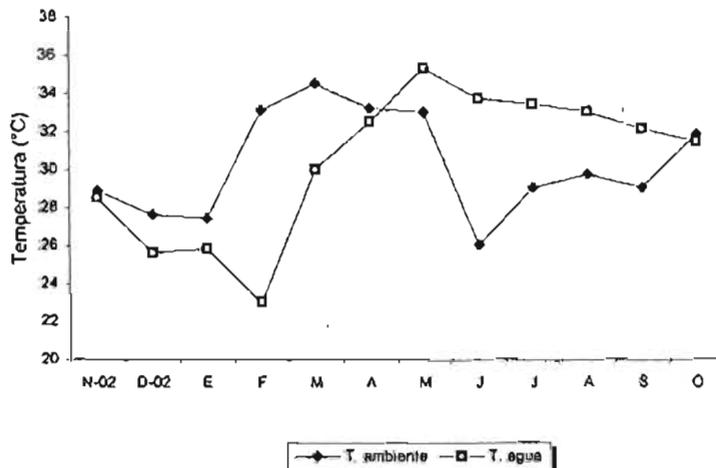


Fig. 6 Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua.

Respecto a los niveles de oxígeno disuelto (figura 7) se obtuvieron valores de 5.4 mg/l en octubre y 14.4 mg/l durante enero, con un promedio de 8.94 mg/l, encontrándose una tendencia a aumentar durante la temporada de invierno para disminuir durante la época cálida y de lluvias. En cuanto al pH del agua, éste varió de 8.07 en mayo a 9.8 unidades en enero, con promedio de 8.71 unidades; la tendencia fue incrementar durante la temporada de secas y disminuir a partir del mes de junio, durante la temporada de lluvias.

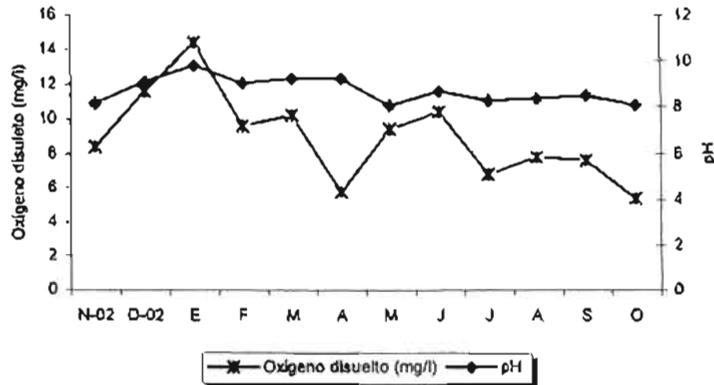


Fig. 7 Variación mensual de los niveles de oxígeno disuelto (mg/l) y pH.

La dureza total (figura 8) fue mayor a la alcalinidad registrando valores de 117.6 mg/l en noviembre y 225.25 mg/l en abril con un promedio de 162.74 mg/l. La alcalinidad total fluctuó entre 11.0 mg/l en octubre y 50.0 mg/l durante marzo y abril, con promedio de 33.5 mg/l. En cuanto a la conductividad, esta osciló entre 444 μ S/cm en octubre y 745 μ S/cm en abril, con un promedio de 575.25 μ S/cm, esta variable se relacionó con la dureza total.

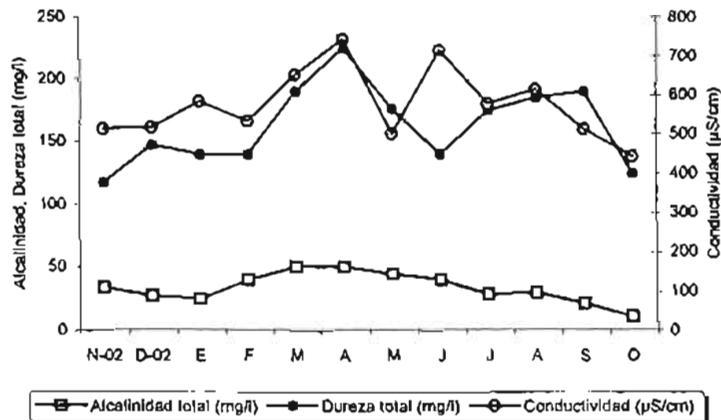


Fig. 8 Relación entre la alcalinidad total, la dureza total (mg/l) y conductividad (μ S/cm).

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE.

Para la identificación de la especie se tomaron datos morfométricos y merísticos de una muestra de peces de 58 individuos tomados al azar (tabla 3).

Tabla 3 Datos merísticos y morfométricos para la determinación de la especie.

Caracteres morfométricos y merísticos	Promedio
Longitud total (cm)	15.22
Longitud patrón (cm)	11.92
Altura máxima (cm)	5.4
Diámetro del ojo (cm)	1.2
Largo del hueso faríngeo (cm)	1.3
Ancho del hueso faríngeo (cm)	1.45
Escamas en una serie longitudinal	33
Escamas trasversales	16
Escamas sobre las mejillas	3
Aleta dorsal	XVI-13
Aleta pectoral	I-5
Aleta pélvica	15
Aleta anal	III-10
Branquiespinas	20

De acuerdo a las claves de Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986) y Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas (1989) se determinó que la especie en estudio fue *Oreochromis niloticus*, la cual presentó un color morado oscuro en el cuerpo, con el filo de la aleta dorsal de color negro, la cabeza rojo púrpura, el vientre rojo o morado y la aleta dorsal presentó líneas negras verticales finas, el color de los ojos fue rosado claro. En los machos durante la reproducción, la superficie ventral del cuerpo y las aletas anal, dorsal y pélvicas fueron negras, con ligeras manchas rojas en la cabeza y el cuerpo.

La temporada de desove de *O. niloticus* es todo el año, a intervalos de 30 a 60 días, acentuándose en los meses de marzo, mayo y agosto.

Otra característica importante fue el hueso faríngeo, en el cual se observaron dientes bicúspides curvados hacia atrás en la parte superior y monocúspides en la parte inferior con la misma curvatura. La pigmentación se presentó solo en la parte superior del hueso (ver anexo, figura 34).

RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN.

Por medio de la captura comercial y basados en sus artes de pesca se obtuvo una muestra de 437 individuos de *Oreochromis niloticus* (Linneaus, 1757) de noviembre de 2002 a octubre de 2003. En esta muestra 35 organismos fueron hembras, 310 machos y 92 indeterminados (tabla 4).

Tabla 4 Número de organismos capturados de *Oreochromis niloticus* por mes en el lago Coateteleco, Morelos.

Mes	Hembras	Machos	Indeterminados	Total
Noviembre 2002	5	22	0	27
Diciembre 2002	4	28	0	30
Enero	3	25	0	28
Febrero	5	29	92	126
Marzo	9	21	0	30
Abril	4	16	0	20
Mayo	1	29	0	30
Junio	1	23	0	24
Julio	1	29	0	30
Agosto	0	31	0	31
Septiembre	2	29	0	31
Octubre	0	30	0	30
Total	35	310	92	437

El intervalo de tallas en longitud total para la población de *O. niloticus* osciló entre 2.4 y 23.2 cm con 0.3 y 152.7 g de peso total; en los machos varió de 7.2 a 23.2 cm con peso de 7.7 a 152.7 g y para las hembras los valores oscilaron entre 10.2 y 16.4 cm con un peso de 16.7 a 77.8 g. El intervalo de longitud de los individuos inmaduros fue de 2.4 a 7.8 cm con peso de 0.3 a 8.4 g (tabla 5).

Tabla 5 Valores de longitud total y peso para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coateteleco, Morelos.

	Hembras		Machos		Indeterminados		Total	
	Lt (cm)	Peso (g)	Lt (cm)	Peso (g)	Lt (cm)	Peso (g)	Lt (cm)	Peso (g)
Mínimo	10.2	16.7	7.2	7.7	2.4	0.3	2.4	0.3
Máximo	16.4	77.8	23.2	152.7	7.8	8.4	23.2	152.7
Promedio	14.76	54.37	15.2	80.2	3.92	1.37	13.10	49.37
n	35		310		92		437	

En la figura 9 se presenta la relación entre la longitud total y longitud patrón y en ella se muestra una relación lineal entre las variables. Para esta relación se llevó a cabo el análisis de covarianza (ANDECOVA, $p \leq 0.05$) para determinar si existía diferencias significativas entre las longitudes y el sexo (tabla 6), en esta prueba se realizó una interacción entre la covariable longitud y la variable sexo.

Esta prueba mostró que no existen diferencias significativas entre sexos en cuanto a las longitudes ($F= 0.39$; $p>0.05$), pero debido a que la especie presenta un dimorfismo sexual marcado se ejecutaron las regresiones tanto para hembras como para machos.

Tabla 6 Análisis de Covarianza (ANDECOVA) entre la longitud y el sexo para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coatepeco, Morelos.

	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Prob>F	$R^2=0.9919$
Modelo	6181.7925	5	1236.3585	10881.72	0.000	
Lt (cm)	123.8904	1	123.8904	1090.41	0.000	
Sexo	1.246832	2	0.6234162	5.49	0.0044	
Lt*sexo	0.089623	2	0.0448119	0.39	0.6743	
Residual	48.96932	431	0.1136179			
Total	6230.7619	436	14.290738			

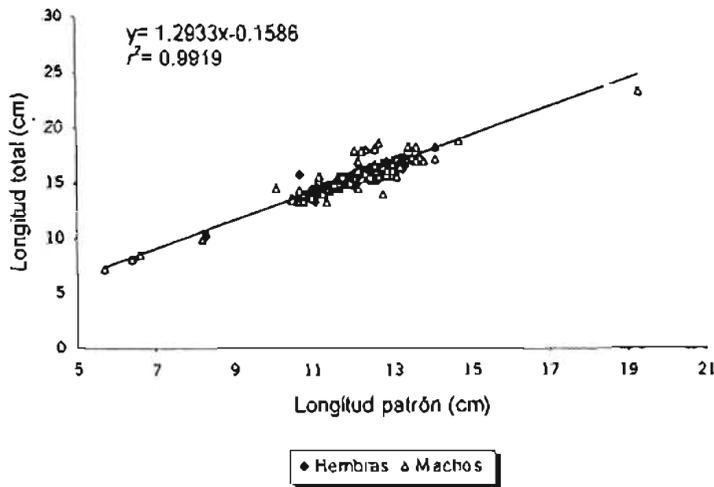


Fig. 9 Relación longitud total-longitud patrón para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatepeco, Mor.

El coeficiente de determinación de la longitud total-longitud patrón ($r^2=0.9919$, $p<0.05$) indicó que la relación entre longitudes es cercana, por lo tanto los valores calculados por el modelo son adecuados para predecir una variable a través de la otra en este estudio.

RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL.

En la tabla 7 se presentan los diferentes modelos de crecimiento para la población total con relación a las diferentes tallas (total y patrón) y al peso.

Para este estudio la variable que presentó mayor relación con respecto al peso fue la longitud total ($r^2=0.9915$, $p<0.05$), la cual se utilizó para todos los análisis estadísticos.

La longitud patrón presentó un coeficiente ligeramente menor ($r^2=0.9908$, $p<0.05$); y aunque esta medida es usualmente utilizada en este tipo de trabajos por tener mayor precisión que otras; la diferencia fue mínima, por lo que se decidió utilizar aquella que tuviera mayor relación con el peso.

Tabla 7 Relación peso-longitud (total y patrón) para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

	Longitud patrón (cm)	Longitud total (cm)
Población	$P = 0.0382L_p^{2.9544}$	$P = 0.0227L_t^{2.7768}$
r^2	0.9908	0.9915
d.e.	0.2472	0.2540
Pendiente	2.9544	2.8768

Para la relación peso total-longitud total se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA, $p \leq 0.05$), en donde las pendientes mostraron que existen estadísticamente diferencias significativas entre machos y hembras ($F=16.35$; $p<0.05$), por lo que los datos fueron considerados por sexo; ya que el género *Oreochromis* posee un dimorfismo sexual marcado, por lo que se recomienda trabajar por sexos y realizar a cada uno su regresión para posteriormente comparar el tipo de crecimiento que se obtiene a lo largo del estudio (tabla 8).

Tabla 8 Análisis de Covarianza (ANDECOVA) entre el peso y la longitud total para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Prob>F	$R^2=0.9915$
Modelo	233.0506	5	46.6101	11108.93	0.000	
Lt (cm)	2.693347	1	2.69334	641.92	0.000	
Sexo	0.179240	2	0.0896	21.36	0.000	
Lt*sexo	0.137216	2	0.0686	16.35	0.000	
Residual	1.808362	431	0.0041			
Total	234.8590	436	0.5386			

El análisis de regresión peso total-longitud total para la población de *Oreochromis niloticus* fue de tipo potencial con un coeficiente de determinación de $r^2=0.9915$, $p<0.05$ (figura 10). El mismo comportamiento y significancia mostraron las poblaciones de hembras y machos ($p<0.05$), presentando una diferencia mínima en el coeficiente de determinación (hembras $r^2=0.7932$, $p<0.05$ y machos $r^2=0.7162$, $p<0.05$).

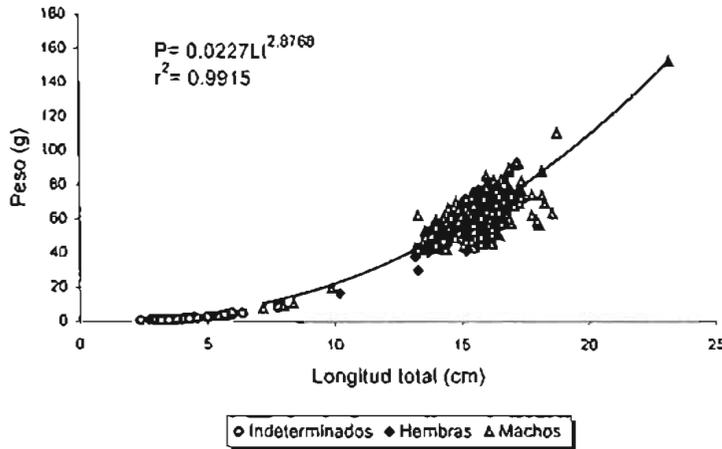


Fig. 10 Relación peso-longitud total para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Para determinar el tipo de crecimiento que presentó la población se desarrolló la prueba de hipótesis en donde se compararon las pendientes para determinar si eran iguales o diferentes de tres ($H_0: B=3$, $H_a: B \neq 3$). Cuando se aplicó la prueba *t-student* al valor de la pendiente (tabla 9), se registró que la población total tuvo un crecimiento de tipo alométrico negativo ($b=2.87$, $t\text{-student}=-9.37$, $p<0.05$); en el caso de los machos la pendiente fue similar ($b=2.28$, $t\text{-student}=-8.66$, $p<0.05$) lo que indicó que los peces crecen más en longitud que en peso; sin embargo, las hembras mostraron un crecimiento de tipo alométrico negativo con tendencia a la isometría ($b=2.98$, $t\text{-student}=-0.071$, $p>0.05$); esto es, que el animal incrementó todas sus dimensiones de su cuerpo tanto en longitud como en peso.

Tabla 9 Prueba de *t-student* ($p<0.05$) para las pendientes de la relación peso-longitud total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

	Pendiente (b)	Prueba de t	Valor teórico	No. individuos	Prueba de hipótesis $H_0: B=3$, $H_a: B \neq 3$
Total	2.8768	-9.374976	-1.96	345	Rechaza
Hembras	2.9811	-0.071328	-1.96	35	No Rechaza
Machos	2.2889	-8.661744	-1.96	310	Rechaza

PROPORCIÓN SEXUAL.

La proporción de sexos ($\chi^2=219.20$; $p<0.05$) obtenida por la especie fue 1:8.85 (hembra:macho) con diferencias mensuales significativas entre los sexos.

De un total de 437 individuos, 35 fueron hembras (8.0%), 310 machos (70.93%) y 92 indeterminados (21.05%). Como se puede observar en la tabla 10, el sexo predominante por mes fueron los machos, mientras que las hembras se encontraron en muy baja proporción, inclusive en los meses de agosto y octubre no se obtiene muestra de este sexo; mientras tanto los especímenes indeterminados se presentaron solo en el mes de febrero.

Tabla 10 Proporción sexual para *Oreochromis niloticus*.

Mes	Machos (M)	Hembras (H)	Total	χ^2	p	Dominante H:M
Noviembre 2002	22	5	27	10.70	*	1:4
Diciembre 2002	26	4	30	16.13	*	1:6
Enero	25	3	28	17.29	*	1:8
Febrero	29	5	34	16.94	*	1:6
Marzo	21	9	30	4.80	*	1:2
Abril	16	4	20	7.20	*	1:4
Mayo	29	1	30	26.13	*	1:29
Junio	23	1	24	20.17	*	1:23
Julio	29	1	30	26.13	*	1:29
Agosto	31	0	31	31.00	*	-
Septiembre	29	2	31	23.52	*	1:14
Octubre	30	0	30	30.00	*	-
Total	310	35	345	219.20	*	1:8.85

*=significativo ($p<0.05$), $gl=1$.

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN UNIVARIADA DE HISTOGRAMAS, ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL (EDK) Y EL MÉTODO DE POWELL-WHETERALL.

En la figura 11 se observa el histograma de distribución de frecuencias de tallas para los meses de enero y febrero, esta muestra constó de 156 individuos los cuales presentaron tallas que van desde 2.4 hasta 18.8 cm de longitud total. Estos meses se eligieron ya que mostraron una mejor representación de los datos. Claramente se observaron dos modas, la primera a los 3.5 cm correspondiente a ejemplares jóvenes y la segunda moda a los 15.9 cm, pertenecientes a los individuos adultos. Las modas se encontraron visiblemente separadas una de la otra presentando un sesgo hacia valores mayores de 9.9 cm, esto a consecuencia de la selectividad del arte de pesca utilizado en este muestreo.

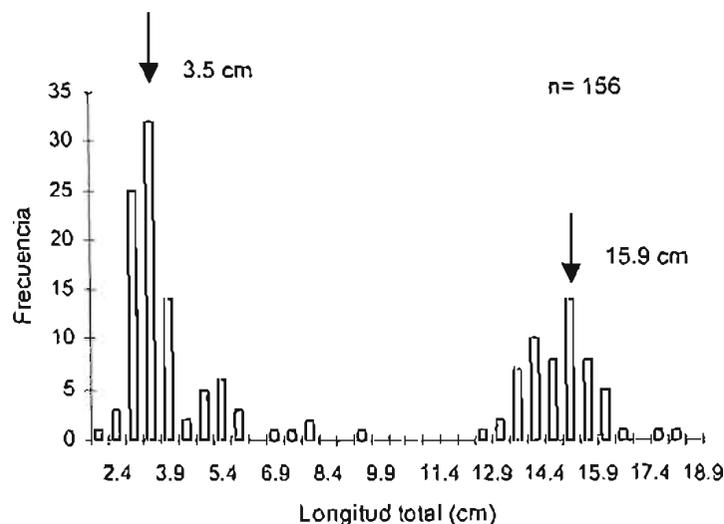


Fig. 11 Histograma de distribución de frecuencias para los meses de enero y febrero de la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

En la figura 12 se observó la distribución de frecuencias mensual para *Oreochromis niloticus*. En esta se aprecia que el intervalo de tallas se encontró alrededor de los 13.14 a 18.8 cm de longitud total a excepción de los meses de febrero y marzo donde se perciben individuos de tallas menores y uno de talla mayor a los 18.0 cm en este último mes. Sin embargo, en el mes de febrero las tallas pequeñas son el resultado del arte de pesca utilizado (chinchorro) por lo que se notó una mejor distribución a comparación de los demás meses.

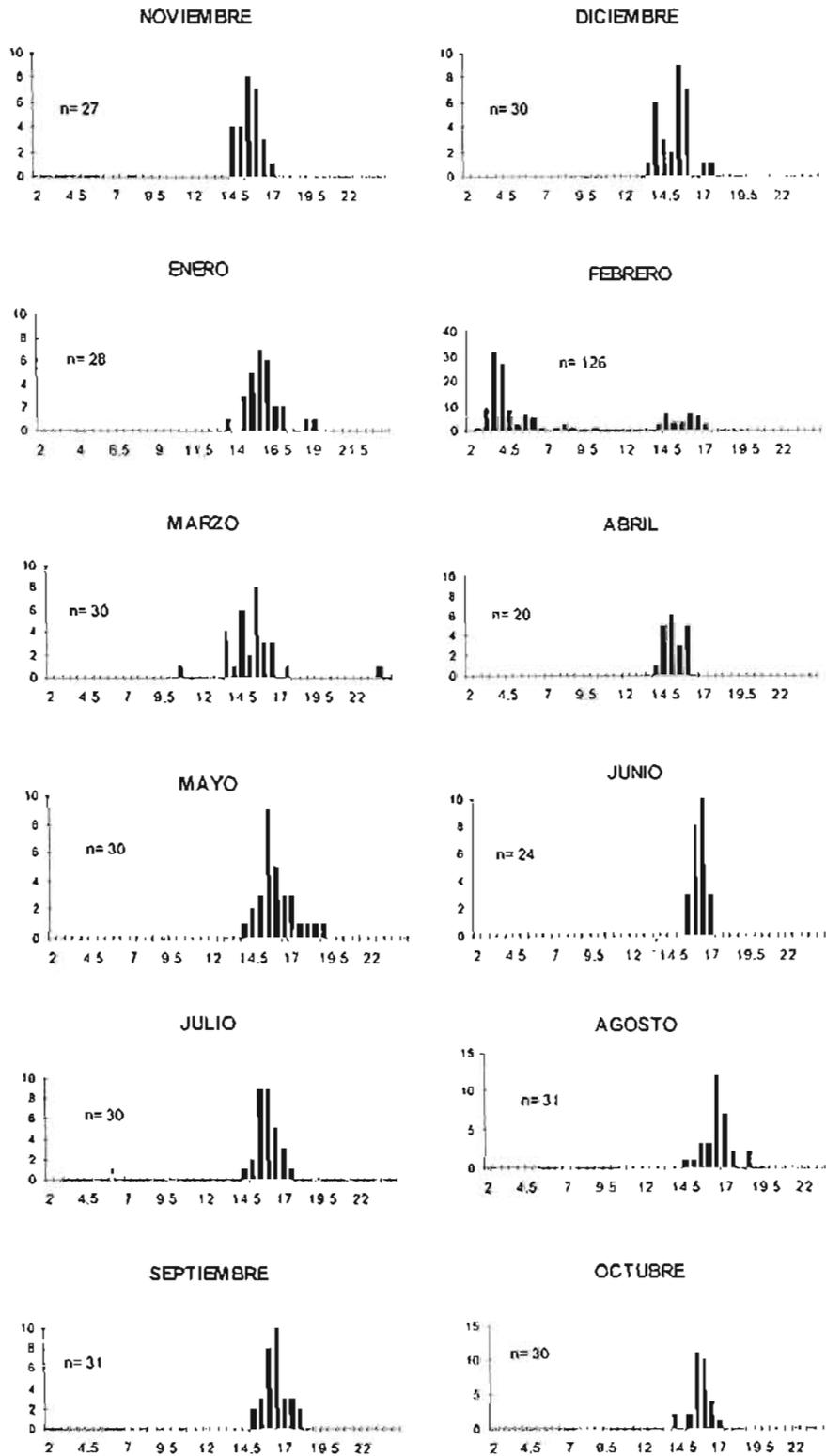


Fig. 12 Distribución de tallas mensual de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor. desde noviembre del 2002 hasta octubre del 2003

Se calcularon los estimadores de intervalos y amplitudes de banda (h) para histogramas, polígonos de frecuencia y estimadores de densidad por kernel por medio de las longitudes que presentó la población de *Oreochromis niloticus* de los meses de enero y febrero (tabla 11). Los valores que se encontraron de h fueron muy estrechos para los histogramas y polígonos, ocasionando un intervalo demasiado amplio; consiguientemente no se pudieron percibir a detalle la distribución de tallas que tuvo la población por medio de estas amplitudes.

Tabla 11 Reglas de estimación utilizando la amplitud (h) y el intervalo de banda para histogramas, polígonos de frecuencia (PF) y estimadores de densidad por kernel (EDK).

REGLAS DE ESTIMACIÓN	Amplitud de banda (cm)
HISTOGRAMAS	
No. de intervalos de Sturges	8.2668
No. de intervalos sobre suavizados.	6.7533
Amplitud óptima Gaussiana de Scott.	3.6837
Amplitud óptima robusta de Fredman-Diaconis	4.2536
Amplitud sobre suavizada de Terell y Scott	2.4284
Amplitud sobre suavizada robusta	5.5361
POLÍGONOS DE FRECUENCIA	
No. de intervalos sobre suavizados en PF	6.4679
Amplitud óptima Gaussiana en PF	4.4292
Amplitud sobre suavizada en PF	4.8000
ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL (EDK)	
Amplitud de banda óptima Gaussiana de Silverman	1.8541
Amplitud de banda óptima mejorada de Härdle	2.1837
Amplitud de banda óptima sobre suavizada Gaussiana de Scott	2.3567

Por lo general la banda óptima Gaussiana de Silverman presenta un valor menor que la de Härdle y Scott; a pesar de esto, los datos se utilizaron para la realización de la estimación del EDK por medio del procedimiento HDP-PPPR para la población de *Oreochromis niloticus* (figura 13).

En la figura 13A, 13B y 13C se observaron las amplitudes de banda de Silverman, Härdle y Scott; estas bandas dieron como resultado dos modas, las cuales cambiaron su posición dependiendo de la regla aplicada.

En las gráficas podemos observar que existe multimodalidad, pero el valor "óptimo" en realidad no lo es. Es mejor utilizar un valor menor de h , el cual se puede buscar con una Validación Cruzada por Mínimos Cuadrados (VCMC), Validación Cruzada Sesgada (VCS) o por la prueba de multimodalidad de Silverman.

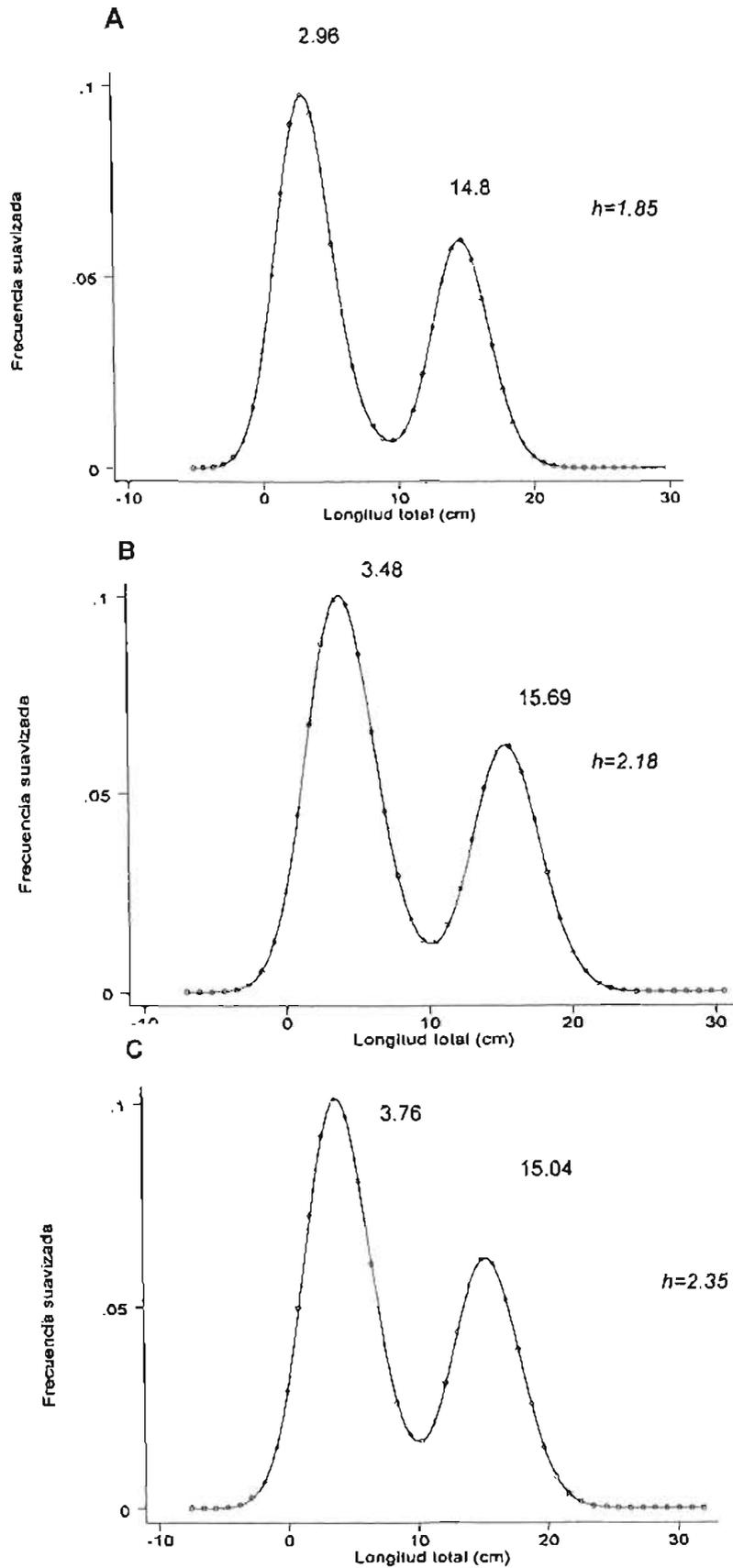


Fig. 13 Estimación de densidad por kernel Gaussiano utilizando las diferentes amplitudes de banda por reglas de estimación. A Silverman, B Härdle, C Scott.

VALIDACIÓN CRUZADA POR MÍNIMOS CUADRADOS (VCMC) Y VALIDACIÓN CRUZADA SESGADA (VCS).

Para la elección correcta de la h se realizaron las pruebas de validación cruzada por mínimos cuadrados (VCMC) y la validación cruzada sesgada (VCS).

La VCMC se presenta en la figura 14 mostrando una amplitud de banda sobre suavizada de Scott por medio de la línea vertical. Esta prueba presentó una $h = 0.3$, arrojando siete modas, las cuales se presentan en la tabla 12 y se ven reflejadas en la figura 15. En esta gráfica se aprecian tallas intermedias que no se localizaron en la figura 15 (5.5,8.0,9.8 cm), además se aprecia una longitud de 18.6 cm.

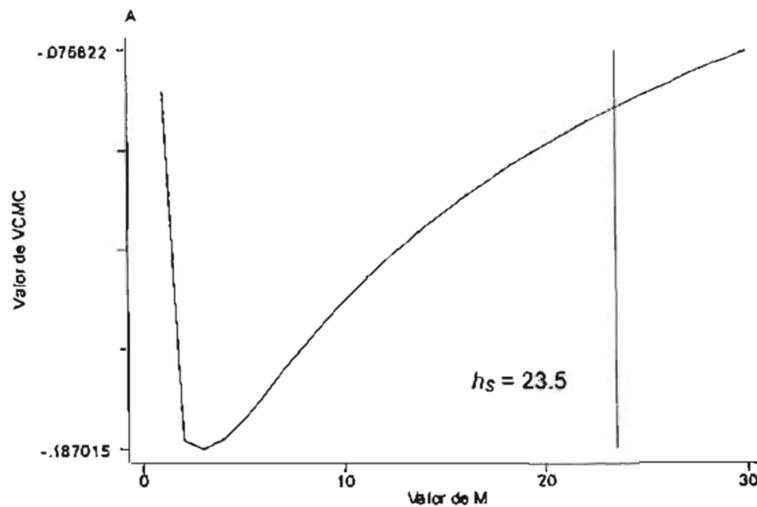


Fig. 14 Validación Cruzada por Mínimos Cuadrados (VCMC) mediante kernel Gaussiano, para la población de *O. niloticus* del lago Coatehelco, Morelos. h_s = valor de Scott.

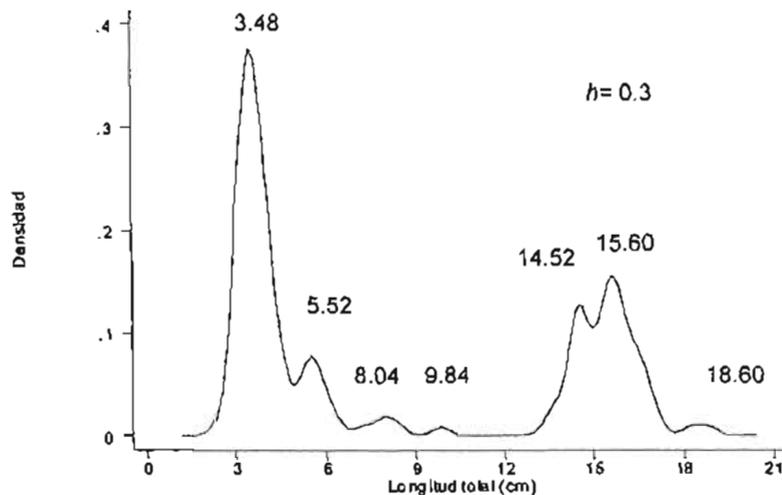


Fig. 15 Estimación de densidad por kernel Gaussiano para los datos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatehelco, Morelos.

En la figura 16 se exhibe una $h = 6.3$ por medio de la VCS con kernel Triponderado obtenida de la transformación de h_G a h_T . Mediante esta prueba se obtuvieron solo dos modas, debido a que la amplitud de banda es más grande que la amplitud obtenida por las reglas de estimación, al igual que las modas arrojadas por la VCS son muy semejantes (tabla 12).

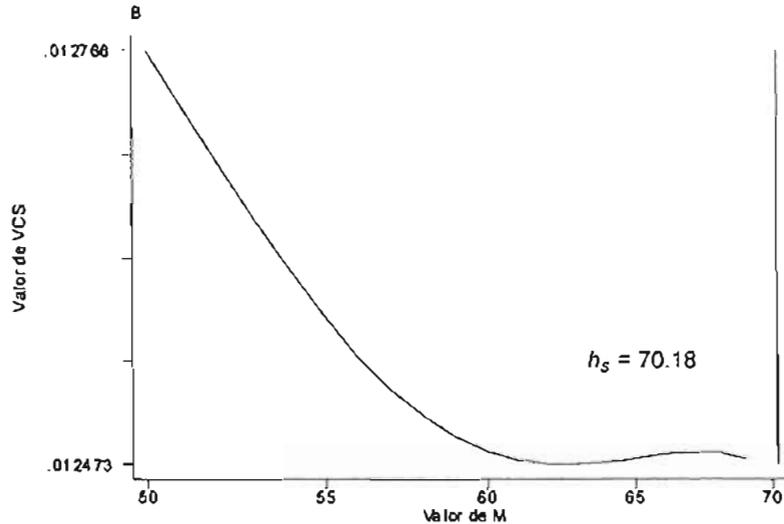


Fig. 16 Validación Cruzada Ssegada (VCS) mediante kernel triponderado, para la población de *O. niloticus* del lago Coatetelco, Morelos. h_s = valor de Scott.

Para términos prácticos el valor de h de la VCS se transformó de kernel Triponderado a Gaussiano, obteniendo un valor de $h = 2.116$. Considerando la banda óptima sugerida, se estimaron las densidades (figura 17).

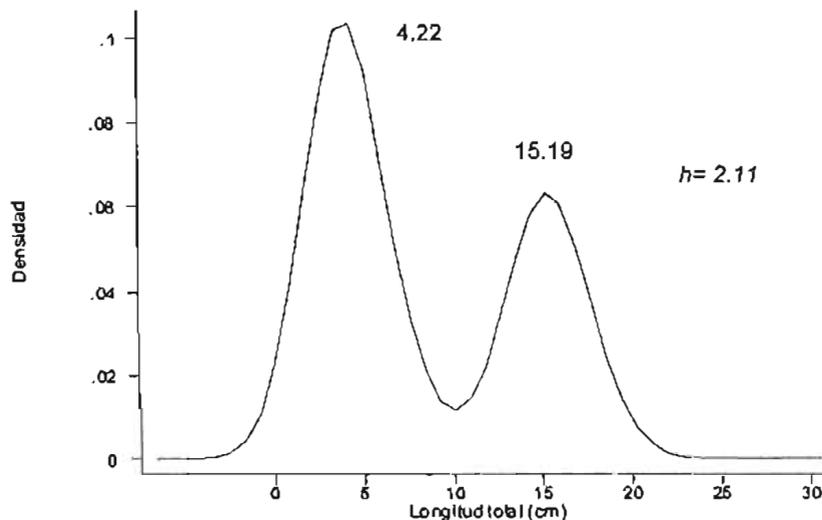


Fig. 17 Estimación de densidad por kernel Gaussiano para los datos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 12 Valores obtenidos de la VCMC y VCS para la elección de la amplitud de banda para la estimación de densidad por kernel.

VCMC	Valor de M	Amplitud de Banda	VCS	Valor de M	Amplitud de Banda
-0.187014	3	0.3000	0.012472	63	6.300
-0.184437	2	0.2000	0.012472	62	6.200
-0.184224	4	0.4000	0.012474	64	6.400
-0.178715	5	0.5000	0.012475	61	6.100
-0.171931	6	0.6000	0.012477	65	6.500

PRUEBA DE MULTIMODALIDAD DE SILVERMAN.

Para corroborar que los datos tuvieron al menos más de una moda se procedió a la prueba de multimodalidad de Silverman, donde se localizaron las bandas críticas y los valores de p fijados en $M=40$ y $B=100$ (tabla 13).

Tabla 13 Prueba de multimodalidad de Silverman para los datos de *Oreochromis niloticus*.

Moda	Banda crítica	Valor de p
1	4.395	0.000
2	0.664	0.66
3	0.602	0.30
4	0.551	0.14
5	0.477	0.08
6	0.406	0.06

La prueba de Silverman (tabla 13) arrojó datos no estables sobre la probabilidad de la presencia de más de dos modas, ya que los valores a partir de la tercera fueron menores a $p>0.40$. Las modas se encontraron en un intervalo de banda de 0.66-4.39 con promedio de 2.529 y la secuencia de valores de p disminuyó a partir de la tercera moda, por lo que el resto no se consideró significativo.

En la figura 18, se presenta el EDK por medio de la amplitud de banda sugerida por la prueba de Silverman ($h=2.529$), y se ubican los valores modales.

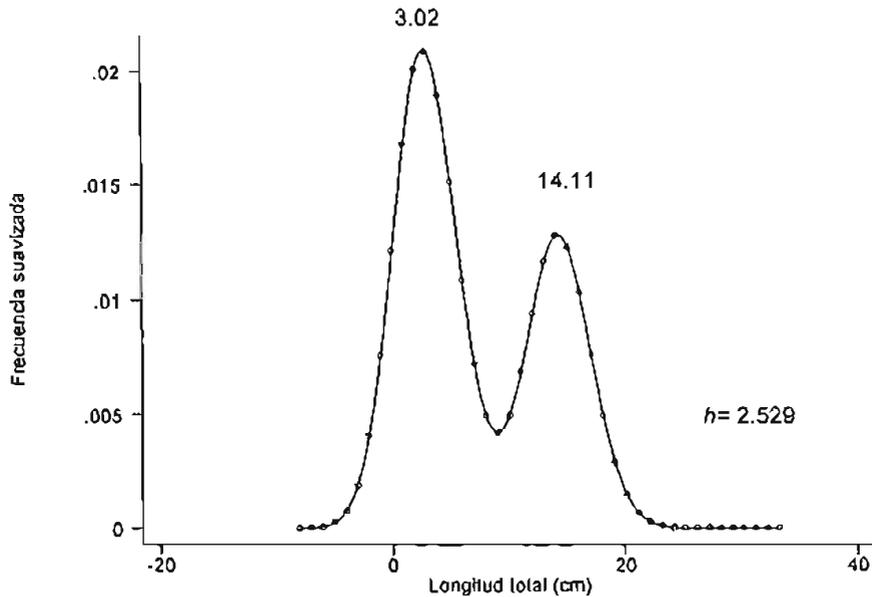


Fig. 18 Estimación de densidad por kernel Gaussiano aplicando la amplitud de banda sugerida por Silverman para *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE TALLAS A TRAVÉS DEL MÉTODO DE POWELL WHETERALL.

La aplicación del método de Bhattacharya no se pudo realizar para las frecuencias sobre suavizadas obtenidas por medio del análisis de densidad por kernel, debido a que este método solo presentó dos modas, por lo que los datos no se pudieron utilizar para calcular las constantes del modelo de von Bertalanffy; por lo tanto, se recurrió al método de Powell-Wheterall (Wetherall, 1986 en King, 1995), el cual es una modificación de la fórmula de la relación entre la mortalidad (Z) y la talla explotada (figura 19) (King, 1995).

Mediante la fórmula $\bar{L} - L' = a + bL'$ y con los datos de las frecuencias de tallas antes presentados, se estimó L_{∞} , la cual fue de 19.11 cm con $r^2=0.960$, $p<0.05$ e intercepto y pendiente igual a : $\bar{L} - L' = 11.04 + (-0.577)L$.

El valor de L_{∞} por medio de las frecuencias de tallas alcanzada fue significativa ya que la longitud máxima obtenida del muestreo fue de 18.8 cm para la población de *Oreochromis niloticus*.

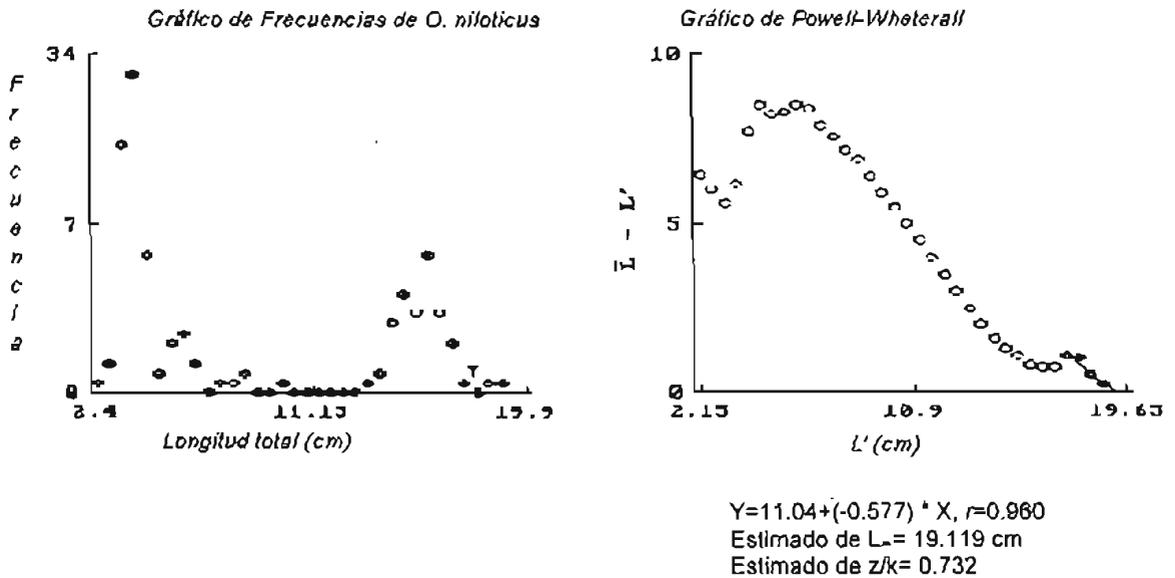


Fig. 19 Estimación de L_{∞} por medio del método Powell-Wheterall para la población de *Oreochromis niloticus*.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS.

Para la determinar la edad de los peces se leyeron 874 pares de otolitos correspondientes a 437 individuos capturados entre noviembre 2002 y octubre de 2003; de los cuales 35 fueron hembras (8.0%), 310 machos (70.93%) y 92 indeterminados (21.05%); estos últimos sólo fueron utilizados para el intercepto, por lo que en las demás pruebas estos organismos fueron eliminados ya que el anillo que presentaron fue de incubación y no de reproducción. Las lecturas se realizaron visualizando macrozonas opacas y hialinas del otolito, donde se encontraron falsos anillos al momento de identificar las marcas de crecimiento. Esta interpretación causó problemas al momento de determinar la edad, ya que diferentes marcas no fueron visualizadas.

Se realizó el análisis de covarianza (ANDECOVA, $p \leq 0.05$) entre el radio del otolito y la longitud total del pez, para analizar si había diferencias significativas entre sexos (tabla 14). Para este método se realizó la interacción entre la variable covariada (radio) y el sexo, encontrando diferencias estadísticas ($F=11.13$, $p < 0.05$), por lo tanto se determinó la edad y el crecimiento para machos y hembras.

Tabla 14 Análisis de Covarianza (ANDECOVA) entre la longitud y el sexo para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Prob>F	$R^2=0.9548$
Modelo	27.49221	5	5.498442	3674.75	0.0000	
Radio	0.103810	1	0.103810	69.38	0.0000	
Sexo	0.524260	2	0.262130	175.19	0.0000	
radio*sexo	0.033314	2	0.016657	11.13	0.0000	
Residual	0.644895	431	0.001496			
Total	28.13710	436	0.064534			

La regresión entre el radio del otolito y la longitud total para la población, presentó una tendencia potencial con intercepto diferente del origen ($r^2 = 0.9548$, $\hat{y} = 6.6532$); esta relación indicó que el crecimiento del otolito es dependiente al crecimiento en longitud del pez. Algunas veces la relación del cuerpo-otolito puede ser una línea curva, la cual puede algunas veces ser convertida a una línea recta por medio de una transformación (figura 20). Aunque las gráficas presentan una regresión de tipo potencial, los datos se linealizaron para establecer algunos criterios como el intercepto y los valores retrocalculados.

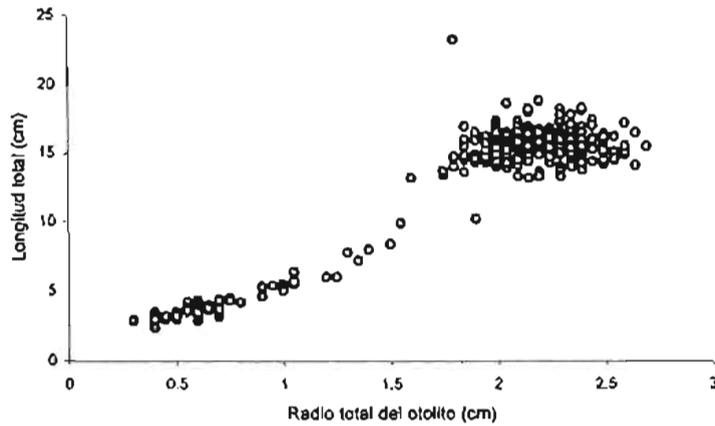


Fig. 20 Relación radio del otolito-longitud total para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

La regresión radio del otolito longitud total para las hembras presentó un intercepto mayor ($\hat{y}=12.483$) que la población total debido principalmente a la falta de tallas (figura 21). Su relación indicó que el crecimiento del otolito es dependiente a la longitud del pez.

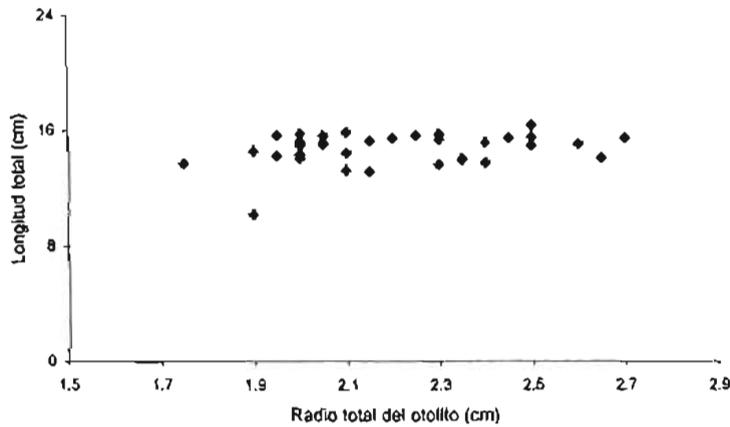


Fig. 21 Relación radio del otolito-longitud total para hembras de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Para los machos se obtuvo el mismo comportamiento ($\hat{y}=11.2805$), solo que a diferencia de las hembras, esta muestra estuvo mejor representada (figura 22).

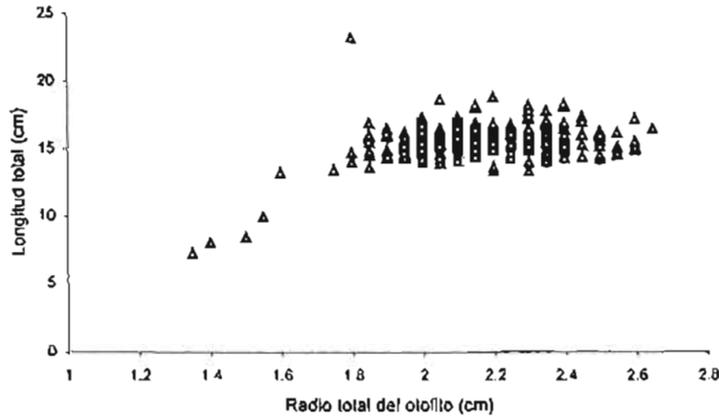


Fig. 22 Relación radio del otolito-longitud total para machos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Los valores promedio para cada anillo de las lecturas de las marcas de crecimiento de los otolitos fueron constantes para la mayoría de la población y se presentan en las tablas 15, 16 y 17 para ambos sexos, hembras y machos.

Tabla 15 Valores medios del radio para cada anillo de los otolitos para ambos sexos de *Oreochromis niloticus*.

No. Anillo	n	Número de anillos			
		1	2	3	4
1	7	1.25±0.28			
2	11	1.32±0.32	1.83±0.162		
3	81	1.32±0.20	1.72±0.20	2.04±0.21	
4	246	1.21±0.17	1.59±0.14	1.90±0.13	2.17±0.16
Promedio		1.24±0.19	1.63±0.17	1.94±0.17	2.17±0.16
Intervalo de confianza (95%)		±0.021	±0.019	±0.019	±0.02

Tabla 16 Valores medios del radio para cada anillo de los otolitos para hembras de *Oreochromis niloticus*.

No. Anillo	n	Número de anillos			
		1	2	3	4
1	1	1.55±0.00			
2	2	1.3±0.00	1.7±0.14		
3	8	1.42±0.20	1.69±0.20	1.94±0.20	
4	24	1.45±0.18	1.79±0.18	1.91±0.19	2.19±0.19
Promedio		1.45±0.18	1.76±0.18	1.92±0.19	2.19±0.19
Intervalo de confianza (95%)		±0.06	±0.08	±0.07	±0.08

Tabla 17 Valores medios del radio para cada anillo de los otolitos para machos de *Oreochromis niloticus*.

No. Anillo	n	Número de anillos			
		1	2	3	4
1	6	1.22±0.27			
2	9	1.32±0.34	1.86±0.15		
3	72	1.31±0.20	1.73±0.20	2.05±0.21	
4	223	1.18±0.15	1.58±0.13	1.90±0.13	2.17±0.16
Promedio		1.21±0.18	1.62±0.16	1.94±0.17	2.17±0.16
Intervalo de confianza (95%)		±0.02	±0.01	±0.01	±0.021

De acuerdo a los resultados obtenidos entre el radio del otolito y la longitud total del pez, se determinaron cuatro grupos de edad a partir de las lecturas de los anillos de los otolitos y se obtuvo la longitud correspondiente a cada edad pretérita por medio del análisis del retrocálculo para ambos sexos, hembras y machos.

La relación obtenida entre el radio del otolito y la longitud total del pez, fue no-lineal y con intercepto diferente del origen, por lo tanto se aplicó el método de Fraser (1916) y Lee (1920) (citada en Tesh, 1968) que se presentan en las tablas 18,19,20. Los valores promedio retrocalculados de la longitud total fueron diferentes a causa del traslape de los anillos correspondientes a edades diferentes.

Tabla 18 Longitud total retrocalculada para cada edad para ambos sexos de *Oreochromis niloticus*.

Edad	n	Longitud total (cm) retrocalculada para cada edad			
		I	II	III	IV
I	7	7.59±1.08			
II	11	9.17±1.92	13.04±0.97		
III	81	9.16±1.35	12.16±0.84	14.38±0.93	
IV	248	8.50±1.66	11.48±1.26	13.72±1.33	15.57±1.07
Promedio		8.65±1.62	11.70±1.22	13.89±1.27	15.57±1.07
Intervalo de confianza (95%)		±0.176	±0.135	±0.142	±0.1345

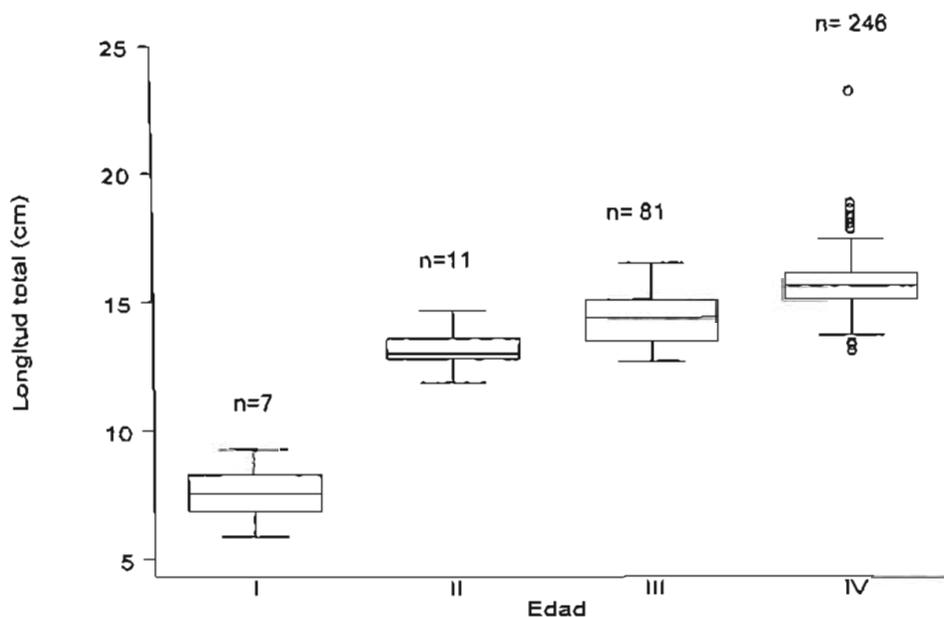
Tabla 19 Longitud total retrocalculada para cada edad para hembras de *Oreochromis niloticus*.

Edad	n	Longitud total (cm) retrocalculada para cada edad			
		I	II	III	IV
I	1	8.32±0.0			
II	2	7.98±0.0	11.96±1.29		
III	8	9.90±1.08	11.88±1.14	13.57±0.83	
IV	24	9.68±1.05	11.76±0.98	13.01±0.85	14.64±0.92
Promedio		9.63±1.08	11.81±0.98	13.19±0.87	14.64±1.02
Intervalo de confianza (95%)		±0.390	±0.463	±0.361	±0.390

Tabla 20 Longitud total retrocalculada para cada edad para machos de *Oreochromis niloticus*.

Edad	n	Longitud total (cm) retrocalculada para cada edad			
		I	II	III	IV
I		7.47±1.12			
II		9.31±1.98	13.28±0.78		
III		8.95±1.37	12.20±0.82	14.45±0.90	
IV		8.35±1.54	11.52±1.01	13.84±0.97	15.74±1.02
Promedio		8.49±1.54	11.74±1.04	13.99±0.99	15.74±1.02
Intervalo de confianza (95%)		±0.181	±0.118	±0.115	±0.135

Se utilizó el diagrama de cajas para representar los valores de las longitudes retrocalculadas para cada edad (figura 23). En este diagrama se observó que las medianas de las diferentes edades no se traslaparon, por lo que se consideró que hay diferencias significativas entre estos grupos ($p < 0.05$), es decir que pertenecen a otra clase de edad. En la caja IV se aprecian valores atípicos, es decir que difieren del comportamiento de la mayoría de los datos, posiblemente debido a errores en las mediadas realizadas.

Fig. 23 Diagrama de cajas para las longitudes retrocalculadas obtenidas para ambos sexos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Para justificar estos resultados se realizaron las comparaciones entre las longitudes retrocalculadas y los anillos de los otolitos correspondientes a cada edad usando la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis, en donde se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre la longitud retrocalculada para cada edad (tabla 21).

Tabla 21 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis comparando la distribución de las longitudes retrocalculadas para cada edad de *Oreochromis niloticus* ($p < 0.05$).

GRUPOS		
Edad	N	Mediana de grupos
1	7	4.00
2	11	31.23
3	81	101.47
4	246	207.70
Total	345	

PRUEBA ESTADÍSTICA	
	Longitud
Chi-cuadrada	113.87
Df	3
Slg. AsIntótica	0.000

En la tabla 22 se presenta la clave talla/edad para la población de *O. niloticus* a partir de las lecturas de los otolitos. La mayoría de los organismos se encontró en la edad III y IV, (23.47% y 71.30% respectivamente), mientras que las edades más pequeñas como I y II representaron solo el 2.02% y 3.18% de la población. En este caso existieron longitudes similares o iguales pero con distinta edad, lo que sugirió que a medida que avanza la edad no precisamente aumentan su longitud.

Tabla 22 Claves talla/edad por medio de otolitos para la población de *Oreochromis niloticus*.

Longitud (cm)	Frecuencia	Grupos de edad (meses)			
		I	II	III	IV
7.0					
7.5	1	1			
8.0	1	1			
8.5	1	1			
9.0					
9.5					
10.0	1	1			
10.5	1	1			
11.0					
11.5					
12.0					
12.5					
13.0					
13.5	6		3	2	1
14.0	12	1	1	5	5
14.5	31		1	17	13
15.0	33	1	1	13	18
15.5	76		3	19	54
16.0	79		1	12	66
16.6	58		1	8	49
17.0	26			4	22
17.0	9			1	8
18.0	3				3
18.5	4				4
19.0	2				2
19.5					
20.0					
20.5					
21.0					
21.5					
22.0					
22.5					
23.0					
23.5	1				1
N	345	7	11	81	246
Promedio	15.552	10.3	15.0	15.170	15.870
D. E.	1.327	2.881	1.000	0.879	0.997

De acuerdo al Índice de incremento marginal (IIM) (figura 24) se encontraron dos periodos de depositación de materiales para la formación de un nuevo anillo de crecimiento.

En la población total este fenómeno ocurrió en la temporada de secas (diciembre-febrero) y la segunda en época de lluvias (julio); para las hembras (figura 25) ocurrió la depositación en los mismos meses de secas; sin embargo el segundo periodo sucedió en los meses de junio-julio (lluvias). En este caso no se tienen registros de cuando se presento la canícula para el año 2003, solo se tienen los datos de los promedios del periodo de 1960 a 1996 de la estación Rodeo, Mor., donde se tienen indicios que la canícula aparece en el mes de junio (173.4 mm) (Anónimo, 2002).

Los machos (figura 26) presentaron los mismos periodos de depositación que la población total. Estos periodos concuerdan con la época reproductiva de la tilapia (Gómez-Márquez, 2002) y con el descenso de la temperatura.

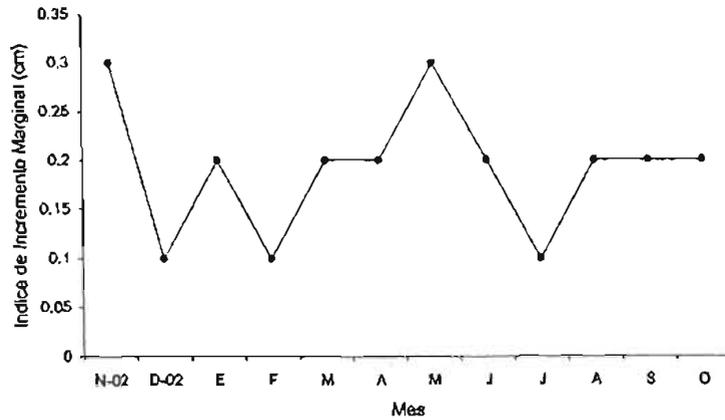


Fig. 24 Índice de incremento marginal para la población total por medio de otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

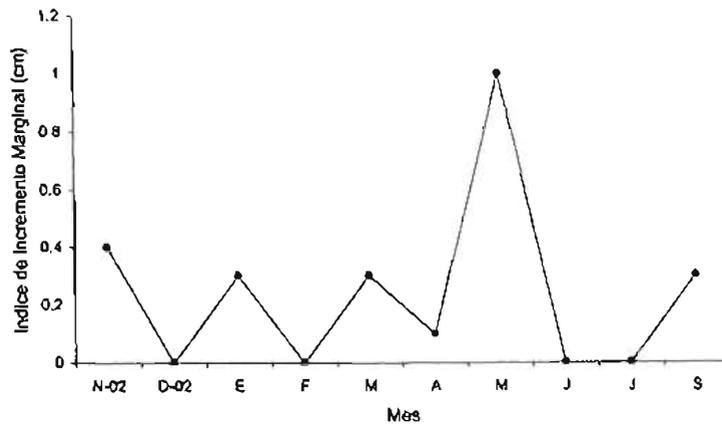


Fig. 25 Índice de incremento marginal para hembras por medio de otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

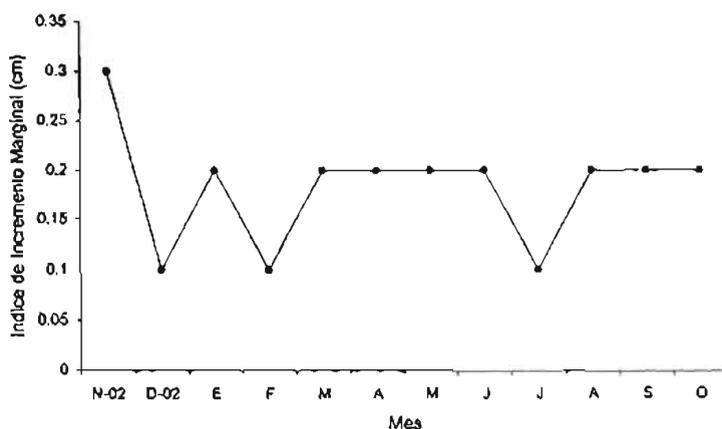


Fig. 26 Índice de Incremento marginal para machos por medio de otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

El porcentaje de anillo en el borde mostró anillos completos formados en el margen del otolito, en la tabla 23 observamos que los organismos que presentaron este anillo fueron capturados en los meses de diciembre, febrero y agosto, por lo que su formación ocurrió cada seis meses y no anualmente. En las hembras toda su población presentó anillo en los meses de diciembre, junio y julio, coincidiendo con la época de reproducción (ver anexo, figura 35).

Tabla 23 Porcentaje de anillo en el borde de los otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Mes	Población total (%)	Hembras (%)	Machos (%)
Noviembre 02	37.03	2.00	50.0
Diciembre 02	70.00	100.00	65.38
Enero	46.42	0.0	52.0
Febrero	70.00	80.00	68.0
Marzo	43.33	22.22	52.38
Abril	45.00	25.51	50.0
Mayo	60.00	0.0	51.72
Junio	41.66	100	43.47
Julio	60.00	100	58.62
Agosto	64.51		64.51
Septiembre	45.16	0.0	44.82
Octubre	46.6		46.6

CRECIMIENTO.

En cuanto al crecimiento se obtuvieron sus constantes mediante la ecuación de von Bertalanffy para longitud y peso (tabla 24).

Tabla 24 Valores de las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para *Oreochromis niloticus*.

	von Bertalanffy			
	L_{∞} (cm)	P_{∞} (g)	k	l_0
Población total	20.19	122.50	0.608	-0.420
Hembras	19.51	105.48	0.463	-0.973
Machos	20.32	112.54	0.627	-0.363

En las figuras 27 y 28 se presentan las curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy tanto en longitud como en peso obtenidas mediante la lectura de los otolitos para la población total, hembras y machos por medio del estadístico Stata, mediante los programas de Salgado-Ugarte *et al*; (2000a) (Stata corporation, 1999). La curva de crecimiento para la población total mostró un desarrollo acelerado en longitud en los primeros meses disminuyendo posteriormente hasta alcanzar su longitud máxima, mientras que en peso (figura 28) siguió aumentando conforme al tiempo. En las dos figuras los valores observados caen dentro de la curva de los valores calculados, indicando una buena estimación de L_{∞} y P_{∞} para ambos sexos.

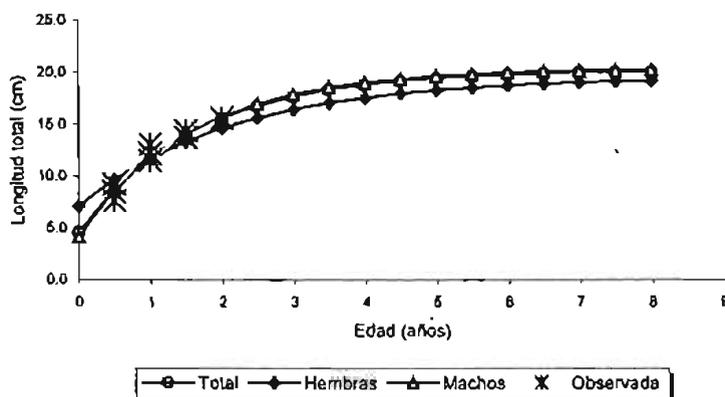


Fig. 27 Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para la población total ($L_{\infty}=20.19$), hembras ($L_{\infty}=19.51$) y machos ($L_{\infty}=20.32$) de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

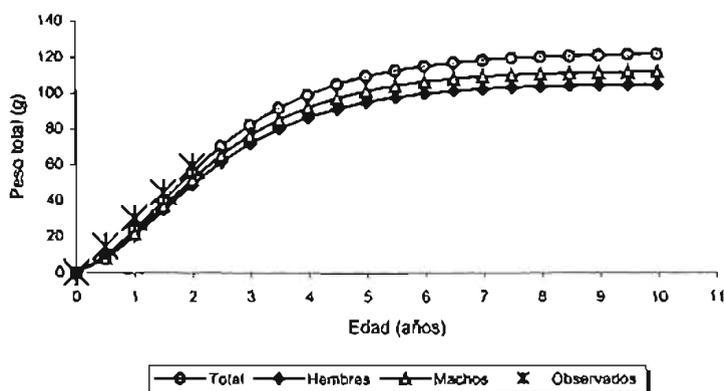


Fig. 28 Curva de crecimiento en peso de von Bertalanffy para la población total ($P_{\infty}=122.50$), hembras ($P_{\infty}=105.48$) y machos ($P_{\infty}=112.54$) de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Se realizó la prueba de T^2 de Hotelling (Bernard, 1981, Salgado-Ugarte *et al*; 2004) para comparar si las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy de las hembras y los machos fueron diferentes entre sí. En la tabla 25 y 26 se observan que existió diferencia significativa entre la longitud asintótica para hembras y machos, incluso se llega apreciar que los machos crecen más que las hembras. Sin embargo no hubo diferencias significativas en cuanto a la tasa de crecimiento (k) y el tiempo hipotético (t_0), por lo tanto la variable que afectó el crecimiento a lo largo de la vida del pez y que lo diferencia entre los demás sexos es L_{∞} . Para corroborar estos resultados se realizó la prueba al 95% y 99% de confianza y ambas presentaron los mismos resultados.

Tabla 25 Prueba Multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 95% de confianza (basada en Bernard, 1981).

Matriz S			Matrix S inversa		
6.1789045	-.4084473	-.61527321	10.7106571	178.6192	-12.6389439
	.02744038	.041668		3564.83153	-572.712823
		.067468			253.266646
<hr/>					
-0.8073	-0.1640	-0.6100	= (P1 - P2)'		
<hr/>					
$T^2 =$	234.7642	$T^2_{0.05: 3,4} =$	29.6609	$F_{0.05: 3,4} =$	6.5913
<hr/>					
Intervalo de confianza al 95 %			Valor crítico de F		
MACHOS			HEMBRAS		
-10.3800	$\leq L_{inf1} - L_{inf2} \leq$	8.7654	0.0469		
-0.8020	$\leq K1 - K2 \leq$	0.4739	0.4358		
-1.6103	$\leq t_{o1} - t_{o2} \leq$	0.3903	0.4514		

S=Matriz varianza-covarianza, P= valores de los parámetros de crecimiento, T^2 = Estadístico de Hotelling

Tabla 26 Prueba Multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 99% de confianza (basada en Bernard, 1981).

Matriz S			Matrix S inversa					
	6.1789045	-.4084473	-.61527321		10.7106571	178.6192	-12.6389439	
		.02744038	.041668			3564.83153	-572.712823	
			.067468				253.266646	
<hr/>								
	-0.8073	-0.1640	-0.6100		= [P1 - P2]'			
<hr/>								
T ² =	234.7642	T ² _{0.01: 3,4} =	75.1276	F _{0.01: 3,4} =	16.6950			
<hr/>								
Intervalo de confianza 99 %			Valor crítico de F					
MACHOS			HEMBRAS					
-16.0422	<=	L_infl - L_inf2	<=	14.4276	0.0469			
-1.1793	<=	K1 - K2	<=	0.8512	0.4358			
-2.2020	<=	t_o1 - t_o2	<=	0.9819	0.4514			

S=Matriz varianza-covarianza, P= valores de los parámetros de crecimiento, T²= Estadístico de Hotelling

SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA.

Los organismos fueron capturados por medio de red agallera con abertura de luz de malla de 6.0 cm. Para entender el efecto que causa este tipo de red en el sistema y los resultados obtenidos en este estudio, se compararon los valores obtenidos con los datos de Gómez-Márquez (2002) quien utilizó abertura de luz de malla de 5.02, 7 y 8 cm para *O. niloticus* en el lago Coatetelco.

Se consiguieron los valores de probabilidad para la obtención de los gráficos y la comparación entre las distintas aberturas de luz de malla (A=6.0 y B=7.0).

$$P_A = \exp\left(\frac{Lt - 11.7521}{2.2386}\right) \qquad P_B = \exp\left(\frac{Lt - 13.7108}{2.2386}\right)$$

Se obtuvo un promedio de talla de captura de 11.75 cm para la red de 6.0 cm y 13.71 cm para la red de 7.0 cm (figura 29).

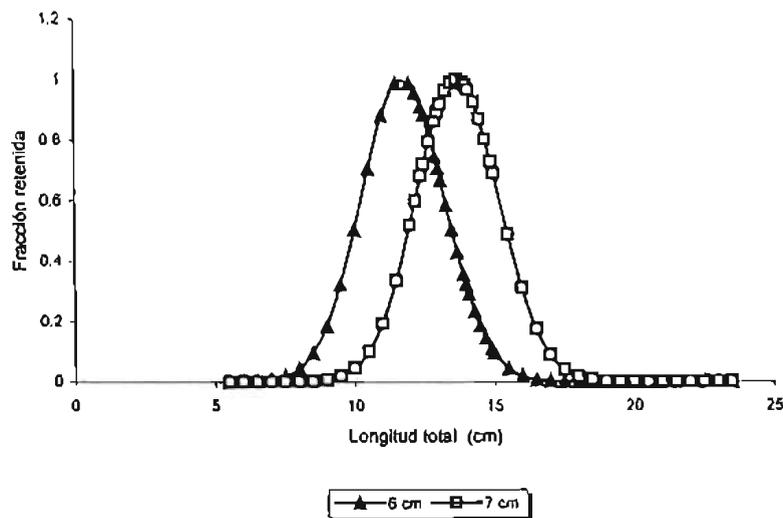


Fig. 29 Curva de selectividad del arte de pesca por medio de red agallera con abertura de luz de malla de 6.0 y 7.0 cm para la pesca de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

También se calcularon los datos de probabilidad para comparar las diferentes aberturas de luz de malla de A=6.0 y C=8.0 cm.

$$P_A = \exp\left(\frac{Lt - 12.2104}{8.1344}\right) \qquad P_B = \exp\left(\frac{Lt - 18.0881}{8.1344}\right)$$

Es evidente que los organismos de tallas grandes se capturan por medio de una abertura de malla de 8.0 cm, medida que se recomienda para el sostenimiento del recurso (tabla 27); esto también indicó que entre más grande sea el tamaño de abertura se capturarán peces de tallas mas grandes a las reportadas (figura 30).

Tabla 27 Selectividad del arte de pesca utilizando red agallera con diferentes aberturas de luz de malla para la captura de *Oreochromis niloticus* del lago Coateteuco, Mor.

Luz de malla para red agallera (cm).	Talla promedio obtenida (cm).
6.0	11.75
7.0	13.71
8.0	18.08

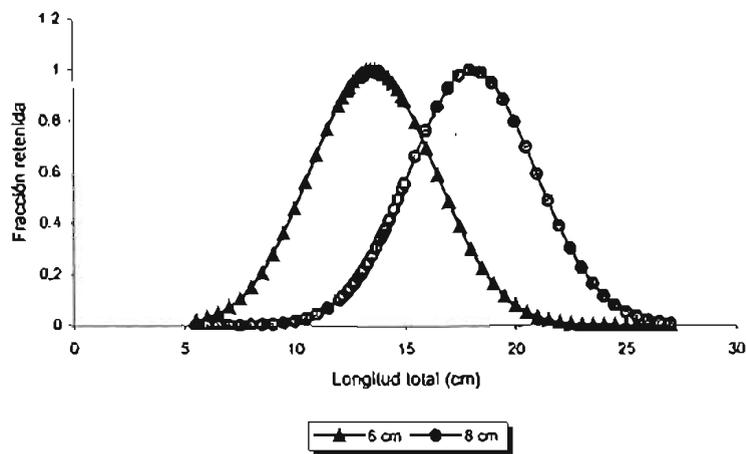


Fig. 30 Curva de selectividad del arte de pesca por medio de red agallera con apertura de luz de malla de 6 y 8 cm para la pesca de *Oreochromis niloticus* en el lago de Coateteuco, Mor.

DISCUSIÓN

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

El medio ambiente es un conjunto de factores que delimitan la residencia o el hábitat de un organismo vivo, el cual se encuentra en constante interrelación con el medio que lo rodea, respondiendo a ciertos estímulos que actúan sobre él. De este modo, cuando se estudia un sistema acuático, se deben conocer las condiciones de su origen para entender el desarrollo y la conducta de los organismos que viven en él.

En el estado de Morelos existen alrededor de 124 embalses entre presas y bordos; la mayoría de ellos cuenta con asentamientos humanos a sus alrededores cuya población los utiliza para la pesca, ya que esta actividad es una fuente importante de ingresos para la comunidad (Contreras-Macbeath, 1995).

El lago Coatetelco, se encuentra ubicado en el municipio de Miaatlán a los 956 m.s.n.m y posee características particulares que lo distinguen de los lagos de las regiones bajas más cercanos como "El Rodeo" y "Tequesquitengo".

Así, el lago Coatetelco posee poca profundidad (menor a los 15 m) a raíz de la extracción del agua y al aporte excesivo de sustratos y nutrientes a consecuencia de la erosión de la cuenca de captación, la que provocó una grieta en donde se filtró el agua; posteriormente la vegetación fue ganando terreno al lago hasta llegar a secarse en 1989; subsiguientemente en 1990 el lago volvió a inundarse, sin embargo hasta la fecha los estudios que se han realizado en este embalse no han reportado un nivel superior a los 1.5 m. Por ejemplo Garduño y Avelar (1996) encontraron, durante su periodo de estudio; una disminución gradual en la profundidad hasta alcanzar los 40 cm, esto como consecuencia de la falta de aporte de agua del canal que parte del río Tembembe. Gómez-Márquez (2002) reportó una profundidad promedio de 0.90 m, 0.30 m como mínimo y 1.56 m como máximo, y las últimas investigaciones realizadas por Dorantes y Zavala (2003) mencionan una profundidad mínima de 0.90 m y máxima de 1.80 m.

Para este estudio se encontró un valor mínimo de 0.6 m en abril y un máximo de 1.6 m de profundidad en octubre; lo que indicaría que el volumen y el área superficial del lago experimentaron un aumento mínimo a consecuencia del periodo de lluvias durante el verano del 2003.

La transparencia del agua, expresada usualmente como la profundidad de visión al disco de Secchi, fue menor durante el mes de octubre (0.05 m) y máxima durante los meses de febrero y septiembre (0.25 m); sin embargo el sistema permaneció constante durante la temporada de marzo a septiembre (figura 5).

Durante la fase de dilución existe un acarreo de sólidos al sistema, así como un aumento de volumen, por lo que la transparencia se vio fuertemente afectada en este periodo. Delincé (1992) observa que cuando existe una buena producción de fitoplancton, la visibilidad oscila entre 0.4-0.8 m, por lo que el lago se considera productivo. Otro factor que modifica la visibilidad es la composición y abundancia del plancton, que en este caso, con base en estudios anteriores, la mayor proporción esta representada por clorofitas, en segundo lugar las cianofitas, después las cromofitas y por último las euglenofitas (Gómez-Márquez, 2002).

En cuanto a la relación que se obtuvo entre la temperatura ambiente (26-34.5 °C) y la del agua (23.0-35.3 °C), se observó que entre noviembre de 2002 y abril de 2003 (época de secas), la temperatura ambiente fue mucho mayor a la temperatura del agua; sin embargo, en el siguiente periodo, de mayo a octubre, la temperatura ambiente fue menor a la del agua. En la temporada cálida existe una condensación de vapor en la superficie que proporciona aporte de calor del aire al lago, por lo tanto las tasas de evaporación aumentan al incrementar la temperatura del lago o al aumentar el movimiento de aire sobre la superficie del agua (Wetzel, 1981).

El análisis de la variación de la temperatura en la columna de agua permite entre otras cosas reconocer las condiciones de circulación y estratificación, además, reconoce los valores máximos y mínimos en los cuales se pueden desarrollar algunas especies. Díaz-Prado *et al.*; (1986) mencionan que un factor importante, que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura a través de la columna de agua, es la relación entre la temperatura de la superficie y la del aire, que se manifiesta en el intercambio de calor entre ambas fases.

El lago Coatetelco es un sistema somero, por lo tanto los sedimentos pueden absorber cantidades significativas de calor, el cual es transferido en el agua; sin embargo, este calor es pequeño al compararlo con la absorción solar directa de la radiación solar por el agua (Wetzel, 1981).

Al analizar las condiciones de temperatura que prevalecieron en la superficie (23-35.3 °C), se clasificó al sistema como un cuerpo de agua cálido; con base a lo reportado por Gómez-Márquez, (2002) y Dorantes y Zavala (2003), el lago Coatetelco se clasificó como un sistema polimíctico cálido continuo, tomando como base el modelo de clasificación de Lewis (1983), el cual se caracteriza por la existencia de discontinuidades térmicas, en donde la estratificación se rompe en periodos cortos de horas.

La temperatura es un factor importante en cuanto a la productividad pesquera, ya que cada especie puede sobrevivir en un intervalo óptimo de temperatura determinado para respirar, crecer y reproducirse (Nikolsky; 1963); en el caso de las tilapias su desarrollo óptimo es a temperaturas mayores a los 20°C para que se inicie la etapa reproductiva, en especial para *Oreochromis niloticus*. Esta especie no tolera temperaturas por debajo de los 12°C y las temperaturas letales para ella son de 11°C y 42°C (Morales, 1991; Bardach *et al.*, 1986); en el lago Coatetelco las condiciones de temperatura son óptimas para que se desarrolle la especie; sin embargo, pueden existir algunos cambios a consecuencia de la estratificación y al sedimento que ocasione que la especie sufra algún tipo de estrés. La temperatura juega un papel importante en el metabolismo del pez principalmente en su crecimiento, lo cual se puede ver reflejado en la depositación de carbonato de calcio en forma de anillos o bandas en los otolitos.

Otro parámetro que fue considerado fue el oxígeno, el cual es un agente importante en cuanto al metabolismo de los peces, y su consumo depende de la actividad de las bacterias y de la materia orgánica en descomposición entre otros factores. La proporción de utilización del oxígeno con respecto a su síntesis permite una evaluación efectiva del metabolismo del lago como un todo (Wetzel, 1981).

Se presentaron valores de 5.4 mg/l en el mes de octubre y 14.4 mg/l en enero. Durante la temporada de lluvias la concentración de oxígeno disuelto fue menor, debido a que el lago es somero y presenta materia orgánica en descomposición, la cual se oxida cuando aumenta la temperatura desde la superficie al fondo (Arrington, 1984); en este caso al ser un sistema con baja profundidad, el oxígeno se distribuye homogéneamente y la materia orgánica en suspensión es removida por la actividad pesquera. Los resultados muestran que las concentraciones son adecuadas para que los peces se reproduzcan y desarrollen adecuadamente (mayor a 5 mg/l), de acuerdo a los niveles de concentración de oxígeno disuelto citados por Swingle (1969).

Respecto a la concentración de CO₂, se detectaron valores muy bajos. Recordemos que el carbono de los sistemas de aguas continentales se halla principalmente como productos en equilibrio con el ácido carbónico; sin embargo al aumentar el pH por efecto de la fotosíntesis, el contenido de CO₂ disminuye prevaleciendo los carbonatos y bicarbonatos y por lo tanto se crea un sistema alcalino. Boyd (1982) sugiere que el pH es el resultado de la interacción de los procesos bióticos y abióticos y es considerado como una medida de acidez, alcalinidad o neutralidad del agua.

Wetzel (1981) menciona que los lagos que tienen cantidades elevadas de carbonatos y bicarbonatos derivadas de la disolución de la calcita (CaCO₃) provocan valores elevados de alcalinidad y de pH. Arredondo y Ponce (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/l o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas; en este caso, la alcalinidad máxima fue de 50.0 mg/l con un pH máximo de 9.8 unidades, por lo que el lago de Coatetelco se considera alcalino y productivo por la presencia de bicarbonatos, los cuales son utilizados en los procesos de fotosíntesis.

Los valores de pH adecuados para la vida de los peces esta comprendido entre 5 y 9 unidades, los límites letales se encuentran entre 3.2 y 3.6 unidades y de más de 9.8 unidades; cuando el pH tiene valores elevados entre 7 y 9 existe un buen crecimiento en los organismos; sin embargo, si se rebasa de 9.8 unidades el crecimiento se vuelve lento así como la reproducción y existe un punto de muerte alcalino. Las condiciones de pH registrados en el lago son favorables para que se desarrolle la especie y los factores que afecten su crecimiento y reproducción serán causados por otra índole que no sea el pH (Arredondo y Ponce, 1998).

La dureza del agua se refiere al contenido de sales de calcio y magnesio, como bicarbonatos y carbonatos (dureza temporal) (Wetzel, 1981). La dureza total fluctuó de 117.6 mg/l en noviembre de 2002 a 225.2 mg/l en abril de 2003, con promedio de 162.74 mg/l. De acuerdo a Swingle (1969) las aguas duras se encuentran en intervalos de 150 mg/l a 300 mg/l; mientras tanto la alcalinidad presentó valores que van desde 11.0 a 50 mg/l aumentando en febrero y disminuyendo en mayo coincidiendo con temporadas de temperaturas elevadas.

De acuerdo a estos valores el sistema fue considerado como un cuerpo de aguas duras, las cuales contienen concentraciones altas de metales alcalinotérreos derivados de los depósitos calcáreos que estimulan los procesos de eutrofización y contribuyen al florecimiento de microalgas y caídas del oxígeno disuelto (Goldman y Horne, 1983; Arredondo y Ponce, 1998).

Reid y Wood (1976) caracterizan a los lagos de aguas duras como aquellos que presentan valores de pH arriba de los 8.5 unidades, ausencia de CO₂ libre y valores mayores de dureza de 200 mg/l. Al sobrepasar los niveles de dureza total respecto a la alcalinidad, se indica la presencia de iones divalentes como el calcio y el magnesio, los cuales se encuentran asociados con otros aniones para formar incrustaciones (Arredondo, 1986).

La alcalinidad no excedió los límites propuestos por SEPESCA (1994) quien establece que para el desarrollo de la tilapia la alcalinidad debe encontrarse alrededor de los 14 a 150 mg/l y la dureza total entre 100 a 170 mg/l, este último parámetro excede un poco el intervalo en el mes de abril, posiblemente a consecuencia de la poca profundidad que presentó el sistema, lo que provocó una concentración de sales principalmente de bicarbonatos; esto se reflejó en la alta conductividad 745 μ S/cm que presentó el sistema durante este mes. La cantidad de sales de calcio, puede alterar la visualización de anillos de crecimiento en los otolitos, principalmente porque las bandas están formadas por una asociación entre Ca/Sr (Simkiss, 1974; Morales-Nin, 1995).

La conductividad es una medida en el contenido de sales electrolizables disueltas que aumenta con la movilidad de los iones a medida que se eleva la temperatura; y a la vez es un parámetro que da un buen criterio de la cantidad de sólidos totales disueltos, esto con el fin de conocer el efecto del equilibrio iónico que persiste en el sistema. Este parámetro osciló entre los 444 y 745 μ S/cm, en realidad estos valores son altos si se considera que el lago presenta altos niveles de alcalinidad; por lo tanto, a mayor concentración de iones, se incrementa la conductividad del agua, lo que permite estimar el grado de mineralización. La conductividad de los cuerpos de agua dulce varía entre 50 y 1500 μ S/cm (Boyd, 1979) y en nuestro país oscila entre 20 y 10, 000 μ S/cm (Arredondo, 1986).

Los valores mas altos de conductividad se registraron en abril, mes que concuerda con los niveles mínimos de profundidad, y por lo tanto existe mayor concentración de sales aunado con una temperatura del agua de 32.5°C que moviliza los iones. Por otro lado, los lagos se pueden clasificar también por el tipo de conductividad que presentan, por ejemplo Talling y Talling (en Payne, 1986) proponen que un intervalo de 600 a 6000 μ S/cm, con un pH entre 8.5 y 9.5 y altos valores de alcalinidad, en este caso de bicarbonatos, corresponde a un lago clase II, en el cual se encuentra el cuerpo de agua en estudio.

Si la producción de un lago se ve aumentada por la aportación de materiales alóctonos, puede producirse una acumulación de materia orgánica mayor que la descomponible, dando lugar a menor visibilidad del agua. El lago Coatetelco es un claro ejemplo de aportes de materiales, ya que en él se observan gran material en suspensión, principalmente por remoción de sólidos (arcillas) debido a la actividad pesquera, defecación del ganado y producción planctónica. Estos factores ocasionan turbiedad en el sistema e impiden la penetración de la luz, provocando en algunas ocasiones la disminución de la productividad.

Gómez-Márquez, (2002) reportó una concentración de sólidos totales entre 330 y 1328 mg/l y sólidos suspendidos entre 200 y 124 mg/l indicando que el agua contiene grandes cantidades de solutos, y respecto a los sólidos totales su concentración denota la presencia de materia orgánica e inorgánica en suspensión.

Los sólidos suspendidos son importantes, ya que pueden dañar las branquias de los peces provocando asfixia a causa del engrosamiento de las células epiteliales de las branquias, además interfieren con la respiración lo que causa estrés en los individuos, también pueden causar obstrucción y asfixia del bentos e interferencia en la alimentación de los organismos filtradores (Arrignon, 1984; Arredondo y Ponce, 1998).

Aunque en este estudio no se analizó la cantidad de material en suspensión, es importante tomar en cuenta en futuros estudios este factor, ya que fue la causa principal de la formación de bandas adyacentes en los otolitos, debido a que *Oreochromis niloticus* tiende a cambiar su metabolismo para poder adaptarse a las condiciones del sistema.

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE.

La diagnosis que se realizó a la especie de mojarra del lago Coatetelco, fue *Oreochromis niloticus*, el cual es un grupo que pertenece a la familia Cichlidae que comprende casi seiscientas especies de agua dulce (Morales, 1996).

El genero *Oreochromis* posee alrededor de 14 a 28 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; en este caso se registró un promedio de 20 branquiespinas, y de acuerdo a las claves de Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986), la especie *O. niloticus* tiene de 19 a 22; por lo que los datos concuerdan con lo mencionado por estos autores, además de los datos obtenidos del hueso faríngeo.

Existen diferentes métodos para realizar la descripción taxonómica más acertadamente, y uno de estos métodos se basa en el análisis de DNA. Seyoum y Kornfield (1992) reconocieron alrededor de siete subespecies de ciclidos de *Oreochromis niloticus* en el lago Tan en Etiopía mediante el uso del DNA mitocondrial, encontrando que la especie que más predominaba fue *Oreochromis niloticus tana* y mencionan que, en un futuro cercano, los cambios en la nomenclatura serán necesarios, ya que los métodos cada vez serán más precisos para describir fenotípicamente a las especies.

Muchas de estas técnicas son costosas y regularmente no se cuenta con el equipo adecuado, por lo que es necesario recurrir a otros métodos que validen la diagnosis de la especie. El hueso faríngeo es una de las alternativas para corroborar la identificación taxonómica; para esta investigación se encontró que la estructura contiene dientes bicúspides en la parte superior y monocúspides en la parte inferior, presentando lóbulos superiores poco desarrollados; el área dentada no está cubierta por dientes y posee una densidad irregular de acuerdo a lo reportado por Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas (1989).

Es importante conocer la especie con la cual se está trabajando, ya que actualmente se están realizando trabajos de hibridación especialmente con *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus*, debido a que estas especies son las más adecuadas para el cultivo, en virtud de su buen crecimiento, su tolerancia a cambios de salinidad y, sobre todo, por su aprovechamiento alimenticio (Watanabe *et al.* 1985; Muñoz y Garduño, 1994).

RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN.

Se obtuvo una muestra de cuatrocientos treinta y siete (437) individuos a partir de la captura comercial en el lago Coatetelco, Morelos durante el periodo que comprende de noviembre de 2002 a octubre de 2003. El sexo predominante durante las capturas fue de machos como se muestra en la tabla 4, mientras que las hembras se encontraron en una proporción menor, incluso, en los meses de agosto y octubre, no se obtuvo muestra de este sexo.

La muestra que se obtuvo en el lago de Coatetelco está compuesta por organismos de longitud total máxima de 23.2 cm y 152.7 g de peso total; Legendre y Albaret (1991) reportan en África, para *Oreochromis mossambicus* una talla máxima de 23.6 cm, *Oreochromis macrochir* 33.0 cm, *Sarotherodon galilaeus* 37.0 cm y *Tilapia rendalli* de 21.0 cm. Posiblemente la talla media encontrada en el lago Coatetelco se deba a la sobre explotación debida al arte de pesca utilizado, la cual no permite que los individuos alcancen una mayor talla.

En cuanto a los diferentes sexos, las hembras presentaron una talla máxima de 16.4 cm de longitud total y un peso de 77.8 g y en los machos se registró una talla máxima de 23.2 cm de longitud total y un peso de 152.7 g. Con los datos obtenidos se observó que los machos crecen mas que las hembras y son mas pesados reforzando la idea de un dimorfismo sexual marcado que presenta la especie; sin embargo, estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los sexos en cuanto a las diferentes longitudes ($F= 0.39$; $p>0.05$).

Bernal (1984) reporta valores de longitud más altos en machos para la *Tilapia nilotica* (= *O. niloticus*) y este mismo aspecto es mencionado por Díaz (1985), quien encontró que las hembras de *Oreochromis aureus* de la presa "El Bosque" tiene un crecimiento menor al de los machos debido al desgaste metabólico durante la reproducción o los cambios de hábitos alimenticios que difieren del macho durante esta etapa; misma situación fue reportada por Palacios (1995). Oliveira y Almada (1995) en sus estudios sobre la tribu Tilapiini en África observaron que esta tendencia puede ser reflejada en un crecimiento de tipo alométrico.

En la mayoría de las tilapias los machos tienen un crecimiento mayor que el de las hembras, debido a diferentes factores como la temperatura, que juega un papel importante en cuanto al crecimiento y desarrollo de la especie; esta variable tiene que ser mayor a los 20°C para que se lleve a cabo la reproducción, en este proceso biológico se reserva el contenido energético obtenido ya sea a través del alimento; para posteriormente cuando concluye la etapa de reproducción y desove, la energía obtenida se destina al crecimiento del cuerpo de la hembra (Balfour, 1985; Morales, 1991; Oliveira y Almada, 1995). Otros factores importantes que afectan el crecimiento, son las condiciones ecológicas donde se desarrolle la especie, la dinámica social del recurso, así como la adaptación que adquiere en contra de sus depredadores.

En cuanto a la relación longitud total-longitud patrón está registró una regresión lineal y un alto nivel de significancia, lo que hace al modelo adecuado para cualquier predicción que se quiera realizar. Respecto a los errores de medición tomados en campo, estos no afectaron la relación por lo que se concluyó que se puede predecir una variable a través de la otra para futuros estudios.

RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL

La relación entre el peso y la longitud total es importante en biología pesquera ya que puede dar información sobre la condición de la población. Entre las utilidades más frecuentes de esta relación se destacan la posibilidad de determinar indirectamente el peso a través de la longitud o viceversa, la comparación de la biomasa de la población para estimar de manera indirecta la producción, estimar la condición del pez en relación con el almacenamiento de grasa y desarrollo gonadal, así como permitir un análisis indirecto del ritmo de crecimiento. Esta función también permite determinar los estados de condición fisiológica de un efectivo, ya sea a través de las diferentes épocas del año como en diferentes etapas del ciclo vital (Bagenal, 1978; Barros *et al*; 2001; Martín-Smith, 1996; Everhart y Youngs, 1981).

Para esta relación, estadísticamente existieron diferencias significativas entre sexos. Gómez-Márquez (2002) reportó diferencias estadísticas entre los sexos para *O. niloticus* en el mismo sistema, en cambio Garduño y Avelar (1996) no encontraron esas diferencias para el lago de Coatetelco. Hay que recordar que las constantes pueden variar entre especies o entre poblaciones de la misma especie, dependiendo del sistema, del grado de madurez gonádica, del alimento, del hábitat y del dimorfismo sexual al que esta sometido genéticamente; este último es el más marcado en la especie y puede ser el resultado de un crecimiento de tipo alométrico (Bagenal, 1978; Oliveira y Almada, 1995).

Guzmán (1994) y Palacios (1995) reportaron que no existe diferencia significativa entre sexos para *O. aureus* aún cuando aparentemente los machos tienen un crecimiento de talla mayor que el de las hembras como es en este caso.

Para este estudio, el valor de la pendiente de la relación peso-longitud para la población, se le aplicó la prueba estadística de *t-student* ($t = -9.3749$; $p < 0.05$) cuyo análisis mostró que el valor de la pendiente es estadísticamente diferente de 3 ($b = 2.87$, $p < 0.05$) con un alto coeficiente de determinación ($r^2 = 0.991$, $p < 0.05$). Esto mostró que la población tuvo un crecimiento de tipo alométrico negativo, esto es, que existe un incremento mayor en longitud que en peso, recordando que la variable b representa un coeficiente de crecimiento relativo en concordancia con la longitud.

Para los machos se registró un crecimiento de tipo alométrico negativo ($b = 2.28$, $p < 0.05$) con un coeficiente de determinación menor ($r^2 = 0.716$, $p < 0.05$), de acuerdo a la prueba aplicada ($t = -0.0713$; $p < 0.05$). Sin embargo las hembras mostraron ($t = -8.6617$; $p < 0.05$) un tipo de crecimiento que tiende a la isometría ($b = 2.98$, $p < 0.05$) con un coeficiente de determinación mayor que los machos ($r^2 = 0.793$, $p < 0.05$), esto es que el pez incrementó todas las dimensiones de su cuerpo a la misma velocidad.

El peso que las hembras alcanzan puede ser afectado por el número y tamaño de los ovocitos en las gónadas, es decir, que a mayor desarrollo de las gónadas se aumenta el peso corporal de los individuos (Tesch, 1968).

Ricker (1975) mencionó que la tendencia a la isometría indica que los peces crecen sin ningún cambio en el cuerpo y el peso suele ser afectado por la época del año, la temporada de reproducción y el contenido estomacal (Nikolsky, 1963).

Santiago y Jardón (1997) reportan para *Oreochromis niloticus* en la presa "Cerro de Oro" un crecimiento de tipo isométrico resultado de las diferencias de tallas que presentaron con respecto a otros sistemas; Cordova (1994) estudió la misma especie bajo condiciones controladas y reportó que, en bajas densidades de organismos por área, los diferentes sexos presentan un crecimiento que tiende a la isometría, hay que considerar que la competencia intra e interespecífica por los diferentes recursos como el espacio y el alimento provocan que el individuo cambie su metabolismo para no ser desplazada por otra especie.

Las diferencias o similitudes respecto al valor de b además de ser atribuidas a factores intrínsecos (genéticos) de las especies, se relacionan también con el hábitat, con la época del año y con la reproducción, este último factor provoca que el individuo incremente su peso durante la maduración sexual (Weatherley & Grill, 1989; Gómez-Márquez, 1998; Ricker, 1975).

La tendencia a un crecimiento de tipo alométrico para el lago de Coatetelco fue reportada por Garduño y Avelar (1996), el cual obtuvo una pendiente de 2.371 para machos y de 2.357 para hembras; misma tendencia obtuvo Gómez-Márquez (2002) para el mismo sistema y la misma especie. Alejo *et al*; (1989) reportó un crecimiento de tipo alométrico negativo para *O. mossambicus* en la laguna del Rodeo, Mor, así como Pérez y Patlani (2002), para hembras de *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Mor. Por último, Bernal (1984), menciona para *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) un valor de pendiente de 2.03 tanto para la población total como por sexos. Esta misma situación es reportada por Meza (1996) para la misma especie, encontrando una tendencia de tipo alométrico negativo en el bordo de San Ignacio.

En resumen, la importancia del crecimiento de la especie se ve reflejada en la tendencia de crecer primero en mayor proporción en talla y posteriormente en peso, situación que desde el punto de vista ecológico permite una alta supervivencia si la especie se encuentra en un medio con depredadores; por otra parte, en las pesquerías esta biomasa se traduce en mayores aportes económicos al capturar organismos de tallas y peso más elevados.

PROPORCIÓN SEXUAL.

La proporción sexual encontrada para este estudio fue de 1:8.85 (H:M) ($\chi^2=2.192$, $p<0.05$) donde los machos (70.93%) predominaron sobre las hembras, ya que estas solo representaron el 8.0% de la población total (tabla 10).

Durante los meses de mayo, junio y julio la proporción fue de 1:29, 1:23, 1:29 y pudo deberse al comportamiento reproductivo en donde las hembras permanecen durante el periodo de reproducción en el nido, que generalmente se encuentra en las orillas del embalse; sin embargo, en los demás meses la proporción varió de 1:2 a 1:8 que pudo deberse a que los machos de *O. niloticus* permanecen en el nido y las hembras migran hacia lugares donde existe vegetación o rocas.

Debido a que las hembras migran hacia estos lugares, es muy difícil que algún tipo de red entre en la vegetación o en las rocas, de alguna manera esto provoca que parte de la población que migra hacia lugares no sea capturada, posiblemente esto cause de alguna manera la alteración de la proporción sexual muestreada.

Durante todo el estudio la proporción sexual no llegó al esperado propuesto por Nikolsky (1963) de 1:1, el cual menciona que la proporción suele variar año con año dependiendo de la especie, incluso entre ellas mismas llegando a una proporción de 1:9, predominando casi siempre las hembras. Basurto (1984) encontró una proporción sexual de 1:1.6 (hembra:macho) para *O. niloticus*, indicando que dicha proporción puede variar aún más; sin embargo, los valores encontrados en este estudio son aún más altos.

Fryer e lies (1972), reportaron para *S. galilaeus* una proporción de 1:1, en donde la talla de maduración es más pequeña en machos que en hembras; no obstante, aún en la misma especie se ha observado una proporción de 6:10 (machos:hembras) y de 2:1 (machos:hembras), predominando fuertemente los machos a pesar de que en todas las ocasiones cuentan con una talla menor; por lo tanto, la proporción de sexos varía dependiendo de las condiciones del sistema (Fagade, 1994; Fawole y Arawomo, 2000).

Para el lago Coatetelco la proporción reportada por Garduño y Avelar (1996) y Gómez-Márquez (2002) fue de 1:1, lo cual indicó un decremento en cuanto a la población muestreada de hembras debido a distintos factores, uno de ellos es el arte de pesca utilizado: la red agallera, la cual se coloca lejos de la orilla del lago provocando que las hembras que se encuentran lejos de los nidos sean capturadas, aunque estas regularmente suelen estar protegidas por la vegetación. En cambio los machos son capturados en las áreas de anidación y suelen desplazarse en las orillas o en el centro del embalse en busca de alimento (Morales, 1974; Aguilera y Noriega, 1991).

Otro factor que ocasionó la disminución de alguno de los sexos, es la sobre explotación del recurso, que ocasiona un desplazamiento en el tamaño promedio de la captura, por lo que se altera la composición de la población, de alguna manera esto es reflejó en este estudio, ya que los machos presentan un mayor crecimiento que las hembras (Nikolsky, 1963). Babiker e Ibrahim (1979) para *Tilapia nilotica* (= *O. niloticus*), mencionan que el intervalo de tallas menor a los 15 cm ocasionó que las hembras fueran más numerosas que los machos encontrando una proporción 2.18:1 y cuando el intervalo se incrementó de 16 a 28 cm, los dos sexos casi estuvieron en la misma proporción predominando las hembras 1.19:1.

Cuando la talla fue mayor a los 28 cm las hembras fueron disminuyendo, lo cual comprueba que las tallas capturadas pueden ser el efecto de la proporción sexual encontrada en este estudio.

Jiménez (1999) reporta para *Oreochromis aureus* una proporción sexual con predominio de los machos sobre las hembras y señala que esta situación puede deberse al efecto de la sobre pesca a la que ha estado sometida la tilapia o a una degeneración genética que ha sufrido la población. Estas mismas circunstancias fueron reportadas por Ramos-Cruz (1995) para *O. aureus* con una proporción 1:2.6 (H:M), quien menciona que las capturas compuestas por un mayor número de machos puede resultar favorable para la pesquería, ya que ésta puede actuar como un mecanismo de regulación sexual, al extraer los excedentes de alguno de los dos sexos.

Fryer e lles (1972) encuentran una proporción de 2 machos por cada hembra para *S. galilaeus* en el lago Rodolfo en África y mencionan que en los lagos africanos es común que la población de machos predomine sin que afecte la pesquería.

De acuerdo a los valores encontrados por Gómez-Márquez (2002) la talla de primera madurez fue encontrada de 12.0 cm para la hembra madura más pequeña y 11.7 cm para el macho maduro mas pequeño, esto indica que la etapa reproductiva se esta alargando a tallas mas grandes para su mejor adaptación ante los efectos de la sobre explotación.

Gómez, *et al*; (1993) citan que para *Oreochromis mossambicus*, la longitud de primera madurez para machos y hembras se encuentra alrededor de los 6 y 8 cm de longitud, correspondientes a tres meses de edad. Ramos-Cruz (1995) señala que *O. aureus* alcanza su madurez a los 22 cm de longitud total contando con seis meses de edad. Babiker e Ibrahim (1979) reportan para hembras de *Tilapia nilotica* una maduración sexual a partir de los 9.0 cm de longitud y para machos a partir de los 11.2 cm de longitud.

FRECUENCIAS DE TALLAS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN UNIVARIADA DE HISTOGRAMAS, ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL (EDK) Y EL MÉTODO DE POWELL-WHETERALL.

El análisis de frecuencia de tallas se realizó únicamente para los meses de enero y febrero, ya que estos constituyeron una buena representación de las diferentes tallas obtenidas en el lago Coatetelco para *O. niloticus*. La distribución de frecuencias de tallas se realizó por medio de histogramas (figura 11) y solo se visualizaron dos modas, donde cada una representó un máximo relativo de una clase anual; la primera correspondió a organismos con valores entre 2.4 y 9.9 cm de longitud total y la siguiente moda correspondió a tallas que fluctuaron entre los 13.4 y 18.8 cm de longitud total. Esta situación se debió a los diferentes artes de pesca utilizados, ya que la muestra de los individuos pequeños fue obtenida mediante chinchorro playero de 1.0 cm de luz de malla y las siguientes tallas mediante la red agallera de 6.0 cm de abertura de luz de malla, que representó a los individuos maduros.

La frecuencia de tallas obtenidas por mes (figura 12) comprendió intervalos desde los 13 a 19 cm de longitud total, provocando que la muestra fuera muy homogénea. Este comportamiento no cambió en los demás meses exceptuando febrero y marzo donde se obtuvieron individuos de tallas menores y uno de talla mayor en marzo.

Salgado-Ugarte y colaboradores (2000) mencionan que el número de modas depende del ancho del intervalo del histograma, generalmente este intervalo se fija en 0.5 cm para especies pequeñas menores a los 30 cm y de 1 a 2 cm en especies mayores a los 30 cm. MacDonald (1969, citado en Salgado-Ugarte, 2002) menciona que uno de los problemas más frecuentes para la visualización de las modas es saber que a menos que la diferencia entre las medias de las dos distribuciones sea suficientemente grande, la distribución común no presentará modas evidentes por lo que el comportamiento de la muestra es difícil de distinguir, los cambios en longitud son reducidos y la señal es escasa. Por lo anterior se recurrió a la utilización de métodos mas complejos que suavizaran el comportamiento como son los estimadores de densidad por kernel (EDK).

Existen cuatro problemas que se presentan cuando utilizamos funciones de densidad como es el histograma, la primera es que la posición es dependiente del origen x_0 , esta generalmente es escogida por el investigador ocasionando que la forma del histograma cambie al cambiar el origen, el resultado depende de la amplitud y del número de intervalos, el histograma suele ser discontinuo y se usan intervalos con amplitud fija (Fox, 1990).

Scott (1985) menciona que las propiedades de los polígonos de frecuencia univariados y bivariados poseen mejoras considerables que el histograma; sin embargo, aunque las estimaciones son un poco suaves, la posición del origen sigue causando ruido en cuanto al número de modas.

Para resolver esta discontinuidad Chambers *et al*; (1983) sugieren la posibilidad de calcular la densidad local en cada uno de los valores de x y dejar que se traslapen los intervalos para construirlos con una amplitud fija.

Los estimadores de densidad eliminan la discontinuidad de los histogramas, y su aplicación requiere de un gran número de cálculos; no obstante, representan una colección importante de herramientas para el análisis de datos (Salgado-Ugarte, 2000). Scott (1985) encuentra una manera de ahorrar tantos cálculos mediante el promedio de varios histogramas obteniendo un histograma desplazado promedio (HDP), posteriormente Hardle y Scott (1988) desarrollan la técnica mediante el promedio ponderado de puntos redondeados (PPPR).

El problema de la elección del número de intervalos ha sido revisado por Sturges (1926) y su famosa regla, la cual se ha convertido en una regla práctica en estadística, sin embargo no es aplicable para datos con distribución asimétrica, no Gaussiana o multimodal (Doane, 1976; Scott, 1992; Salgado-Ugarte *et al*; 1995a).

Aplicando las reglas prácticas para EDK se encontró que el valor de amplitud de banda (h) para los datos de *O. niloticus* fue muy grande, produciendo distribuciones bimodales, fácilmente reconocibles. El efecto que se presentó en los datos se debe a que el valor de h fue muy grande produciendo estimaciones independientes de los valores de la muestra, provocando una sobre suavización que dificultó la apreciación de los datos.

Ante esta situación no se pudieron percibir las tallas intermedias por lo que se buscó un mejor estimado de h por medio de la VCMC, VCS y la prueba de Silverman.

VALIDACIÓN CRUZADA POR MÍNIMOS CUADRADOS (VCMC) Y VALIDACIÓN CRUZADA SESGADA (VCS).

Para encontrar las tallas intermedias que no se pudieron visualizar con las reglas prácticas de estimación, se recurrió a las pruebas de validación cruzada por mínimos cuadrados (VCMC) y sesgada (VCS).

La VCMC sugiere modas más complejas, en este caso la prueba arrojó alrededor de siete modas con un $h= 0.3$, apreciando tallas intermedias que no se visualizaban con la amplitud de las reglas prácticas. A pesar de que esta prueba arroja un valor de h menor, la VCS originó solo dos modas con $h= 2.11$, esto es que ambas pruebas difieren significativamente de las reglas prácticas.

Gulland y Rosenberg (1992) mencionan que una muestra de 200 y 300 peces debería ser suficiente para identificar una o dos modas y si la población tiene un comportamiento regular, las muestras repetidas a intervalos de dos o tres meses deberían revelar la regresión de esas modas, para este caso la muestra es pequeña y muy homogénea lo que dificulta su interpretación.

Salgado-Ugarte *et al*; (1995b) mencionan que valores pequeños de h revelan estructuras locales que pueden ser reales o artificiales no presentes en la densidad "verdadera", misma situación es reportada por Izenman y Sommer (1988), estos autores mencionan que valores demasiado pequeños de la amplitud de banda producen una estimación altamente dependiente de los valores de la muestra, sin embargo siempre hay que tomar en cuenta que la elección de reglas de suavización proporcionan constantemente una guía práctica para la selección de una estimación de densidad adecuada.

PRUEBA DE MULTIMODALIDAD DE SILVERMAN.

Para entender mejor el comportamiento bimodal de los datos se realizó la prueba de multimodalidad de Silverman, aunque esta prueba se utiliza para la estimación de la amplitud de banda óptima, no se utilizó como un medio de suavización en este estudio, si no como un medio de conteo de modas parecido al que reporta Galindo (2002).

Mediante la prueba de multimodalidad de Silverman se encontró que la distribución de los datos sólo presentan dos modas con un valor de p significativo. Se encontró una $h= 2.529$, la cual es muy semejante a las reglas prácticas de estimación y la prueba de VCS, sin embargo difiere notablemente de la amplitud encontrada por la VCMC, ya que esta produce siete modas, al poseer una amplitud de banda menor.

La prueba de Silverman proporciona una evidencia sólida para apoyar la distribución de los datos que se analicen, ya que asegura el número de modas presentes en la muestra (Salgado-Ugarte *et al*; 1997), por lo tanto las dos modas encontradas para la población de *Oreochromis niloticus*, en el lago Coatetelco, Morelos se consideran como válidas para análisis posteriores, aunque se sabe que esta prueba es conservadora y por lo tanto, puede subestimar el número de modas, proporciona un valor confiable en el número de modas de un conjunto de datos (Silverman, 1981; Roeder, 1990; Salgado-Ugarte *et al*; 1997). Por lo anterior, se prefirió utilizar el valor de la amplitud de banda $h= 2.529$ de la prueba de Silverman, específicamente el valor promedio de las dos modas.

Galindo (2002) reporta para *C. melanopus* una distribución bimodal con un valor de p significativo, estos valores sugieren que las reglas prácticas para kernel Gaussiano, se encuentran incluidos en los intervalos de amplitud de banda que sugiere la prueba de Silverman, coincidiendo con la presencia de solo dos modas con valores similares para ambas, sin embargo encontró diferencias en cuanto al número de modas para las pruebas de VCMC y VCS.

La muestra fue fuertemente bimodal, para *O. niloticus* en los meses considerados, debido por la presencia marcada de los dos artes de pesca utilizados en este sistema, en donde la población está representada por dos poblaciones bien definidas, los individuos jóvenes de 3.76 cm de longitud total y los individuos maduros de 15.04 cm de longitud total.

Gómez-Márquez (1998) encontró para el mismo sistema y misma especie una longitud modal promedio de 10.5-11.5 cm de longitud patrón así como tallas mayores a los 12.0 cm de longitud estándar, que aproximadamente se acercan a los valores reportados para este estudio.

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE TALLAS A TRAVÉS DEL MÉTODO DE POWELL WETHERALL.

Se recurrió al método de Powell-Wehterall (1986 en King, 1995) por medio del estadístico FISAT, para obtener un estimado de L_{∞} . Este método se basa en representar todos los datos de la población explotada mediante el análisis de frecuencia de tallas, al tomar en cuenta la talla mínima de captura así como la talla promedio de la muestra y solo considera las tallas bien representadas cuando se sabe poco o casi nada sobre la condición de la población. En este caso el método de Powell-Wetherall proporcionó un estimado de $L_{\infty}=19.11$ cm, el cual se considera bastante adecuado si se toma en cuenta que el valor máximo observado fue de 18.8 cm.

Getabu (1992) realiza la estimación de L_{∞} y Z/K usando este mismo método para *O. niloticus* del lago Victoria, encontrando un estimado de $L_{\infty}=64.6$ cm y $Z/K= 3.219$.

Pérez y Patlani (2002) estiman el valor L_{∞} por medio de este método para *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata y reportan un valor de $L_{\infty}= 24.9$ cm el cual consideran adecuado para los datos capturados.

Se debe recordar que las condiciones de la presa son muy diferentes al estudiado y que el proceso de crecimiento es diferente y específico para cada especie dependiendo de las condiciones bióticas y abióticas que en él prevalecen.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE OTOLITOS

El impacto global que pueda tener la pesquería depende de muchos factores principalmente de la edad y el crecimiento, parámetros que ayudan a tomar decisiones acerca de los procedimientos a seguir para que sea rentable y sustentable esta industria.

Los métodos directos ayudan a calcular la edad y dan una idea sobre la interacción que tiene el pez con su medio ambiente; para entender esta interacción se emplean diferentes procedimientos, uno de ellos se basa en la lectura de anillos de crecimiento en estructuras duras como los otolitos, en los cuales se deposita material calcáreo anual o bianualmente, formando marcas de crecimiento; esta deposición o formación de un anillo de crecimiento depende de varios factores como son: la temperatura, salinidad, reproducción, incubación, disponibilidad de alimento, cantidad de sólidos disueltos y la depredación entre otros factores.

Zhang y Runham (1992a) mencionan que cuando los peces se mantienen en condiciones sub-óptimas, producen bandas de crecimiento en sus otolitos y que la temperatura es un factor importante que afecta la formación de los anillos, así como la disponibilidad del alimento; sin embargo Campana y Neilson (1985) muestran que el número de incrementos no es afectado por la cantidad de alimento, ya que la energía almacenada en el cuerpo del pez es suficiente para permitir el crecimiento en sus estructuras duras.

Para validar la lectura de los otolitos se realizó un análisis de covarianza entre el radio y la longitud total del pez, en la cual se encontraron diferencias significativas entre sexos ($F=11.13$, $p<0.05$), así mismo se efectuó una regresión, encontrando una tendencia de tipo potencial, mostrando una clara dependencia entre el crecimiento del pez y del otolito, pese a que el intercepto fue diferente del origen; es decir el otolito no se empezó a desarrollar desde el inicio de la vida del pez sino tiempo más tarde. Zhang y Runham (1992b) encontraron en *Oreochromis niloticus* que el primer anillo es depositado un día después de la incubación, mismos resultados obtienen Ekau y Blay (2000) en *S. melanotheron*, lo que comprueba que el otolito se empieza a desarrollar posteriormente.

Schirripa y Trexler (2000) señalan que la relación entre el radio del otolito y la longitud total es comúnmente utilizada para estimar el ritmo del crecimiento del pez para estudios de demografía, pero además es utilizada para estudiar el efecto que tienen los distintos artes de pesca, ya que estos tienden a alterar el intercepto y el coeficiente de determinación, ocasionando una subestimación de la edad, en individuos jóvenes. Bagenal (1974) menciona que el valor del intercepto varía con el tiempo y entre los mismos habitantes, mientras Campana (1990), indica que el valor del intercepto es importante en la elaboración del método Fraser-Lee, ya que de él depende la correcta determinación de la longitud de cada parte de la población obtenida.

Para este estudio el factor que ocasionó ruido sobre la relación radio-longitud total del pez fue el arte de pesca, el cual influyó notablemente en el coeficiente de determinación y en el intercepto, ocasionando valores altos en machos y hembras.

Massou *et al*; (2002) elaboraron estudios de restricción de alimento en *O. niloticus* y observaron que esta restricción afecta significativamente al crecimiento entre el radio del otolito y el crecimiento en longitud del pez. Esto puede explicarse debido a que el crecimiento del otolito depende del crecimiento del pez, y este último es afectado por las condiciones de su entorno. Mismos resultados descubren Ekau y Blay (2000) para *S. melanotheron*, estos autores encontraron una aparente dependencia en cuanto al crecimiento del radio del otolito a la longitud del pez. Panfili y Tomás (2001), explican que la variación natural del crecimiento aparece con la edad y que es fuertemente influenciada para esta especie. Para este estudio, el crecimiento del otolito fue dependiente al crecimiento en longitud del pez, de ahí su relación de tipo potencial; y aunque el otolito no se empezó a desarrollar desde el inicio, al paso del tiempo se observó una proporcionalidad entre el tamaño del otolito y la longitud total del pez.

Ekau y Blay (2000) encuentran que el crecimiento del otolito parece ser dependiente al crecimiento somático, ya que cuando la larva de *S. melanotheron* incrementa su crecimiento somático tiende a decrecer el tamaño del otolito.

Wen-Bin y Tai-Sheng (1997) indican que el crecimiento lento del pez produce otolitos más largos que un crecimiento rápido y el efecto de la tasa de crecimiento sobre el tamaño del otolito no siempre es lineal, como es el caso; las variaciones observadas pueden ser influenciadas por un crecimiento rápido o lento y por los factores relacionados con la edad.

La relación potencial entre el radio del otolito y la longitud total del pez encontrada en este estudio, es descrita por Landa y Piñeiro (2000) como una alometría natural, en donde se observa una fase de mayor crecimiento de la parte dura, con respecto al crecimiento del cuerpo al avanzar la edad, lo cual es atribuible a que el depósito de material calcáreo ocurre sobre todo en la superficie externa (Beamish y McFarlane, 1987). Casselman (1990) encontró esta misma relación, así como Lee *et al*; (1983) en el atún *Thunnus thynnus* (citado en Casselman, 1990); estos autores mencionan que generalmente este tipo de relación ocasiona algunos errores cuando se aplica el método del retrocálculo a individuos jóvenes, ya que el método tiende a subestimar la edad.

Respecto a los otolitos analizados en este estudio, se encontraron cuatro marcas de crecimiento en *O. niloticus* correspondientes a cada edad con una longitud máxima promedio retrocalculada de 15.57 cm (tabla 18). Admassu y Casselman (2000) encontraron hasta diez marcas de crecimiento bianualmente en *O. niloticus* en el lago Awassa, con una longitud total máxima de 260.2 mm. Booth y Merron (1996) reportan que una zona opaca y una hialina en otolitos se depositan cada año, encontrando para *Oreochromis macrochir* 11 marcas de crecimiento anuales con un intervalo de longitud entre los 207-235 mm, mientras Santiago y Jardón (1997) en la presa "Cerro de Oro", Oax, reportan para *O. niloticus* 8 edades comprendidas entre la longitud patrón.

Garduño y Avelar (1996) encuentran en escamas de *O. niloticus* en el lago Coatetelco 5 edades con intervalo de longitud patrón entre 9-16.5 cm. Gómez-Márquez (2002) reporta para el mismo sistema y misma especie solo 4 marcas de crecimiento en escamas, misma situación ocurre en este estudio con solo cuatro marcas en los otolitos, indicando que la edad de la población se ha mantenido y no ha logrado avanzar debido a que la población está siendo sobre explotada.

En otras especies como *O. aureus* que se encuentran en diferentes sistemas, la edad y la longitud es mucho mayor, como lo reporta Jiménez (1999) para escamas en la presa "El infiernillo" con 8 grupos de edad en un intervalo de longitud patrón de 5.2-24.9 cm. Guzmán (1994) menciona seis grupos de edad para escamas con intervalo de talla de 14.1-28.5 cm para *O. aureus*, esto debido al tamaño de luz de malla que se utiliza en cada sistema, pese a esto, no siempre al aumentar el tamaño de luz de malla se ampliará la edad, como sucedió en este caso, pero es recomendable para evitar la tasa de explotación a la cual esta siendo sometido el lago Coatetelco, Morelos.

Al leer las marcas de crecimiento de los otolitos para determinar los valores de longitud retrocalculados, se encontró una subestimación en cuanto a la proximidad de la longitud conforme a la edad, esto debido principalmente porque la población estaba integrada por individuos adultos, provocando que las longitudes estuvieran muy próximas entre sí. Horppila y Nyberg (1999) comparan diferentes métodos de retrocálculo y encuentran que la ecuación de Fraser-Lee tiende a subestimar los valores de edad de los individuos jóvenes, como ocurrió en este estudio. Pierce *et al*; (1996) no encontraron diferencias significativas entre el tamaño del pez y el tamaño del otolito por el método de Fraser-Lee en *Lepomis gibbosus* (L.) y *Notemigonus crysoleucas* y sugieren que algunas diferencias encontradas en otras especies de peces pueden ser atribuidas a otros factores como la similitud entre las tallas encontradas. Este último aspecto se ve reflejado en el fenómeno de Lee; aunque la aparente ubicuidad de este fenómeno tiende a ser un enigma, se sabe que los principales orígenes que contribuyen son la selectividad del tamaño de tallas, la mortalidad y recientemente los efectos del crecimiento aún en ausencia de las dos primeras causas (Campana, 1990).

A pesar de la subestimación de las longitudes retrocalculadas se encontraron diferencias significativas entre las longitudes pertenecientes a cada edad. El diagrama de cajas que se presenta en la figura 23 muestra que sus medianas no se traslapan lo que significa que cada edad es diferente, a pesar de esto se observa en la edad IV que existen casos atípicos, posiblemente se deba a que peces de la misma edad tienen una longitud diferente o a posibles errores en cuanto a la medición de los organismos.

Para determinar si realmente existieron diferencias significativas para cada edad, se realizó la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis; encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las longitudes para cada edad; por lo tanto a pesar de la subestimación encontrada, cada longitud estuvo representada por una clase de edad bien definida.

En la tabla 22 se observa que las edades 3 y 4 están mejor representadas y poseen una talla promedio de 15.1 y 15.8 cm de longitud; sin embargo estas edades son las que están siendo sobre explotadas y a la larga, solo serán atrapados individuos con un año de edad, disminuyendo considerablemente la población reproductiva.

Para la determinación de la edad siempre es importante visualizar cuidadosamente anillos completos en los otolitos, ya que de la interpretación de las marcas son los resultados que se arrojan en cualquier estudio.

Existieron varios factores que afectaron la visualización de los anillos, principalmente en los individuos adultos. Por ejemplo, el centro del otolito presentó cambios de transparencia ocasionado por las diferentes capas de depositación de material calcáreo; varios autores reportan que el primer anillo en peces mayores, siempre es el más difícil de visualizar por distintos factores, como por ejemplo la morfología del otolito, la cual es el efecto del crecimiento secundario en la parte ventral y dorsal, que impide la visualización de anillos completos (Aguayo y Gili, 1984; Gjøsæter *et al.*; 1984; Hales y Belk, 1992; Van der Walt y Beckley, 1997; Moyle, 2000; Beamish y McFarlane, 2000; Massou *et al.*; 2002).

Los cambios de transparencia en el centro del otolito también son atribuidos a los diferentes tiempos de incubación o al paso de las postlarvas a individuos juveniles, situación asociada al cambio de dieta alimentaria y a la tasa de crecimiento exponencial que influyen en la observación de los anillos, como lo señalan Zhang y Runham (1992b) para *O. niloticus* y Aguayo y Gili (1984) para la merluza de cola *Macruronus magellanicus*. Por todo lo anterior, se especula que en los otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, existieron al menos otras dos marcas de crecimiento cerca del centro, las cuales si pudieran ser detectadas, ampliarían el intervalo entre longitudes retrocalculadas observadas, para cada edad.

En la mayoría de las ocasiones existió dificultad para visualizar anillos, principalmente en el centro y en el margen posterior; cada anillo completo estaba próximo a uno falso ocasionando que un anillo falso se interpretara como completo. Para evitar errores al aplicar el método de Fraser-Lee se optó por discriminar el primer anillo próximo al foco como indica Aguayo y Gili (1984). Hales y Belk (1992) encontraron estos mismos problemas en *Lepomis macrochirus*, atribuidas a la formación de anillos incompletos y poco visibles. Por otra parte, Karlou-Riga (2000) observó que los anillos opacos que se encuentran cerca del foco son rodeados por anillos falsos y en muchas de las ocasiones estos anillos, tienden a extenderse en la parte del rostrum del otolito.

La formación de un anillo falso se presenta cuando una nueva zona de depositación de calcio es grande, provocando cambios en la densidad óptica en alguna parte de la estructura; muchas de las ocasiones asociada con una zona hialina estrecha o a una zona opaca. Este fenómeno es ocasionado por distintos factores como son: cambios en la tasa de crecimiento, periodos de reproducción, variación del alimento, cambios climáticos, ritmos circadianos, fotoperiodo, pH, salinidad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, etc. (Everhart y Youngs, 1981; Gjøsæter *et al.* 1984; Weatherley & Grill, 1987; González, 1977; Karlou-Riga, 2000,). Al alterarse alguno de estos factores (principalmente la temperatura) la reproducción y la alimentación produce un cambio en el metabolismo del pez, lo cual se ve reflejado en una marca discontinua (Brothers y Mathew, 1976; Zhang y Runham 1992a, 1992b; Morales-Nin, 1995; Massou *et al.*; 2002).

Uno de los factores importantes en cuanto a la depositación de anillos, es la temperatura, ya que influye en la incorporación de Ca/Sr, elementos que conforman las marcas de crecimiento (Tzeng, 1994; Morales-Nin, 2000).

Las tilapias prefieren condiciones de temperatura elevadas por lo que su distribución se restringe a áreas cuyas isoterma de invierno sean superiores a los 20°C, en muchas de las ocasiones una temperatura menor a los 15°C limita su crecimiento y reproducción (Aguilera y Noriega, 1991), en este caso el lago Coatetelco contó con temperaturas mayores a los 20°C, incluso en la época de invierno se observaron temperaturas de 23°C.

El fotoperiodo es otro factor que posiblemente cause la formación de anillos falsos, ya que este fenómeno regula los ritmos endógenos del pez, como el crecimiento, la actividad locomotora, los ritmos metabólicos, la pigmentación del cuerpo, la maduración y la reproducción sexual (El-Sayed y Kawanna, 2004).

El estado de maduración del pez depende del fotoperiodo, como lo mencionan El-Sayed y Kawanna (2004) quienes demostraron que si *O. niloticus* era expuesta a periodos largos de luz (18 a 24 horas) su crecimiento y eficiencia era mejor que en periodos cortos, ya que requería mas energía y en esta etapa tendía a una reducción en el crecimiento somático. Campos-Mendoza *et al.*; (2004) señalan que los efectos biológicos y de reproducción asociados con la edad son influenciados por los efectos de intensidad de luz, así como los factores endocrinológicos de la tilapia que se observan en el desarrollo de los ovarios. Taubert y Coble (1977) (citados en Gjøsaeter *et al.*, 1984) citan que los ritmos circadianos regulan la formación de anillos en *Tilapia mossambica* (= *O. mossambicus*), idea compartida por Parker (1982) (citado en Gjøsaeter *et al.*, 1984) el cual cree que el fotoperiodo es un factor dominante en el incremento de los otolitos en *Oncorhynchus nerka*.

Tanaka *et al.*; (1981) sugieren que las zonas discontinuas en *Tilapia nilotica* (= *O. niloticus*) son formadas por cambios en la intensidad de la luz, idea compartida por Zhang y Runham (1992b) para *O. niloticus*. Sin embargo, a pesar de las dos situaciones presentadas anteriormente, la posición que tiene la República Mexicana y en especial la zona de estudio, hacen que los cambios de luz no sean drásticos como sucede en la parte de los polos, por lo que este factor en el lago de Coatetelco, no es un factor que influya notablemente en la formación de anillos falsos.

El principal agente que posiblemente afecta la depositación de la marcas de crecimiento, son los sólidos totales disueltos y suspendidos que se encuentran en el sistema, los cuales impiden la penetración de la luz y provocan de alguna manera el estrés de los peces.

El lago posee gran cantidad de material en suspensión como las arcillas, las cuales llegan a afectar las lamellas de las branquias de los peces, provocando una reducción en el consumo de oxígeno y ocasionando un deterioro en cuanto a las tasas de crecimiento (Arredondo y Ponce, 1998).

Gómez-Márquez (2002) reportó una concentración de sólidos totales entre los 330 y 1328 mg/l (junio y septiembre) y sólidos disueltos entre los 200 y 224 mg/l (junio y septiembre), debido a la poca profundidad que se registró en el lago, ya que en este estudio la profundidad osciló entre los 0.6 y 1.6 m con una transparencia respectiva de 0.05 y 0.25 m, lo que indica que existe una remoción de sólidos; que puede deberse al crecimiento de algas o a la actividad pesquera que ocasiona que el sedimento sea removido, reflejado en la turbidez observada.

Al cambiar el metabolismo del pez debido a las condiciones de estrés al cual esta sometido en el sistema, el calcio podría ser reabsorbido, provocando zonas discontinuas en los otolitos (Martínez-Tabche *et al*; 2002). Mugiya y Uchimura (1989) reportan este mismo fenómeno para *Carassius auratus* y mencionan que las zonas discontinuas regularmente se forman por una deficiencia de oxígeno provocando cambios entre la matriz orgánica y la depositación del calcio. Fagade (1974) reporta que la formación de un anillo continuo en *Tilapia melanotheron* dependió entre otros factores de la turbiedad del agua que se registró durante la temporada de lluvias.

La formación de anillos discontinuos aún no ha tenido una clara explicación, algunos sugieren que el principal factor es la interacción con el medio ambiente y el metabolismo particular del pez o por las condiciones de temperatura; sin embargo no existen muchas investigaciones sobre como actúa el calcio en estos individuos y el porque en un momento dado se reabsorbe (Simkiss, 1974).

A pesar que existió dificultad al momento de interpretar las marcas de crecimiento en los otolitos, existieron anillos continuos, los cuales se utilizaron para validar la edad reportada por medio del método del índice de incremento marginal y por la consistencia de su presencia. Los resultados sugieren que existieron dos temporadas de depositación tanto para la población total como para machos de *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, una durante la temporada de secas (diciembre-febrero) y otra en la temporada de lluvias (julio), por lo que la formación de un anillo ocurrió bianualmente, posiblemente estos resultados dependieron en parte de los cambios de temperatura la cual osciló entre los 23.0°C durante el mes de febrero y los 35.3°C durante el mes de marzo. Admassu y Casselman (2000) encontraron que la formación de un anillo ocurre cada 6.5 meses para *O. niloticus* y lo atribuyen al cambio de temperatura y alimentación que se tiene durante el periodo de secas y lluvias.

En este caso, la formación de un anillo completo se le atribuyó principalmente a las temporadas de reproducción que presentó la especie, las cuales coincidieron con la depositación de un anillo en el borde en los meses de diciembre y enero (70%), mientras que en la época de lluvias el porcentaje mas alto se mostró en el mes de agosto (64.51%) cercano al periodo de depositación en julio (60.0%). Para el caso de las hembras se encontraron dos periodos de depositación mucho más marcados durante los meses de diciembre-febrero (época de secas) y junio-julio (época de lluvias), recordado que en el mes de junio se tienen reportes de un cambio de precipitación para el periodo de 1960-1996, cabe recordar que durante los meses de agosto y octubre no se obtuvo muestra de este sexo.

Fagade (1974) encontró en *Tilapia melanotheron*, que la formación de un anillo completo en opérculo se le atribuye a la temporada de reproducción en la época de secas y de lluvias. Garrod (1959) reporta para *Tilapia esculenta* anillos formados en escamas durante el periodo de reproducción, así como Palacios (1995) para *O. aureus*.

Algunas especies tropicales forman bandas o anillos anualmente durante la temporada de reproducción; sin embargo son mas difíciles de detectar a consecuencia de la gran cantidad de factores que varían anualmente (Gluyas y Félix, 1990).

Booth y Merron (1996) señalan que la reproducción es uno de los factores responsables de la formación de anillos en otolitos y escamas de *O. andersonii* y que en algunos cíclidos de regiones tropicales o subtropicales, la formación de anillos se atribuye a un descenso en la tasa somática, lo que explicaría que durante la época reproductiva, el crecimiento somático fuera mas bajo, ya que la mayor parte de la energía es destinada al desarrollo gonadosomático. Newell y Garrod (1958) para *Tilapia esculenta* en el lago Victoria encontraron que durante esta etapa existen fluctuaciones en cuanto al metabolismo del calcio, el cual interacciona entre el crecimiento del otolito y la formación de anillos.

Garduño y Avelar (1996) para *Oreochromis niloticus* sugieren que la formación de anillos en el borde de la escama se debe principalmente a factores reproductivos, mismos resultados son reportados por Gómez-Márquez (2002) para *O. niloticus* en el lago Coatetelco, indicando que existen dos temporadas de depositación en el margen de la escama, una en junio (época lluvias) y la otra en diciembre-enero (época de secas).

Dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el sistema y de la especie de la cual se este hablando, es la manera en la que se llevara a cabo la formación de bandas, es decir, que un anillo o banda de crecimiento puede formarse anualmente como ocurre en la mayoría de las especies de aguas templadas y tropicales, bianualmente como ocurrió en este caso o puede presentarse tres o mas veces al año como sucede con *Oreochromis aureus* en las presa "El infiernillo" reportado por Jiménez (1999).

Las marcas en los otolitos encontradas durante la época de invierno representaron un crecimiento somático lento debido a la reserva del contenido energético. Existieron temporadas en las que una zona opaca indicó un mayor crecimiento somático que disminuye a manera que se acerca la época reproductiva, principalmente este efecto ocurrió en individuos adultos, ya que después de la temporada reproductiva toda su energía metabólica se utilizó para crecer en tamaño y en peso.

En este estudio los individuos que presentaron solo una marca de crecimiento cerca del núcleo, generalmente pertenecían a tallas menores a los 8 cm de longitud total; habitualmente las tilapias alcanzan su madurez sexual a partir de los 2 a 3 meses de edad y a una longitud de 8 a 16 cm (Uchida y King, 1962, citado en Morales, 1991), por lo tanto se consideró que la marca que poseían estos individuos, no correspondía a una temporada de reproducción sino a una etapa de incubación, por lo que se optó por discriminarlos en la validación de la edad.

Otras situaciones que determinan la formación de marcas en individuos pequeños, es el estrés al cual están sometidos en el sistema, pues el embalse ha tenido grandes cambios en cuanto a la profundidad y temperatura, lo que ocasiona que los peces se desplacen y se concentren en diferentes áreas; situación similar reportó Jiménez (1999) para *O. aureus* en la presa Adolfo López Mateos, donde los niveles de la presa descenden alrededor de los 22 metros. Zhang y Runham (1992) mencionan que la adaptación a un nuevo ambiente es un proceso de presión para el pez, ocasionando que en este se forme un anillo o marca en sus otolitos, otra situación que reportan son las tasas de crecimiento, las cuales dependen no solo de las condiciones actuales sino de las previas en las que han vivido.

Los métodos directos proporcionan una buena estimación de la edad y el entorno en el cual los organismos se han desarrollado, ya sean las condiciones actuales o previas. No obstante, la utilización de cualquier estructura no nos da una buena interpretación de la edad, por ejemplo Weatherley & Grill (1987) mencionan que existen dificultades al utilizar el opérculo para la determinación de la edad y el crecimiento, ya que el origen (núcleo) de esta estructura es difícil de interpretar en individuos adultos, además es una estructura expuesta al medio ambiente; misma situación ocurre con las escamas, estas suelen regenerarse y la continuidad de los anillos se ve afectada por esta regeneración, además de que las zonas de crecimiento están poco espaciadas, lo que dificulta su interpretación, ya que es muy común encontrarse con anillos falsos. De acuerdo a trabajos anteriores, hemos observado una subestimación en cuanto a los datos al utilizar las escamas (Garduño y Avelar, 1996; Gómez-Márquez, 2002), por lo que es recomendable utilizar los otolitos, ya que estos se encuentran protegidos en el interior de los peces, y están mas relacionados con los cambios metabólicos del pez.

Los resultados que se han obtenido hasta el momento en cuanto a la interpretación de la edad por medio de otolitos han dado buenos resultados, ya que nos dieron una idea sobre la condición de la población a través de la interpretación de las marcas, así como el análisis de talla nos indicó que la población esta siendo sobre explotada por el arte de pesca utilizado (red agallera). Estos datos ayudaran a conservar el recurso, mediante la implementación de modelos y políticas de pesca y fortalecerá las necesidades económicas de la población que depende de él.

CRECIMIENTO.

El crecimiento se basa en la relación de los procesos anabólicos y catabólicos del individuo (peces) y este crece a medida que la formación de estos procesos sobrepasa a la degradación y se detiene cuando ambos se equilibran. Por consiguiente, el crecimiento de un pez es el resultado de su alimentación, su asimilación y la capacidad de construir tejidos en su cuerpo y puede ser definido de diferentes maneras; sin embargo todas concuerdan que es el efecto de la adición de material corporal (Nikolsky, 1963; Jácome, 2002).

El crecimiento puede ser estudiado mediante un análisis entre la edad y la longitud del organismo; procedimiento que supone que todos los individuos de una población tienen la misma tasa de crecimiento a través del tiempo (Everhart y Youngs, 1981).

Para el presente estudio se analizó el crecimiento a partir de las constantes obtenidas del modelo de von Bertalanffy, por medio del método no lineal del paquete estadístico Stata (1999) y por las rutinas de Salgado-Ugarte *et al*, (2000). El modelo mostró que la longitud asintótica de los machos ($L_{\infty} = 20.32$), fue mayor al de las hembras ($L_{\infty} = 19.51$); en cuanto al peso los machos presentaron un peso mayor ($P_{\infty} = 112.54$ g) al de las hembras ($P_{\infty} = 105.48$ g), debido principalmente a los diferentes cambios metabólicos que sufrió durante el periodo de maduración gonadal, en la cual se suspendió temporalmente el crecimiento en longitud (Weatherley & Grill, 1989).

Cabe recordar que en el presente estudio el tiempo en el cual el pez alcanza su longitud máxima esta dada en meses, debido a que la formación de anillos de crecimiento en los otolitos ocurre cada 6 meses y por lo tanto los individuos de toda la población a la edad 4, alcanzan una longitud máxima observada de 15.57 cm.

Pauly (1984) menciona que el valor de L_{∞} debe encontrarse cerca de los valores máximos observados en los peces capturados; en este caso esta regla se cumple, ya que el valor máximo obtenido de la muestra fue de 23.2 cm cercano al de L_{∞} ; no obstante, el peso asintótico (P_{∞} = 122.50 g) fue subestimado por el peso máximo observado (152.7 g). Pese a estos resultados, los valores obtenidos al calcular los pesos para las longitudes y edades observadas, se encontró una gran similitud en cuanto a los datos calculados, lo que significó que existió una buena relación entre las lecturas de los otolitos y los valores observados como se observa en la figura 27.

Hepher y Pruginin (1985) encontraron que *O. niloticus* alcanzaba 250 g y 300 g en un periodo de 5 a 6 meses, tiempo en el cual pueden llegar alcanzar la talla comercial. Con base a los resultados obtenidos, el peso que mencionan es mucho mayor al que se está reportando en este estudio y por lo tanto el tiempo para alcanzar la talla comercial es mucho mayor, debido principalmente a la presión pesquera que se está ejerciendo por el arte de pesca utilizado.

En cuanto a la tasa de crecimiento (k) se encontraron valores altos para la población total (0.6081), machos (0.6277) y hembras (0.4632). Garduño y Avelar (1996), obtuvieron para *O. niloticus* una $k=0.0727$, y $L_{\infty}= 27.76$ cm mientras tanto Gómez-Márquez (2002) obtuvo una $k=0.0692$, y $L_{\infty}= 29.19$ cm ambos autores obtienen estos datos a partir del uso de escamas en *O. niloticus* en el lago Coatetelco, Mor. Estos datos muestran un valor menor de k con relación al reportado en este estudio, lo que sugiere que se está acelerando la talla a edades muy tempranas y por lo tanto los individuos están alcanzando más rápido su longitud asintótica, haciendo que su crecimiento sea cada vez mas lento.

Esto es algo interesante, pues la especie esta adaptándose rápidamente ante la presión a la cual esta siendo sometida y a las condiciones del sistema, las cuales han cambiado desde que el embalse se secó en 1989. Un factor que es importante señalar y que posiblemente influya en el crecimiento, es la presencia de la gran cantidad de sólidos totales, los cuales alteran la transparencia y la productividad de los sistemas acuáticos así como posiblemente el valor del pH.

Morales (1991) menciona una $k=0.361$ y $L_{\infty}= 49$ cm para *O. niloticus*, mientras que Flores (1994), reporta una $L_{\infty}= 20.17$ cm y $k= 0.2038$, este autor trabajó con la especie durante seis meses bajo condiciones de cultivo en la Ciudad de México. Santiago y Jardón (1997) en la presa Cerro de Oro en Tuxtepec, Oax encuentran para *O. niloticus* una $k=0.149$ y $L_{\infty}= 42.02$ cm.

En otra especie como *O. aureus* se han obtenido altas tasas de crecimiento, pero no mayores a las reportadas en esta investigación; en cuanto a la longitud asintótica la mayoría de los autores reportan un crecimiento mayor a comparación a los resultados alcanzados.

Esto explica por que la especie *O. aureus* presenta un mayor crecimiento a comparación de *O. niloticus* y como se puede observar, los parámetros de crecimiento pueden cambiar aún entre la misma especie, ya que dependen de las condiciones en donde se desarrollen y de su metabolismo (Pauly, 1984; Guzmán, 1994; Palacios, 1995; Ramos-Cruz, 1995).

Los estimadores de densidad por kernel (EDK) mediante las reglas prácticas de estimación mostraron una amplitud de banda la cual arrojó dos modas, de igual manera la $h=2.529$ encontrada por medio de la prueba de multimodalidad de Silverman reveló una distribución bimodal; esto como consecuencia del sesgo entre las tallas. Al ser los datos bimodales, no se pudo realizar el método de Bhattacharya, por lo que se optó por otro método que estimara la longitud a partir de las frecuencias de tallas, en particular se usó el método de Powell Wheterall el cual arrojó un estimado de $L_{\infty}= 19.11$ cm, aproximándose a la longitud asintótica reportada para la población total por medio del método de von Bertalanffy ($L_{\infty}= 20.19$ cm).

En biología pesquera es importante determinar el aumento en longitud y peso a través del tiempo, ya que la sustentabilidad del recurso se basa principalmente en la talla comercial y de ahí la necesidad de proponer métodos basados en encontrar las tallas más rentables.

Booth y Merron (1996) señalan un crecimiento por medio de otolitos en *O. macrochir* de $L_{\infty}=275.16$ mm, $k= 0.42$, $t_0= -1.07$; estos autores comparan los parámetros obtenidos de los otolitos con escamas de peces de diferentes lagos y señalan que existen diferencias en cuanto a las constantes del modelo de von Bertalanffy, principalmente en la longitud asintótica a partir de las lecturas de las diferentes estructuras utilizadas, señalando que los otolitos dan una mejor estimación de la edad. Aunque existen muchos trabajos en los cuales se utilizan los otolitos para la determinación de la edad y el crecimiento, no existen trabajos en el lago Coatetelco con esta estructura, por lo tanto, es importante que se realicen estas investigaciones para comprobar la efectividad de cada estructura dura utilizada en este sistema.

Para determinar el tipo de crecimiento que se obtuvo entre machos y hembras, se compararon las constantes del modelo de von Bertalanffy, utilizando el estadístico multivariado de la T^2 de Hotelling al 95% de confianza (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte *et al*; 2004). Esta prueba estadística multivariada permite comparar las diferencias de crecimiento entre dos grupos de peces, cuando la correlación entre los valores son significativos, ya que la diferencias entre todos los valores de los parámetros son probados simultáneamente a partir de la covarianza entre los parámetros incluidos en la prueba.

El estadístico multivariado mostró un valor de $T^2= 234.7672$ al 95% de confianza y no mostró diferencias significativas en cuanto al valor de k y t_0 ; a pesar de esto, existió diferencia significativa en cuanto a la L_{∞} ($F= 0.0469$, $p<0.05$) para machos y hembras, indicando que los machos poseen un mayor crecimiento en longitud que las hembras.

Estos resultados corroboran el comportamiento en cuanto a la longitud que presentaron los machos sobre las hembras en las pruebas antes realizadas, atribuyéndolo a los factores como son la reproducción, la selectividad del arte de pesca y a la cantidad de sólidos totales.

Gómez-Márquez (2002) reporta para *O. niloticus* un valor de $T^2=5.8559$ para ambos sexos por medio de escamas, ya que los valores de crecimiento en opérculo fueron sobreestimados a consecuencia de la talla obtenida por la selectividad del arte de pesca que se encuentra presente en el lago de Coatetelco. El autor no encontró diferencia significativa entre k y L_{∞} a un intervalo de 95% de confianza, lo cual probablemente sugiere que la población alcanza su talla de primera madurez más tempranamente para enfrentar el problema de la selectividad.

Arredondo (1998) menciona que los organismos que se encuentran en un lago o embalse, están en densidades bajas y tienen suficiente espacio para crecer, desarrollarse y reproducirse, y los problemas de calidad del agua son relativamente sencillos, aunque estos puedan agudizarse en la medida de la contaminación y a medida que el exceso de materia orgánica tenga un impacto sobre el sistema, lo que puede causar un incremento en el nivel eutrófico y la consecuente mortalidad de los animales que habitan en este medio, o bien un cambio drástico de la comunidad dominante.

Existen varios factores que están alterando la dinámica de la población como es la cantidad de materia orgánica, la concentración de sales debido a la profundidad que presenta el lago, la tasa de evaporación y la cantidad de material en suspensión. Existen otros factores que están afectando críticamente a la comunidad de peces en estudio, como es la contaminación por detergentes, descargas de desperdicios domésticos y la actividad ganadera, que aunado a las condiciones ambientales podrían provocar un colapso en esta pesquería.

SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA.

Los diferentes artes de pesca utilizados en este lago son la red agallera y la atarraya; para esta investigación la muestra fue obtenida a partir de red agallera con tamaño de luz de malla de 6 cm la cual es la mas usada en el sistema.

Para observar el efecto que tiene la red agallera sobre el tamaño de los peces, fue necesario realizar el análisis de frecuencia de tallas, para conocer primeramente la longitud promedio que se captura. El análisis indicó que existen dos poblaciones de peces bien diferenciadas; la primera muestra estuvo representada por individuos jóvenes y la segunda por individuos maduros; en esta última se muestra las tallas que se obtuvieron durante todo el estudio, las cuales oscilaron desde los 13.14-18.9 cm de longitud total a excepción de los casos extraordinarios que se presentaron anteriormente. Por todo lo anterior se concluye que la muestra no estuvo bien representada, por lo que se le consideró, homogénea.

Las dos modas que se presentaron en el histograma son el efecto de los diferentes artes de pesca utilizados, los individuos de tallas pequeñas fueron capturados con chinchorro y los de talla grande con red agallera; es importante mencionar que esta última muestra se obtuvo gracias a la captura comercial realizada por los pescadores lugareños, por tal motivo el tamaño de abertura de luz de malla de 6 cm (2 1/2 pulgadas) fue impuesta por el pescador, provocando que la muestra tuviera algún tipo sesgo.

King (1995) menciona que es imposible que todos los tamaños sean capturados por un arte de pesca específico, ya que estos poseen técnicas que operan de acuerdo a las características biológicas de la especie y siempre habrá tendencias en las capturas por un número promedio de tallas.

Para comprender la selectividad que ocasionó este arte de pesca se compararon diferentes aberturas de luz de malla (6.0, 7.0 y 8.0 cm) gracias a los datos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, proporcionados por Gómez-Márquez (2002); esto con el fin de demostrar que la tendencia a utilizar una abertura de 6.0 cm provoca una cierta disminución en cuanto al tamaño del recurso, ya que este suele ser muy selectivo y por lo tanto la captura se centraliza en peces con intervalos muy estrechos de tallas.

Gómez-Márquez (2002) reportó intervalos de tallas de 12.41 cm con red agallera con tamaño de luz de malla de 5.08, 15.5 cm con abertura de 7.0 cm y 17.5 cm con abertura de 8.0 cm. Garrod (1961; citado en Sparre y Venema, 1997) indicó que las capturas obtenidas por medio de una luz de malla de 8.1 cm consiguieron tallas de 20.8 cm para *Tilapia esculenta*, mientras tanto Pauly (1984) señala que para *Tilapia galilaea* se obtuvo un promedio de talla de 19.7 cm con una abertura de 7.6 cm.

Palacios (1995) reportó para *O. aureus* un intervalo de tallas de 16.2 a 34.5 cm con abertura de luz de malla de 3 ¼ pulgadas, con lo cual obtuvo el 93.81% de la captura; mientras tanto Jiménez (1999) reportó tallas de 17.0 cm de longitud patrón con el mismo tipo de red con abertura de malla de 7.9 y 8.3 cm. Ramos-Cruz (1995) menciona que en la presa Benito Juárez, Oax. los pescadores utilizaban aberturas de 12 a 14 cm, con las cuales capturaban peces hasta de 40 cm de longitud, posteriormente empezaron a utilizar redes con abertura de luz de malla de 7.0, 8.0 y 9.0 cm, que son las más comunes en esta presa y obtuvieron peces con longitudes de 19.4, 19.9 y 20.9 cm.

Aunque estos últimos autores trabajaron con una especie diferente es fácil observar que mientras la abertura de malla sea mayor, el intervalo de tallas aumenta, permitiendo una renovación del recurso; por todo esto se recomienda incrementar el tamaño de luz de malla a 8.0 cm en el lago Coatetelco, para aumentar el promedio de talla y de esta manera sostener y conservar la pesquería. Todos estos cambios alteran a las comunidades que dependen de este recurso desde un punto de vista económico, ya que los materiales de pesca son algo costosos, por lo que se recomienda buscar alternativas con el municipio para sustentar gastos.

A pesar de que el lago de Coatetelco posee las condiciones para que la especie se desarrolle y se reproduzca adecuadamente, si se siguen utilizando redes con abertura de luz de malla reducida para capturar tallas pequeñas, este factor puede provocar una serie de consecuencias en las estructuras de las poblaciones cuyos efectos se traducen tanto en una disminución de los rendimientos pesqueros, como en la aparición de estados de sobre explotación que alteren las relaciones del reclutamiento, pudiendo causar el colapso de la pesquería.

Estas condiciones han provocado que las capturas estén comprendidas principalmente por machos, ya que estos salen y entran del nido, en teoría esta disminución no afecta el reclutamiento de la especie ya que un solo macho puede fertilizar miles de huevos de diferentes parejas, sin embargo aunque las hembras se encuentran en ciertas temporadas protegidas contra la pesca, no se descarta la posibilidad que una disminución de machos en forma excesiva ocasione serios problemas al reclutamiento de la población.

La utilización de redes que capturen tallas menores a lo establecido esta prohibido; no obstante la necesidad económica que tienen los lugareños muchas veces es más importante que implementar nuevas técnicas de captura o la ejecución de vedas temporales (impuestas por el lapso de tres meses, incluyendo semana santa).

La necesidad económica impulsa a los lugareños a pescar tallas pequeñas, ya que es más fácil combatir el hambre de una familia numerosa dándole un kilo de pescado de talla pequeña, en donde cada habitante comerá un ejemplar, que un kilo de pescado de talla grande donde solo se alimentara a la mitad de sus habitantes.

Por estas circunstancias el pescador mantiene la abertura de malla de 6 cm, ya que las tallas pequeñas se comercializan mejor que las tallas grandes, ocasionando la sobre explotación. Una propuesta que se genera a partir de este estudio, es la de recomendar a los pescadores aumentar el tamaño de luz de malla, pero también se recomienda la implementación de proyectos sustentables para el aprovechamiento adecuado del recurso, tomando en cuenta la necesidad, la disponibilidad de la comunidad y el apoyo gubernamental.

Los indicadores de la pesquería según el Diario Oficial de la Nación (Anónimo, 2004) mencionan que la captura ha aumentado en los últimos años, esto debido a que la composición de la captura por especie se canaliza al 100% en tilapia, por lo que se incrementa el esfuerzo pesquero año con año.

El esfuerzo pesquero aplicado consta de 60 pescadores, 59 embarcaciones y 284 artes de pesca, cuentan con un permiso comercial que establece los lineamientos para la captura en el lago, horarios y días de captura, cuota máxima de captura, artes de pesca y suspensión de la actividad; sin embargo de acuerdo a los registros, estos lineamientos no se han seguido y por lo tanto, en el lago se sigue incrementando el esfuerzo pesquero con la tendencia a colapsar la pesquería.

La selectividad del arte de pesca es un factor fundamental que afecta la producción pesquera en este lago como se ha observado a lo largo de este estudio; la forma y la manera de evitar la pérdida de este recurso se basa en aplicar políticas con base en este parámetro regulando el tamaño de luz de malla, la cuota de captura, el esfuerzo pesquero y respetando las épocas de veda, ya que como se ha observado, este factor determina fuertemente el tamaño de las capturas que a la larga no serán suficientes en términos sustentables.

Los lineamientos que se señalan en el Diario Oficial de la Nación (Anónimo, 2004) con respecto al lago Coatetelco indican que se deben respetar los permisos de pesca comercial y el horario de captura de 16:00 a 7:00 hrs. del día siguiente.

Los días de captura son de lunes a domingo, con una cuota máxima de 15 Kg por día por pescador. El arte de pesca utilizado es una abertura de luz de malla mínimo de "3.5", así como la suspensión de la temporada de pesca por acuerdo entre la Subdelegación de pesca, SAGARPA y la S. S. S. San Juan Coatetelco.

El desarrollo de normas para regular la actividad pesquera es necesaria en todos los sistemas acuáticos, para que este recurso sea económicamente rentable. En el lago de Coatetelco el paso a seguir es cambiar la forma de pesca de los lugareños con fines de sustentabilidad y protección del recurso; pese a esto, las políticas pesqueras muchas veces no son bien recibidas por la comunidad e inclusive en el ámbito científico, donde la tilapia es considerada una plaga por ser una especie exótica, y por consiguiente no se realizan esfuerzos por conservarla; a pesar de esto debemos dejar bien claro que este recurso es el que sostiene la pesquería del lugar y su importancia radica en el beneficio de la comunidad.

Es necesario que se sigan realizando trabajos de investigación en el lago Coatetelco en términos de dinámica poblacional, a través de la generación de nuevas técnicas y modelos con el fin de proteger el recurso en términos económicos, ecológicos y sociales.

Es importante señalar que este trabajo es un seguimiento de estudios anteriores en el lago Coatetelco en cuestión de dinámica poblacional; no obstante es el único en este sistema en el que se han utilizado los otolitos como estructura dura para determinar la edad. Al comparar los resultados de trabajos anteriores basados en las lecturas de escamas y opérculos, se puede apreciar que los datos son muy similares, aunque se aprecian mejores resultados utilizando los otolitos.

A pesar que existió dificultad en cuanto a la observación de anillos, los resultados obtenidos nos dieron una idea satisfactoria sobre los cambios que esta sufriendo la especie, ya que los datos calculados fueron similares a los observados, por lo tanto la utilización de los otolitos es recomendable en especial en estudios de este tipo, donde se investigan especies de agua dulce, las cuales nos da una idea sobre las transformaciones que ha tenido el individuo conforme su entorno va cambiando.

De acuerdo a Weatherley & Grill (1989), es necesario utilizar métodos que ayuden a confirmar las determinaciones de la edad provenientes de las estructuras calcificadas; para esto se incluyen varios procedimientos, en este caso se recurrió a pruebas no-paramétricas las cuales validaron los datos obtenidos para toda la investigación, los cuales se ven reflejados en la similitud de los valores obtenidos por el método de Powell-Wheterall y el de von Bertalanffy.

Es importante implementar nuevas técnicas en cuanto a la observación de anillos de crecimiento, principalmente para este sistema, ya que el aporte excesivo de material en suspensión dificultó de alguna manera la formación de marcas visibles en los otolitos, por lo que sería importante en futuros estudios considerar el estudio de los sólidos totales y en suspensión. La manera en que se ven y se depositan los anillos dependen de las condiciones donde la especie en estudio se encuentre, por ejemplo, en algunos cuerpos de agua del estado de Morelos como la presa "Emiliano Zapata", los otolitos de esta misma especie, sus marcas se ven claramente. Recordemos que las condiciones cambian dependiendo del lugar; a pesar de esto, es un buen punto de comparación, ya que no existen investigaciones basadas en la forma de depositación de material calcáreo en estos sistemas.

También es importante recalcar que sería recomendable obtener durante los muestreos una distribución mas amplia en cuanto al intervalo de tallas; esto, mejoraría el intercepto y por lo tanto podrían ampliarse el número de edades a las observadas.

De esta manera podemos observar que la población está sufriendo cambios que no sólo se basan en las condiciones ambientales del sistema y que existe una problemática a resolver en cuanto a la producción pesquera en este lugar, el cual, si no se toman decisiones acertadas con base en investigaciones previas, el recurso se verá fuertemente afectado y ligado a él, la población que depende del recurso.

Con bases se construyen proyectos y estos tienen la finalidad de ayudar a un sector de la sociedad; es cierto que este sector no se interesa en valores ni mucho menos en gráficas, pero si se realiza una buena investigación en donde se conozca como funciona un sistema determinado, se podrán crear modelos adecuados a las necesidades de la población. En este caso, el conocer la condición de la población de *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, permitirá generar políticas, proyectos, que conlleven a lo que la comunidad requiere, una producción de mojarra que sustente sus necesidades económicas durante un periodo largo de tiempo.

La sociedad obviamente se interesa por tener una mejor calidad de vida, día con día, y no se interesa en aspectos de edad y crecimiento mediante otolitos, sin embargo estudios de este tipo ayudarán a entender por que la comunidad no tiene la producción que ellos esperan. Por ejemplo, la edad encontrada indica que la especie esta siendo explotada, ya que los peces sólo están alcanzando cuatro edades, por consiguiente las tallas están disminuyendo, a la larga el reclutamiento se vera afectado, provocando un colapso en la pesquería, esto se traduce como: **"Se están capturando peces pequeños, que no los dejan reproducirse, a la larga no habrá mas peces"**. Para llegar con esta frase a las cooperativas y municipios que dependen de la pesca, tenemos que tener bases del por que lo decimos, tal vez nuestros datos no sean relevantes para ellos, pero pueden generar nuevas oportunidades para **"que no se acaben los peces"**.

CONCLUSIONES

El lago de Coatetelco es un sistema somero y se clasifica como un cuerpo de agua polimíctico cálido continuo en el que existe mezcla en su columna de agua.

El cuerpo de agua es somero y presenta un alto nivel de productividad a consecuencia del bajo nivel de profundidad, la cual ocasiona una interacción entre los materiales en suspensión y el sedimento.

La visibilidad mínima al disco de Secchi fue de 0.05 m, debido a la turbidez que presenta el lago por los materiales en suspensión y a la constante interacción que existe entre el agua y el sedimento por la poca profundidad y por la actividad pesquera, también existe proliferación de plancton que evita la penetración de la luz.

La temperatura ambiente osciló entre 26 °C en junio y 34.5 °C en marzo mientras que la temperatura de el agua se encontró en un intervalo de 23.0°C en febrero y 35.3°C en marzo, observando que la temperatura del agua fue menor a la ambiente durante el periodo de noviembre-abril y superior hasta septiembre, concluyendo que existe temporadas de circulación y estratificación.

La concentración de oxígeno disuelto fue mayor a los 5 mg/l, por lo tanto los valores encontrados son adecuados para la respiración y desarrollo de los peces.

No se detectó CO₂ debido a que el sistema presenta valores promedio de 8.71 unidades de pH que indican la presencia de bicarbonatos, por lo tanto el sistema se considera alcalino.

La dureza total mostró que el sistema es un cuerpo de "aguas duras" debido a la presencia de materiales calcáreos los cuales estimulan los procesos de eutrofización del lago.

La conductividad que se muestra es alta debido a la gran cantidad de carga iónica presente en el lago principalmente de bicarbonatos, manteniendo el pH a una tendencia alcalina.

La identificación de la especie muestra que *Oreochromis niloticus* es la especie en estudio en el lago de Coatetelco.

Estadísticamente la longitud total presentó mejor coeficiente de determinación con los datos y se encontraron tallas promedio para la población total de 13.10 cm con un peso de 49.37 g, de esta muestra los machos presentaron tallas y pesos mayores que las hembras, presentándose un dimorfismo sexual marcado en la especie.

Se encontró una mejor relación con la longitud total y estadísticamente se encontraron diferencias significativas entre los sexos por medio del análisis de covarianza (ANDECOVA, $F=16.35$, $p<0.05$) para la relación peso-longitud total.

El crecimiento de la población total y los machos fue de tipo alométrico negativo, mientras que las hembras presentaron un crecimiento que tiende a la isometría, debido a los factores reproductivos.

La proporción sexual para la población de *Oreochromis niloticus* de el lago de Coatetelco fue de 1:9 (hembra:macho).

El análisis de frecuencia de tallas por medio de los estimadores de densidad por kernel (EDK) mostró solo dos modas ocasionadas por la selectividad del arte de pesca que impera en el sistema.

El método Powell-Wheterall encontró un estimado de L_{∞} = 19.11 por medio del análisis de frecuencia de tallas.

Se encontraron cuatro marcas de crecimiento en los otolitos correspondientes a cada edad para una población de 345 individuos, de los cuales la mayoría se encontró en edad III y IV (23.47 y 71.30%) presentándose en menor proporción la edad I y II (2.02 y 3.18 %).

La prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p<0.05$) en cuanto a la comparación de las longitudes retrocalculadas para cada edad.

De acuerdo al índice de incremento marginal se encontraron dos periodos de depositación de anillos de crecimiento, una en la temporada de secas y otra en la temporada de lluvias, coincidiendo con las épocas de reproducción, por lo que los anillos son el efecto de eventos reproductivos.

La depositación de calcio posiblemente fue afectada por la cantidad de sólidos totales en suspensión y por la alta concentración de sales que existe en el sistema impidiendo la formación de bandas continuas.

Se encontró una buena estimación del crecimiento por medio de la ecuación de von Bertalanffy el cual mostró una L_{∞} = 20.191 cm, k = 0.6081, t_0 = -0.420, P_{∞} = 122.50 para la población total, mientras que las hembras presentaron valores de L_{∞} = 20.32 cm, k = 0.46.32, t_0 = -0.973, P_{∞} = 105.48 g; en cuanto a los machos obtuvieron datos de L_{∞} = 19.51 cm, k = 0.6277, t_0 = -0.363, P_{∞} = 112.54 g encontrando que los datos observados caen dentro de los calculados.

Por medio del análisis multivariado de Bernard (1981) se concluye que la variable que esta influenciando el crecimiento mas que la otras variables, es la longitud asintótica del pez.

El arte de pesca utilizado en el lago de Coatetelco es la red agallera con una abertura de luz de malla de 6 cm la cual captura organismos de 11.75 cm que provocó un sesgo en cuanto a las tallas capturadas, mientras que una abertura de 7 cm obtendría tallas de 13.71 cm y la abertura de 8 cm tendría tallas de 18.08 cm.

Los resultados mostraron que la utilización de los otolitos es un buen método para validar la edad y el crecimiento, ya que los datos observados caen dentro de los valores calculados, mostrando la validez del estudio.

REFERENCIAS

- Admassu, D. y M.J. Casselman, (2000). Otolith age determination for adult tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting biannuli and differentiating biannual recruitment. *Hydrobiologia*. 418: 15-24.
- Aguayo, H.M. y V.R. Gili, (1984). Edad y crecimiento de Merluza de cola (*Macrurus magellanicus*, Lönnberg). *Invest. Pesq.* 31: 47-57.
- Aguilera, H.P. y P.C. Noriega, (1991). La tilapia y su cultivo. Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero. 46 p.
- Alejo, P.M.C., M.E.M. Laguna y P. Ramírez T., (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la Laguna "El Rodeo", Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 129 p.
- Anónimo, (1981). Síntesis geográfica del estado de Morelos. INEGI. S.S.P. México. 110 p.
- Anónimo, (2002). Datos de precipitación pluvial de la estación el Rodeo, Morelos, de 1960 a 1996. Sugerencia técnica, gerencia estatal de Morelos, Comisión Nacional del Agua.
- Anónimo, (2002). Anuario estadístico de pesca 2001. Dirección de Estadística y Registro Pesquero. Secretaría de Pesca. México. 271 p.
- Anónimo, (2004). Diario Oficial de la Nación. Tercera sección, Lunes 15 de marzo 2004. 1-113 p.
- 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 p.
- Arredondo, F.J.L., (1986). Piscicultura, Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad del agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. 182 p.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y M. Guzmán-Arroyo, (1986). Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. *An. Inst. Biol. U.N.A.M. Ser. Zool.* 56: 555-572.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y C. Aguilar-Díaz, (1987). Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en los lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna: 91-133. En: Gómez-Aguirre, S. y V. Arenas (Eds). *Contribuciones en Hidrobiología; Memoria de la Reunión "Alejandro Villalobos"*. U.N.A.M., D.F.
- 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. U.N.A.M.* 16(1): 59-68.

Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava, (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y su manejo en la acuicultura. Hidrobiológica, Volumen 3-4: 1-10.

Arredondo-Figueroa, J.L. y S. Lozano-García, (1996). El cultivo de tilapia en México. Primer curso Internacional de producción de tilapia. Del 20 al 22 de Junio de 1996: 7-18.

Arredondo, F.J.L. y J. T. P. Ponce, (1998). Calidad del agua en acuicultura: Conceptos y aplicaciones. AGT Editor. S. A. 222 p.

Arrignon, J., (1984). Ecología y piscicultura de aguas dulces. Mundi-Prensa. Madrid. 42-88 p.

Babiker, M.M. y H. Ibrahim, (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L): Gonadal maturation and fecundity. J. Fish. Biol. 14: 437-447.

Bagenal, T. B., (1974). Proceedings of an international symposium on the ageing of fish. Unwind Brothers Limited, The Gresham Press, Old Working, Surrey, England. 234 p.

Bagenal, T., (1978). Aspects of fish fecundity: 75-101. En Shelby, D. Gerking (Edited). Ecology of freshwater fish production. Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edimburgo, Melbourn.

Balfour, H., (1985). Cultivos de peces comerciales. Ed. Limusa, México. 316 p.

Bardach, E.J., J.H. Ryther y W.O. McIarney., (1986). Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S. A. 288-316 p.

Barros, S.E., S.G. Mosa, H. A. Regidor y S. S. Sühring, (2001). Relaciones longitud-peso en peces de embalse cabra corral, salta, Argentina. Bol. Soc. Biol. Concepción, Chile. Tomo 72. 25-30 p.

Basurto, O.M., (1984). Estudio preliminar al conocimiento biológico pesquero de la *Tilapia nilotica* (Linneo) en la laguna de Chila, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad del Noreste, Escuela de Ciencias Biológicas. Tampico, Tamp. 44 p.

Beckman, D.W., L.A. Stanley, H.J. Render y A.C. Wilson, (1990). Age and growth of black drum in Louisiana waters of the Gulf of Mexico. Trans. of Amer. Fish. Soc. 119: 537-544.

Beamish, R.J. y G.A. McFarlane, (1987). Current trends in age determination methodology. In: R.C. Summer felt y G.E. Hall (eds.). Age and growth of fish. Iowa State University Press, Ames, 15-42 p.

Beamish, R.J. y G.A. McFarlane, (2000). Reevaluation of the interpretation of annuli from otoliths of a long-lived fish, *Anoplopoma fimbria*. Fish. Research. 46: 105-111.

- Bernal, B.F.W., (1984). Análisis de los factores relacionados con la producción pesquera de *Tilapia nilotica* en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo). Mich-Gro. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 44 p.
- Bernard, R.D. (1981). Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 233-236.
- Beverton, R.J.H. y S.J. Holt, (1956). A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with especial reference to sources of bias in catch sampling. *Rapports et Proces verbaux des Réunions, Conseil International pour L'Exploration de la Mer*, 17A: 1-53.
- Beverton, R.J.H. y S.J. Holt, (1957). On the dynamics of exploited fish populations. UK. *Min. Agric. Fish. Invest. (Ser. 2)*: 19-533.
- Bhattacharya, C.G., (1967). A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*. 23: 115-135.
- Boney, A. D., (1975). *Phytoplankton*. Institute of Biology. Studies in Biology. Edward Arnold 52. 116 p.
- Booth, J.A. y G.S. Merron, (1996). The age and growth of greenhead tilapia *Oreochromis macrochir* (Pisces: Cichlidae) from the Okavango delta, Botswana. *Hydrobiologia*. 321(1): 29-34.
- Boyd, C.E., (1982). *Water quality management for ponds fish culture*. Elsevier Scientific Publishing Co. New York. USA. 318 p.
- Brothers, E.B. y C.P. Mathew, (1976). Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *U.S. National Fisheries Service Fish. Bull.* 74:735-743.
- Campana, S.E., (1990). How reliable are growth back-calculations based on otoliths?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 2219-2227.
- Campana, S.E. y J.D. Neilson, (1985). Microstructure of fish otolith. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 1014-1032.
- Campana, S.E. y S.R. Thorrold, (2001). Otolith, increments, and elements: key to a comprehensive understanding of fish populations?. *Can. J. Fish. and Aquat. Sci.* 58: 30-38.
- Campos-Mendoza, A., B.J. McAndrew, K. Coward y N. Bromage, (2004). Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*. 231: 299-314.
- Casselman, J.M., (1990). Growth and relative size of calcified structures of fish. *Trans. of Amer. Fish. Soc.* 119: 673-688.
- Cassie, R.M., (1954). Some uses of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 5: 513-522.

- Chambers, J.M., W.S. Cleveland, B. Kleiner y P.A. Tukey, (1983). Graphical methods for data analysis. Belmont, CA: Wadsworth. 395 p.
- Contreras-MacBeath, T., (1995). Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. Ciencia y Desarrollo, 20(122): 42-51.
- Cordova, C.A., (1994). Influencia de la intensidad y fotoperiodo con diferentes temperaturas en el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en condiciones controladas de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 71 p.
- Daniel, W.W., (1993) Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. Limusa, S. A de C. V. Tercera edición. México. 667 p.
- Díaz, L.Ma.S., (1985). Contribución al conocimiento de la edad y crecimiento de *Sarotherodon aureus* (Mojarra) de la presa "El Bosque", La Encarnación, Mich. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- Díaz-Prado, E., C. Guerra y G. Vázquez, (1986). Estudio bioecológico de la Laguna de Atezca, Hidalgo, México. I. Análisis limnológico. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex. 30: 171-189.
- Dickey L.C. y J.J. Isely, (1997). Slow growth did not decouple the otolith size-fish size relationship in Striped Bass. Trans. of Amer. Fish. Soc. 126: 1027-1029.
- Delincé, G., (1992). The ecology of the fish pond system. With special reference to Africa. Klumer Academic Publishers. 230 p.
- Doane, D.P., (1976). Aesthetic frequency classifications. The American Statistician. 30: 181-183.
- Dorantes, G.E. y M.Ma.B. Zavala, (2003). Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 92 p.
- Ekau, W. y J. Blay, (2000). Validation of daily increment deposition and early development in the otoliths of *Sarotherodon melanotheron*. Journal of Fish Biology. 57: 1539-1549.
- El-Sayed, A.F.M y M. Kawanna, (2004). Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*: I. Growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings. Aquaculture. 231: 329-402.
- Everhart, W. H. y W. D. Youngs, (1981). Principles of Fishery Science. Second Edition. Cornell University Press. 350p.

-
-
- Fagade, S.O., (1974). Age determination in *Tilapia melanotheron* (Ruppell) in the Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria with a discussion on the environmental and physiological basis of growth markings in the tropics:71-77. In Bagenal, T. B., (1974). Proceedings of an international symposium on the ageing of fish. Unwin Brothers Limited, The Gresham Press, Old Working, Surrey, England.
- Farell J. y S.E. Campana. (1996). Regulation of Calcium and Strontium deposition on the otolith of juvenile *Tilapia*, *Oreochromis niloticus*. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 115 A, No. 2: 103-109.
- Fawole, O.O. y G.A.O. Arawomo, (2000). Fecundity of *Sarotherodon galilaeus* (Pisces: Cichlidae) in the Opa reservoir, Ibe-Ife, Nigeria. Rev. Biol. Trop. 48(1): 201-204.
- Flores, M.O., (1994). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 56 p.
- Fox, J., (1990). Describing univariate distributions. In: Modern methods of data analysis, (Eds.) J. Fox y J. S. Long., 58-125. Newbury Park, CA: Sage publications.
- Fries, C., (1960). Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México; Bol. Inst. de Geol. U.N.A.M. 236 p.
- Fryer, G. y T.D. Iles, (1972). The Cichlid fishes of the great lakes of Africa. Their Biology and Evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- Galindo, C.G., (2002). Aplicación de los estimadores de densidad por kernel en el estudio del bagre estuarino *Cathorops melanopus* para dos lagunas del Golfo de México. Informe de servicio social, Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. 129 p.
- Gallardo-Cabello, M., (1986). Análisis de 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. U.N.A.M. 13: 187-196.
- García, E., (1989). Apuntes de climatología. Larios e Hijos Impresores. México. 153 p.
- Garduño, P.M., J E. Avelar y J.L.M. Gómez, (1993). Obtención del crecimiento a través del método de Bhattacharya y de estructuras duras. Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología. UANL. 79 p.
- Garduño, P.M. y J.E. Avelar, (1996). Edad y crecimiento de la mojarra en la Laguna de Coatetelco. Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 71 p.
- Garrod, D.J., (1959). The growth of *Tilapia esculenta* Graham in Lake Victoria. Hydrobiologia 12:268-298.

- Getabu, A., (1992). Growth parameters and total mortality in *Oreochromis niloticus*.(L.) from Nyanza Gulf, Lake Victoria. *Hydrobiologia*. 232:91-97.
- Gjøsaeter, J., P. Dayaratne, O. A. Bergstad, H. Gjøsaeter, M. I. Sousa, I. M. Beck, (1984). Ageing tropical fish by growth rings in the otoliths. Ed. FAO, Roma. 54 p.
- Gluyas, M.Ma.G. y U.R. Félix, (1990). Periodicidad de las bandas de crecimiento en otolitos de la Macarela *Scomber japonicus* de bahia Vizcalno, México. *Inv. Mar. CICIMAR*. Vol. 5 No. 1. 33-36.
- Gómez, G. y R. Guzmán, (1998). Relación longitud peso y talla de madurez de la pelota (*Umbrina coroides*), en el norte del estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop*. 16(2): 267-276.
- Gómez-Márquez, J.L., (1994). Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. U.N.A.M. Méx. 89 p.
- Gómez-Márquez, J.L., (1998). Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in Mexico. *Rev. Biol. Trop*. 46(4): 929-936.
- Gómez-Márquez, J.L., (2002). Estudio limnológico pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 181 p.
- Gómez, M.J.L., R.M.A. Castillo, M.J.G. Fabila y V.A.D. Zamora, (1993). Reproducción en la tilapia en la Laguna "El Rodeo", Estado de Morelos, México. *Tópicos de Investigación y Posgrado*, III(1):16-22.
- González, L.W., (1977). Aspectos técnicos de preparación de otolitos para estudios de la edad en algunas especies. *Lagena* 39:43-48.
- Goldman, R.C., y A.J. Horne, (1983). *Limnology*. Mc Graw-Hill Company. 423 p.
- Granados, R.J., (1990). El comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales del estado de Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 42 p.
- Gulland, J.A. y S.J. Holt, (1959). Estimation of growth parameters for data unequal time intervals. *Journal Counseil CIEM*. 25(1):47-49.
- Gulland, J.A. y A.A. Rosenberg, (1992). Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO. Roma. 114 p.
- Guzmán, U.A., (1994). Parámetros biológicos de tilapia (*Oreochromis aureus* Steindachner, 1864) de la presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo", Michoacán Guerrero, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 33 p.
- Hales, LC.Jr., y M.C. Belk, (1992). Validation of otolith annuli of Bluegills in a southeastern thermal reservoir. *Trans. of Amer. Fish. Soc*. 121:823-830.

- Härdle, W., (1991). Smoothing Techniques. With Implementations in S. Springer-Verlag. New York.
- Härdle, W. y D.W. Scott, (1988). Smoothing in low and high dimensions by weighted averaging using rounded points. Rice University, Technical reports 88-16.
- Harding, J.P., (1949). The use of probability for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. J. Marine Biol. Ass. U.K., 28: 141-143.
- Hasselblad, V., (1966). Estimation of parameters for a mixture of normal frequency distribution. Technometrics. 8(3): 431-444.
- Hepher, B. y Y. Pruginin, (1985). Cultivo de peces comerciales. Basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. Editorial Limusa. 316 p.
- Hernández-Avilés, J.S. y Peña-Mendoza, B. (1992). Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos. Hidrobiológica Vol. 3/4.
- Holden, M.J. y D F.S. Rail, (1975). Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Tec. FAO. Pesca. (115) Rev. 1: 211 p.
- Horppila, J. y K. Nyberg, (1999). The validity of different methods in the backcalculation of lengths of roach a comparison between scales and cleithra. Journal of fish biology. 54:489-498.
- INEGI., (2001). Carta hidrológica de aguas Superficiales.
- Irie, T., (1957). On the forming season of annual rings (opaque and translucent zones) in the otoliths of several marine teleosts. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Univ. Hiroshima. 1: 311-317.
- Izenman, A.J. y C Sommer, (1988). Philatelic mixtures and multimodal densities. Journal of American Statistical Association. 83:941-953.
- Jacome, P.L., (2002). Expresiones matemáticas y biológicas del crecimiento en peces. Tesis Maestría (Maestría en Ciencias (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos). Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 69 p.
- Jiménez, B.Ma.L., (1999). Análisis de la pesquería de tilapia *Oreochromis spp.* (Pises: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerreo. Doctorado en ciencias del mar. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M. 177 p
- King, M., (1995). Fisheries Biology Assessment and Management. Fishing New Books Press, 338 p.
- Karlou-Riga, C. y A. Sinis, (1997). Age and growth of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.), in the Gulf of Saronikos (Greece). Fisheries Research. 32:157-171.

- Karlou-Riga, C., (2000). Otolith morphology and age growth of *Trachurus mediterraneus* (Steindachner) in the Eastern Mediterranean. Fisheries Research. 46:69-82.
- Landa, J. y C. Piñeiro, (2000). Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) growth in the North-eastern Atlantic based on back-calculation of otolith rings. ICES, Journal of Marine Science 57: 1077-1090.
- Leible, M. y P. Miranda, (1989). El otolito sagita en el reconocimiento de diferentes especies de teleósteos de la costa de Chile. Bol. Soc. Biol. Concepción, Chile. Tomo 60, 149-160.
- Legendre, M. y J.J. Albaret, (1991). Maximum observed length as an indicator of growth rate in tropical fishes. Aquaculture. 94:327-341.
- Lewis, W.M., Jr., (1983). A revised classification of lakes based on mixing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40; 1779-1787.
- Macedonio, R.P., (2003). *Comunicación personal*.
- Margalef, R., (1983). Limnología. Omega, S.A. Barcelona. 100 p.
- Martin-Smith, K.M., (1996). Length/weight relationships of fishes in a diverse tropical freshwater community, Sabah, Malaysia. J. Fish. Biol. 49:731-734.
- Martínez-Tabche L., L.O. Gómez, M. M. Galar y E. L. López, (2002). Estrés producido por sedimentos contaminados con níquel en una granja de trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss* (Pisces: Salmonidae). Rev. biol. Trop. V.50. No.3-4: 1159-1168.
- Massou, A. M., J. Panfili, R. Laë, J.F. Baroiller, O. Mikolasek, G. Fontenelle y P-Y. Le Bail, (2002). Effects of different food restrictions on somatic and otolith growth in Nile tilapia reared under controlled conditions. J. Fish. Biol. 60:1093-1104.
- Masuda, Y., T. Ozawa, O. Onoue y T. Hamada, (2000). Age and growth of the flathead, *Platycephalus indicus*, coastal waters of wheat Kyushu. Japan. Fish. Research. 46:113-121.
- Meza, J.L.O., (1996). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* bajo condiciones naturales en el bordo "San Ignacio", Mpio. de Coatlán del Río, Morelos México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, U. A. E. M. 57 p.
- Morales, A.D., (1974). El cultivo de la tilapia en México. I.N.P./ SIC: 24-25.
- Morales, A.D., (1991). La Tilapia en México. Ed. AGT. S.A. México. D.F. 190 p.
- Morales, A.D., (1996). La introducción de la tilapia en México. Primer curso internacional de producción de tilapia. Del 20 al 22 de Junio de 1996. 232-236.

-
-
- Morales-Nin, B., (1995). Age and growth of three species of Lake Victoria fish determined by means of otolith daily growth rings. Naga, the ICLARM QUARTELY. V18 N1 39-41.
- Morales-Nin, B., (2000). Review of the growth regulation process of otolith daily increment formation. Fish. Research. 46: 53-67.
- Moyle, B.P., (2000). Fishes: An Introduction to Ichthyology. 4da. Edición Prentice Hall, New Jersey. U.S.A. 612 p.
- Mugiya, Y. y T. Uchimura, (1989). Otolith resumption induced by anaerobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. J. Fish. Biol. 35:813-818.
- Muñoz, C.G., (1990). Generalidades de las especies *Macrobrachium reserbergii* y *Oreochromis sp.* Memorias: Producción de langostino malayo y mojarra tilapia. 83 p.
- Muñoz, C.G., y L.M. Garduño, (1994). Comparación del crecimiento entre *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y su híbrido bajo condiciones de cultivo. Vet. Méx. 25 (4):323-326.
- Nikolsky, D. V., (1963). The ecology of fishes. Academic Press, New York. 532 p.
- Neuman, M.J., D.A. Witting y K.W. Able, (2001). Relationships between otolith microstructure, otolith growth, somatic growth and ontogenetic transitions in two cohorts of windowpane. J. Fish. Biol. 58:967-984.
- Newell, B.S. y D.J. Garrod, (1958). Ring formation in *Tilapia esculenta*. Nature, London. 181:1411-1412.
- Norbis, W., Ma.I. Lorenzo y J.G. Torres, (1999). Intra-annual growth variations of young-of-the-year hake (*Merluccius hubbsi*) of the Uruguayan continental shelf based on otolith analysis. Fish. Research. 44: 129-137.
- Oliveira, R.F. y V.C. Almada, (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. J. Fish. Biol. 46: 1055-1064.
- Pajuelo, J.G., J.M. Lorenzo y R. Domínguez-Seoane, (2003). Age estimation and growth of the zebra seabream *Diplodus cervinus cervinus* (Lowe, 1838) on the Canary Islands shelf (Central-east Atlantic). Fish. Research. 62:97-103.
- Palacios, S.S.E., (1995). Estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) en la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerrero, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 81 p.
- Panella, G., (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns, Science 173, 1124-1127.
- Panfili, J., y J. Tomás, (2001). Validation of age estimation and back-calculation of fish length based on otolith microstructures in Tilapias (Pisces, Cichlidae). Fish. Bull. 99: 139-150.

- Pauly, D., (1984). Fishes Population Dynamics in tropical waters. A Manual for use with Programmable Calculators. Ed. ICLARM. Manila Filipinas. 325 p.
- Pauly, D. y J.L. Munro, (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2(1):21.
- Payne, I. A., (1986). The ecology of tropical lakes and rivers. John Wiley & Sons. 301 p.
- Petersen, C.G.J. (1892). Fiskeribiologiske forhold i Holboek Fjord, 1890-91. Beretning fra de Danske Biologiske Station for 1890-91 (1): 121-183.
- Pérez, O.G. y S.J. Patlani, (2002). Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa "Emiliano Zapata", Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 84 p.
- Pierce, C.L., J.B. Ramussen y W.C. Leggett, (1996). Back-calculation of fish length from scales: empirical comparison of proportional methods. *Trans. of Amer. Fish. Soc.*:125, 889-898.
- Ponce-Palafox, T. J. y Arredondo-Figueroa, J. L. (1986). Aporte al conocimiento limnológico de un embalse temporal tropical, por medio de la aplicación de modelos multivariados. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M.* 13 (2): 47-66.
- Popper, N.A. y Z. Lu, (2000). Structure-function relationships in fish otolith organs. *Fish. Research.* 46:15-25.
- Porak, W., W.S. Coleman y S. Crawford, (1988). Age, growth and mortality of Florida largemouth bass utilizing otoliths. *Proceeding of the Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies.* 40:206-215.
- Powell, D. G., (1979). Estimation of mortality and growth parameters from the length frequency of a catch. *Rapp. P. v. Reun. CIEM.* 175:167-169.
- Ramos-Cruz, S., (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México en 1993. *Ciencia Pesquera. INP-SEMARNAP.* 11:54-61.
- Reibich, J., (1899). Ber die Eizahl bei *Pleuronectes platessa* in die Alterbestimmung dieser from aus den otolithen. *Wissenschaftliche Meeresuntersuchen (Abteilung Kiel).* 4:231-248.
- Reid, G.K. y R.D. Wood, (1976). Ecology of inland waters and estuaries. D. Van Nostrand Company, Cincinnati. 485 p.
- Resk, M.A., E.A. Kamel, A.A. Ramadan, R.A. Dunham, (2002). Comparative growth of Egyptian tilapias in response to declining water temperature. *Aquaculture.* 207:239-247.

Ricker, W.E., (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the Environment Fisheries and Marine Service. Bull. Fish. Board. Can. 191: 382.

Rocha-Olivares, A. y V.M. Gómez-Muñoz, (1993). Validación del uso de otolitos para determinar la edad del guachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Perciformes; Lutjanidae) en la bahía de la Paz y aguas adyacentes, E.C.S., México. Ciencias Marinas 19(3): 321-331.

Roeder, K., (1990). Density estimation with confidence sets exemplified by superclusters and voids in the galaxies. Journal of the American Statistical Association. 85: 6-11.

Santiago, L.M.C. y J.O. Jardón, (1997). Determinación de la edad, crecimiento y hábitos alimenticios de cuatro especies de cíclidos de importancia pesquera en la presa "Cerro de Oro", Tuxtepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 68 p.

Salgado-Ugarte, I.H., (1991). Análisis exploratorio de otolitos asimétricos en el pez plano *Kereius bicoloratus* en la Bahía de Tokio. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M. :18(2): 261-278.

Salgado-Ugarte, I.H., (1995). Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Ph.D. in Aquatic Bioscience Thesis, Universidad de Tokyo, Japón. 389 p.

Salgado-Ugarte, I.H., (2002). Suavización no paramétrica para Análisis de datos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M., México. 139 p.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu. y T. Taniuchi, (1993). Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. Stata Technical Bulletin, 26:23-31.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu. y T. Taniuchi, (1994). Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. Stata Technical Bulletin, 18:15-27.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu. y T. Taniuchi, (1995a). Practical rules for bandwidth selection in univariate data. Stata Technical Bulletin, 27:5-19.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu. y T. Taniuchi, (1995b). ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. Stata Technical Bulletin, 26:23-31.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu. y T. Taniuchi, (1997). Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. Stata Technical Bulletin, 38:27-35.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi. y K. Matsushita, (2000). Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. Asian Fisheries Science, 13:1-12.

- Salgado-Ugarte, I.H., Martínez-Ramírez, J. L Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza, (2000a). Some programs for growth estimation in fisheries biology. *Stata Technical Bulletin*. 53:35-47.
- Salgado-Ugarte, I H., Pérez, H.M.A., Gómez, M.J.L. y Peña, M.B., (2004). Pruebas multivariadas y de máxima verosimilitud para comparación de funciones de crecimiento en peces. *Memorias del IX Congreso Nacional de Ictiología*, Tabasco. 13 p.
- Schirripa, M.J., y J.C. Trexler, (2000). Effects of mortality and gear selectivity on the fish otolith radius-total length relation. *Fish. Research*. 46:83-89.
- Scott, D.W., (1985). Averaged shifted histograms: effective nonparametric density estimators in several dimensions. *Annals of Statistics*, 13: 1024-1040.
- Scott, D.W., (1992). *Multivariate Density Estimation: Theory, Practice and Visualization*. John Wiley & Sons, New York.
- Scott, D.W. y G.R. Terell, (1987). Biased and unbiased cross-validation in density estimation. *Journal of the American Statistical Association*. 82(400): 1131-1146.
- Secor, D.H., J.M. Dean y E.H. Laban, (1991). Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. Electric Power Research Institute y The Belle W. Baruch Institute for Marine Biology y Coastal Research. U.S.A. 7-11.
- SEPESCA, (1994). *Piscicultura rural*. Unidad de comunicación social de la Secretaría de Pesca. 25 p.
- Seyoum, S. y I. Kornfield, (1992). Taxonomic notes on the *Oreochromis niloticus* subspecies-complex (Pisces: Cichlidae), with a description of a new subspecies. *Can. J. Zool.* 70:2161-2165.
- Siddiqui, A.Q., M.S. Howlader y A.E. Adam, (1991). Effects of water exchange on *Oreochromis niloticus* (L.) growth and water quality in outdoor concrete tanks. *Aquaculture* 95: 67-74.
- Silverman, B.W., (1981). Using kernel density estimates to investigate multimodality. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*, 43: 97-99.
- Silverman, B.W., (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*. London: Chapman & Hall.
- Simkiss, K., (1974). Calcium metabolism of fish in relation to ageing. En Bagenal, T. B., (1974). *Proceedings of an international symposium on the ageing of fish*. Unwin Brothers Limited, The Gresham Press, Old Working, Surrey, England. 234 p.
- 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).

- Stata Corporation, (1999). Stata Statistical Software: Release 6.0. Collage Station, TX. Stata Corporation.
- Sturges, H.A., (1926). The choice of a class interval. Journal of the American Statistical Association. 21:65-66.
- Sugunan, V.V., (1997). Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO. Fisheries Circular No. 933. Roma.
- Swingle, H.S., (1969). Biological means of increasing productivity in ponds. Auburn University, Alabama. 21 p.
- Tanaka, S., (1962). A method of analyzing polymodal frequency distribution and its application on the length distribution of the porgy, *Taius tumifrons* (T. And S.). J. Fish. Res. Bd. Can. 1143-1159.
- Tanaka, K., Y. Mugiya y J. Yamada, (1981). Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otolith of juvenile *Tilapia nilotica*. Fish. Bull. 79: 459-466.
- Tesch, F.W., (1968). Age and growth: 93-123. In Ricker, W.E.: Methods for assessment of fish production in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications. IBP HANDBOOK No. 3: 93-123. Wheatherly, A.H., 1972; Growth and Ecology of fish Population. Academic Press, London, 293 p.
- Trewavas, E., (1973). On Cichlid Fish of the Genus (*Pelmatochromis*) on the relationship between *Pelmatochromis* and *Tilapia* and recognition of *Sarotherodon* as a distinct Genus. Bull. Bri. Mus. Zool. 25: 1-26.
- Trewavas, E., (1982). Generic grouping of tilapiini used in aquaculture. Aquaculture. 27: 78-81.
- Trewavas, E., (1983). *Tilapiini* fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. Briish Museum (Natural History). 583 p.
- Torres, J.G., A. Lombarte y B. Morales-Nin, (2000). Variability of the sulcus acusticus in the sagittal otolith of the genus *Merluccius* (Merlucciidae). Fish. Research. 46: 5-13.
- Tzeng, W.N., (1994). Temperature effects on the incorporation of strontium in otolith of Japanese eel *Anguilla japonica*. J. Fish. Biol. 45:1055-1066.
- Van der Walt, B.A. y L.E. Beckley, (1997). Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. Fish. Research. 31:241-248.
- Watanabe, W.O., C-M. Kuo y M-C. Huang, (1985). Salinity tolerance of the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* X *O. niloticus* hybrid. ICLARM Technical reports 16. Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 22 p.
- Wen-Bin, H. y Ch. Tai-Sheng, (1997). Daily increments in otoliths and growth equation of black porgy, *Acanthopargus schlegelii*, larvae. Acta. Zool. Taiwanica. 8(2): 121-131.

Weatherley, A.H. y H.S. Grill, (1989). The biology of fish growth, Academic Press. London. 443 p.

Wetherall, A. J. (1986). A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. Fishbyte. 4(1): 12-14.

Wetzel, G. R., (1981). Limnología. Ed. Omega. Barcelona España. 679 p.

Zhang, Z. y N.W. Runham, (1992). Effects of food ration and temperature level on the growth of *Oreochromis niloticus* (L.) and their otoliths. J. Fish. Biol. 40: 341-349.

Zhang, Z. y N.W. Runham., (1992a). Temporal deposition of incremental and discontinues zones in the otoliths of *Oreochromis niloticus* (L.). J. Fish. Biol. 40: 333-339.

Zhang, Z., y N. W. Runham, (1992b). Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus* (L.). J. Fish. Biol. 40: 325-332.

ANEXO

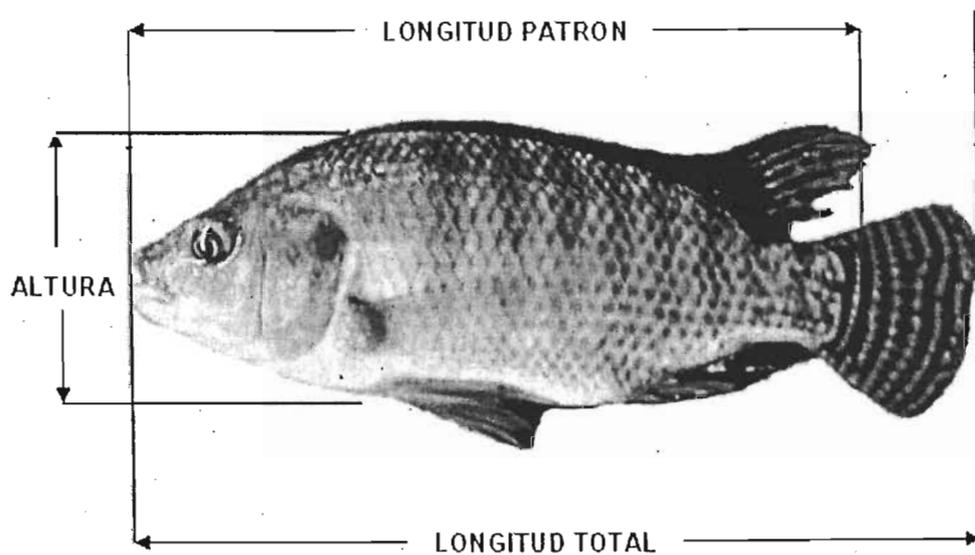


Fig. 31 Características biométricas para la identificación de la especie de *Oreochromis niloticus*.

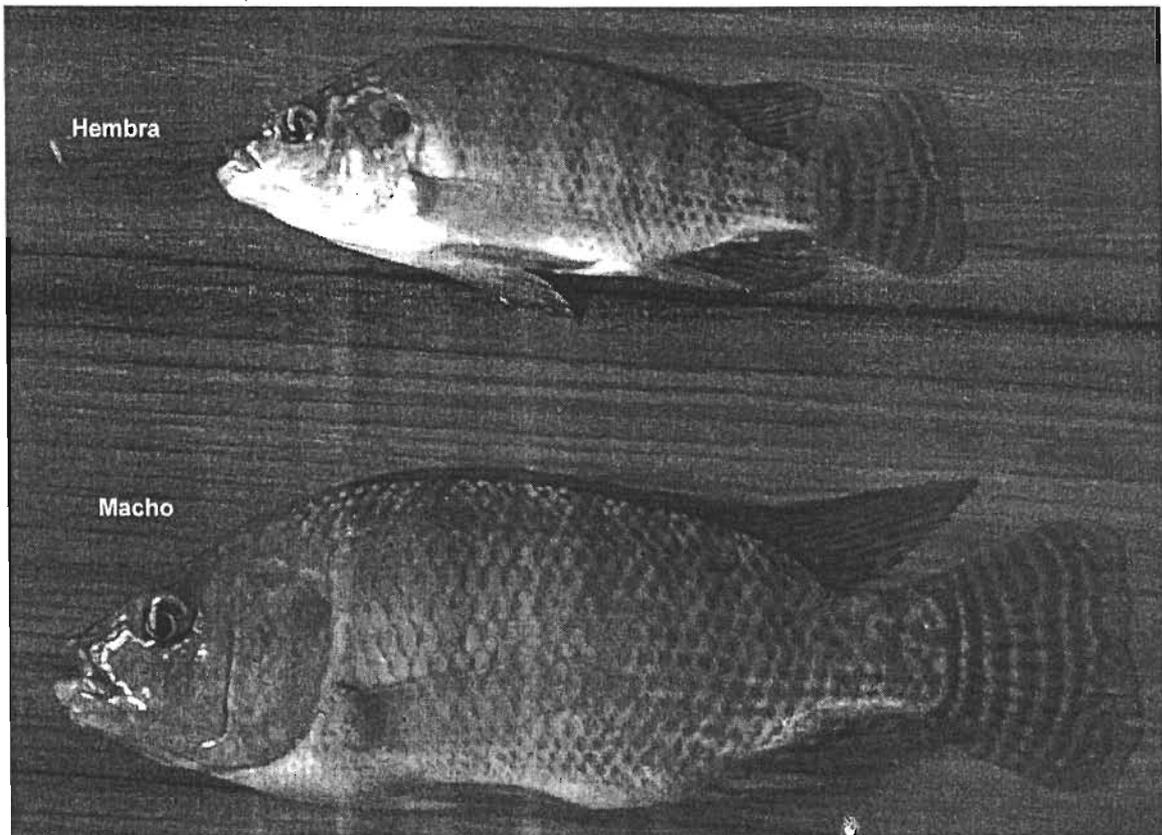


Fig. 32 Dimorfismo sexual que presenta la especie, arriba se encuentra la hembra y en la parte inferior el macho de *Oreochromis niloticus*.

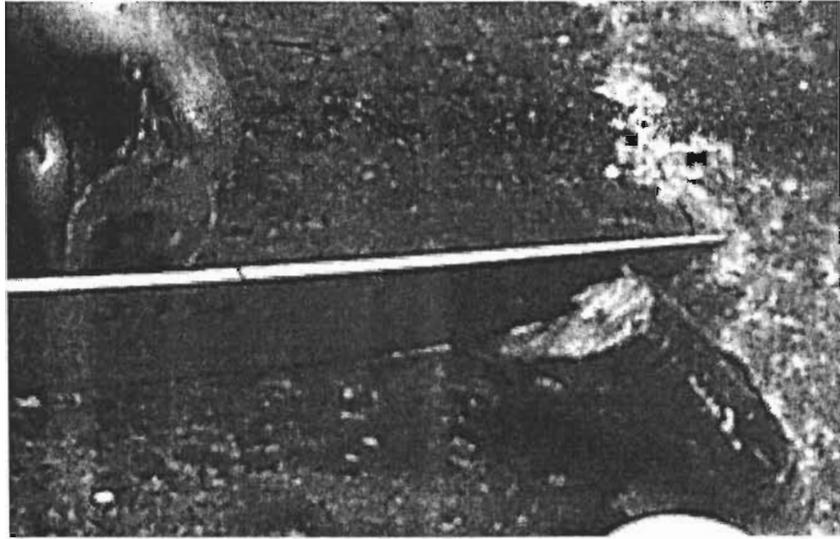


Fig. 33 Forma de extracción del otolito-sagitta. En la parte superior se observa la separación del tronco y de la cabeza del pez; la foto del lado izquierdo muestra un corte transversal por arriba de los ojos, separando la tapa craneal. De lado derecho se aprecia la extracción de los otolitos de la cápsula ótica.

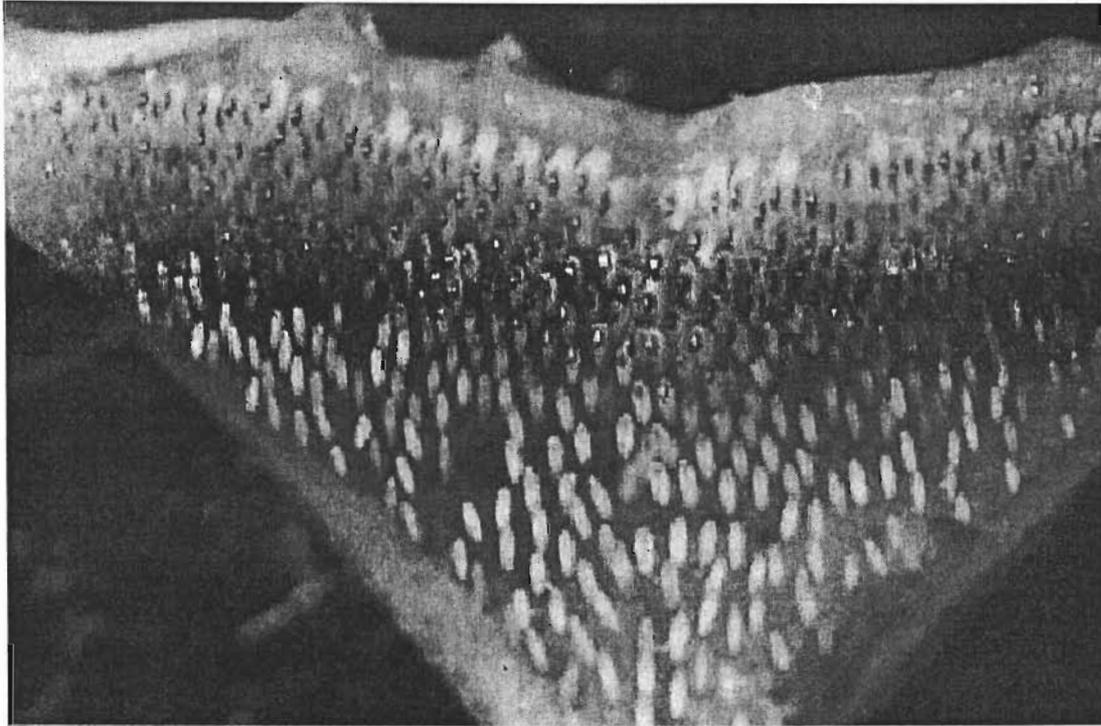


Fig. 34 Vista general del hueso faríngeo de *Oreochromis niloticus* donde se puede apreciar en la parte superior la presencia de dientes bicúspides y en la parte inferior dientes monocúspides curvados hacia atrás. (De acuerdo a las claves de Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

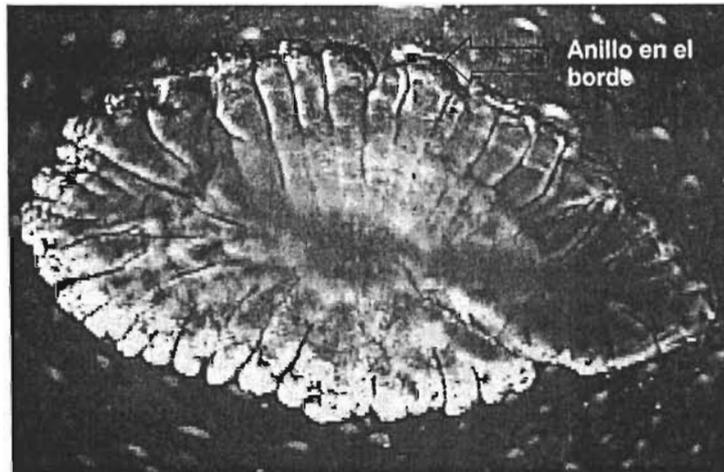


Fig. 35 Presencia de anillo en el borde del otolito sagitta de una muestra obtenida durante el mes de diciembre 2002 de una hembra de *Oreochromis niloticus*.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del otolito sagitta izquierdo de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor. vista por su cara externa con iluminación reflejada.

Figura 2 Otolito sagitta derecho de *Oreochromis niloticus* del lago de Coatetelco, Mor. con menor intensidad de luz.

Figura 3 *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757)

Figura 4 Ubicación del área de estudio (Tomada de Gómez-Márquez, 2002).

Figura 5 Profundidad y Transparencia en el lago Coatetelco, Mor.

Figura 6 Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua.

Figura 7 Variación mensual de los niveles de oxígeno disuelto (mg/l) y pH.

Figura 8 Relación entre la alcalinidad total, la dureza total (mg/l) y conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Figura 9 Relación longitud total-longitud patrón para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 10 Relación peso-longitud total para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 11 Histograma de distribución de frecuencias para los meses de enero y febrero de la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Figura 12 Distribución de tallas mensual de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor. desde noviembre del 2002 hasta octubre del 2003

Figura 13 Estimación de densidad por kernel Gaussiano utilizando las diferentes amplitudes de banda por reglas de estimación. A Silverman, B Härdle, C Scott.

Figura 14 Validación Cruzada por Mínimos Cuadrados (VCMC) mediante kernel Gaussiano, para la población de *O. niloticus* del lago Coatetelco, Morelos. h_S = valor de Scott.

Figura 15 Estimación de densidad por kernel Gaussiano para los datos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos

Figura 16 Validación Cruzada Sesgada (VCS) mediante kernel triponderado, para la población de *O. niloticus* del lago Coatetelco, Morelos. h_S = valor de Scott.

Figura 17 Estimación de densidad por kernel Gaussiano para los datos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos

Figura 18 Estimación de densidad por kernel Gaussiano aplicando la amplitud de banda sugerida por Silverman para *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Figura 19 Estimación de L_{∞} por medio del método Powell-Wheterall para la población de *Oreochromis niloticus*.

Figura 20 Relación radio del otolito-longitud total para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 21 Relación radio del otolito-longitud total para hembras de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 22 Relación radio del otolito-longitud total para machos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 23 Diagrama de cajas para las longitudes retrocalculadas obtenidas para ambos sexos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Figura 24 Índice de incremento marginal para la población total por medio de otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 25 Índice de incremento marginal para hembras por medio de otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 26 Índice de incremento marginal para machos por medio de otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 27 Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para la población total ($L_{\infty}=20.19$), hembras ($L_{\infty}=19.51$) y machos ($L_{\infty}=20.32$) de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 28 Curva de crecimiento en peso de von Bertalanffy para la población total ($P_{\infty}=122.50$), hembras ($P_{\infty}=105.48$) y machos ($P_{\infty}=112.54$) de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 29 Curva de selectividad del arte de pesca por medio de red agallera con abertura de luz de malla de 6.0 y 7.0 cm para la pesca de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Figura 30 Curva de selectividad del arte de pesca por medio de red agallera con abertura de luz de malla de 6 y 8 cm para la pesca de *Oreochromis niloticus* en el lago de Coatetelco, Mor.

Figura 31 Características biométricas para la identificación de la especie de *Oreochromis niloticus*.

Figura 32 Dimorfismo sexual que presenta la especie, arriba se encuentra la hembra y en la parte inferior el macho de *Oreochromis niloticus*.

Figura 33 Forma de extracción del otolito sagitta. En la parte superior se observa la separación del tronco y de la cabeza del pez; la foto del lado izquierdo muestra un corte transversal por arriba de los ojos, separando la tapa craneal. De lado derecho se aprecia la extracción de los otolitos de la cápsula ótica.

Figura 34 Vista general del hueso faríngeo de *Oreochromis niloticus* donde se puede apreciar en la parte superior la presencia de dientes bicúspides y en la parte inferior dientes monocúspides curvados hacia atrás. (De acuerdo a las claves de Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

Figura 35 Presencia de anillo en el borde del otolito sagitta de una muestra obtenida durante el mes de diciembre 2002 de una hembra de *Oreochromis niloticus*.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Algunas características para separar géneros de *Tilapia* y *Oreochromis* propuestas por Trewavas (1973).

Tabla 2 Clasificación taxonómica de la especie.

Tabla 3 Datos merísticos y morfométricos para la determinación de la especie.

Tabla 4 Número de organismos capturados de *Oreochromis niloticus* por mes en el lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 5 Valores de longitud total y peso para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 6 Análisis de Covarianza (ANDECOVA) entre la longitud y el sexo para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 7 Relación peso-longitud (total y patrón) para la población total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 8 Análisis de Covarianza (ANDECOVA) entre el peso y la longitud total para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 9 Prueba de *t-student* ($p < 0.05$) para las pendientes de la relación peso-longitud total de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 10 Proporción sexual para *Oreochromis niloticus*.

Tabla 11 Reglas de estimación utilizando la amplitud (h) y el intervalo de banda para histogramas, polígonos de frecuencia (PF) y estimadores de densidad por kernel (EDK).

Tabla 12 Valores obtenidos de la VCMC y VCS para la elección de la amplitud de banda para la estimación de densidad por kernel.

Tabla 13 Prueba de multimodalidad de Silverman para los datos de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 14 Análisis de Covarianza (ANDECOVA) entre la longitud y el sexo para la población de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Morelos.

Tabla 15 Valores medios del radio para cada anillo de los otolitos para ambos sexos de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 16 Valores medios del radio para cada anillo de los otolitos para hembras de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 17 Valores medios del radio para cada anillo de los otolitos para machos de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 18 Longitud total retrocalculada para cada edad para ambos sexos de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 19 Longitud total retrocalculada para cada edad para hembras de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 20 Longitud total retrocalculada para cada edad para machos de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 21 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis comparando la distribución de las longitudes retrocalculadas para cada edad de *Oreochromis niloticus* ($P < 0.05$).

Tabla 22 Claves talla/edad por medio de otolitos para la población de *Oreochromis niloticus*.

Tabla 23 Porcentaje de anillo en el borde de los otolitos de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.

Tabla 24 Valores de las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para *Oreochromis niloticus*.

Tabla 25 Prueba Multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 95% de confianza (basada en Bernard, 1981).

Tabla 26 Prueba Multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 99% de confianza (basada en Bernard, 1981).

Tabla 27 Selectividad del arte de pesca utilizando red agallera con diferentes aberturas de luz de malla para la captura de *Oreochromis niloticus* del lago Coatetelco, Mor.