



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PESQUERO DE LA
TILAPIA (*Oreochromis niloticus*), EN LA ZONA
LACUSTRE DE XOCHIMILCO, MEXICO, D.F.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

**EDUARDO MARTÍN BUSTAMANTE
CASTELLANOS**



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ
2013**



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.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Bustamante
Castellanos
Eduardo Martin
56 22 91 48
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
099036829

2. Datos del tutor

Dr.
Luis
Zambrano
González

3. Datos del sinodal 1

Maestra
María Estela
Pérez
Cruz

4. Datos del sinodal 2

Maestro
Ignacio Andrés
Morales
Salas

5. Datos del sinodal 3

Maestra
Elsa Leticia
Valiente
Riveros

6. Datos del sinodal 4

Bióloga
Karen
Levy
Gálvez

7. Datos del trabajo escrito

Evaluación del potencial pesquero de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), en la zona lacustre de Xochimilco, México, D.F.
52 p
2013

Agradecimientos

Dedicatorias

CONTENIDO

Agradecimientos	
Dedicatorias	
Índice	1
Resumen	2
Introducción	4
Objetivo General	10
Objetivos Particulares	10
Materiales y Métodos	11
1. Colecta de Datos	11
2. Análisis Estadístico	14
Resultados	22
1. Captura Total	22
2. Esfuerzo	22
3. Tallas	22
4. Captura	24
5. CPUE	25
6. Captura y CPUE por Zona	26
7. Parámetros de Crecimiento	27
8. RMS	31
Discusión	34
Conclusiones	43
Recomendaciones	43
Anexo	45
Referencias	46

RESUMEN

México posee una gran cantidad de recursos acuáticos susceptibles de ser aprovechables, así como características propias para la introducción, producción y aprovechamiento de especies. Aproximadamente el 17% de las especies dulceacuícolas que se aprovechan para consumo han sido introducidas, entre estas se encuentra la tilapia (*Oreochromis niloticus*).

O. niloticus, se distribuye a nivel mundial y por sus características y biología hoy en día juega un papel muy importante como recurso alimentario. Fue introducida a México en 1978 y a finales de los 80's se introdujo en la zona lacustre de Xochimilco, donde actualmente su población se encuentra sujeta a diversas presiones, (contaminación, aumento de la mancha urbana, cambio de uso de suelo, etc). Aunado a esto, la carencia de estudios ha generado un mal aprovechamiento del potencial que este recurso representa.

Por lo anterior, se realizó una evaluación del potencial pesquero de la zona lacustre de Xochimilco, así como de las características actuales que guarda la población de *O. niloticus*.

Se realizaron actividades de pesca con apoyo de la población local en 23 canales, durante 7 meses; los artes de pesca utilizados fueron redes agalleras con luz de malla de 2 ½ a 3 ¼ de pulgada, donde una de las redes presentaba una modificación (tipo red de arrastre).

Los datos obtenidos de longitud total (L.T.) y peso (gr), fueron analizados utilizando estadísticos (promedios, modas, porcentajes, intervalos, desviación estándar, anova, frecuencias etc.) y utilizados como datos de entrada para obtener los parámetros de crecimiento y el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) a través de los modelos de Bhattacharya (composición de edades), Ford-Walford y Gulland y Holt (L_{∞} y k), Gráfico de L. von Bertalanfy (t_0), ecuación de crecimiento de L. von Bertalanfy (curvas de crecimiento), Schaefer (RMS) y Fox (RMS).

Se capturaron 28.7 toneladas en 591 lances, los organismos presentaron un rango de talla de 3-30 cm y un promedio para la zona lacustre de Xochimilco de 18 cm con un peso de 117 gr. La captura semanal promedio fue de 1,149.2 \pm 591.474 kg. En el canal Chicoco se obtuvo la mejor Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), 139 kg/lance y la mayor talla fue en canal Principal (21.3 cm). No existe diferencia significativa entre zonas, sin embargo, la zona B presentó la mejor CPUE y una talla promedio de 18.7 cm.

Los parámetros de crecimiento se basaron en seis cohortes obtenidas el mes de abril, donde el modelo que más se adecuó fue el de Ford-Walford ($k= 0.2378$, $L_{\infty} = 36.12$ cm y $t_0= -0.0235$). Sin embargo, aplicando la ecuación de crecimiento de L. Von Bertalanfy, las curvas de crecimiento resultaron prácticamente iguales para los modelos de Ford-Walford, Gulland y Holt y los obtenidos en campo. El modelo de producción excedentaria que más se adecuó a los datos obtenidos para calcular el RMS fue el de Fox (1,634 kg en 31 lances), lo que resulta en 1,624 kg/semanales.

Se considera que la zona lacustre de Xochimilco representa un área con un alto potencial para el mantenimiento, producción y aprovechamiento de las poblaciones de tilapia que en ella viven; la distribución de este recurso representa un factor clave para su aprovechamiento. Asimismo, es indispensable respetar el RMS (1,624 kg/ semanales) para mantener una pesquería sustentable y con beneficios no sólo económicos en la zona de influencia, sino también ambientales como es la conservación de la biodiversidad de este reservorio considerado Patrimonio Cultural de la Humanidad.

INTRODUCCION

México es un país megadiverso, su riqueza lo ubica dentro de la lista de los 12 países que albergan el 70% de la biodiversidad total en el planeta (anfibios, plantas, mamíferos, reptiles etc; CONABIO, 2008). Esta diversidad es resultado de su ubicación, convergencia de dos regiones geográficas, climas y topografía, características que en conjunto generan sitios específicos para la sobrevivencia de especies endémicas y es albergue de especies migratorias. Pero también es un lugar ideal para el establecimiento y desarrollo de especies exóticas.

Para saber cuáles son los posibles beneficios o problemas que generan las especies exóticas, es necesario contar con una definición apropiada. De acuerdo a la Ley General de Vida Silvestre (LGVS, 16-11-2011) una especie exótica invasora “*es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública*”. Algunos autores han reportado para México entre 115 y 118 especies exóticas de peces de agua dulce (Contreras-Balderas *et al* 2008; Aguirre *et al*, 2009) que corresponden al 17% de las especies totales reportados para México (Miller *et al*, 2005). Una de las principales causas de introducción de especies exóticas al país ha sido para actividades productivas (acuacultura) y acuarismo.

La introducción de especies exóticas es un riesgo no únicamente ambiental, sino también social y económico, ya que además de generar un desequilibrio en los procesos ecológicos, pérdida de biodiversidad, eutroficación, servicios ecosistémicos y cambios en ciclos biogeoquímicos, también implica problemas de salud y gastos en las medidas para su manejo, mitigación, restauración, control y/o erradicación (Naranjo y Dirzo 2009; Vie *et al*, 2009; Pimentel *et al* 2000; 2001; 2005, Zambrano y Macias-García 1999).

Sin embargo, un buen manejo de las especies exóticas como estrategia paralela a su control o erradicación podría considerarse como una alternativa viable que implique un beneficio ambiental, social y económico.

Actualmente en México se utilizan 134 especies para cultivo, de las cuales 44 son peces; de estos, 29 son de agua dulce, 13 se consideran exóticos y 16 nativos (Aguirre *et al*, 2009). Después de la familia Cyprinidae, la familia Cichlidae se considera como el segundo grupo más representativo con 15 especies exóticas en México; dentro de este destaca el grupo de las tilapias, organismos empleados en la acuacultura (Contreras-Balderas, 1999).

La Tilapia pertenece al Phylum Chordata, Clase Actinopterygii, Orden Perciformes, Familia Cichlidae (Secretaría de Pesca, 1994). De acuerdo a la clasificación de Trewavas (1983) basada en los hábitos alimenticios, reproductivos, tipo de incubación bucal y dentición, la Tilapia esta representada por seis géneros: *Tilapia*, *Oreochromis*, *Sarotherodon*, *Danakilia*, *Tristramella* y *Pelmatochromis*.

Este organismo es originario de África y ha sido introducido en diferentes partes del mundo. La distribución de los géneros *Tilapia*, *Sarotherodon* y *Oreochromis* ha sido acentuada a nivel mundial, debido a que estos organismos fueron reconocidos como un recurso potencial para cultivo y explotación por las características que presentan, tales como: un alto grado de adaptabilidad (Baroiller y Jalabert, 1989), resistencia a enfermedades, fácil reproducción, cuidados parentales, tolerancia a altas densidades poblacionales, plasticidad fenotípica y tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno (González *et al*, 2005), además de ser eurihalinas (Balarin y Halton, 1979). Su propagación comenzó aproximadamente en la década de los 50s dentro de zonas tropicales y subtropicales con temperaturas entre 20 °C y 30 °C, y actualmente se encuentran en todos los continentes tanto en aguas interiores como marinas (Secretaría de Pesca, 1994).

Las especies de Tilapia en su mayoría son forrajeras y presentan alimentación de tipo omnívora, aunque algunas pueden ser fitoplanctófagas como *Sarotherodon galilaeus* o herbívoras como *Tilapia rendalli*. Habitan en aguas lenticas y poco profundas (Aguilera y Noriega, 1986), además de ser organismos gregarios que nadan en cardúmenes (Morales, 1991). Las tilapias cuentan con un intestino plegado siete veces más largo que el tamaño de su cuerpo (Morales, 2003). Presentan un cuerpo discoidal y comprimido, boca protráctil, un sólo orificio nasal en cada lado de la cabeza y dientes faríngeos que varían de acuerdo a la especie (Aguilera y Noriega, op. Cit.). Esta última característica, aunada al complejo mandibular, se le considera como una ventaja evolutiva en los cíclidos ya que les confiere la posibilidad de comer casi cualquier tipo de alimento, lo cual es clave para el establecimiento, sobrevivencia, permanencia y en algunos casos hasta el desplazamiento de especies autóctonas (Liem, 1974). No presentan crecimiento por debajo de los 15 °C ni se reproducen por debajo de los 12 °C (Bardach *et al*, 1972). En relación a su reproducción se consideran organismos iteróparos, reportándose para México hasta 10 eventos reproductivos al año, estos dependen de las condiciones ambientales, fisico-químicas y biológicas a las que se encuentran sujetos (Morales, 1974).

Oreochromis niloticus (Linnaeus 1766), una de las especies de mayor cultivo, presenta de 19 a 22 branquiespinas en el arco branquial inferior, 16 o 17 radios duros y 12 o 13 blandos en la aleta dorsal. La aleta anal cuenta con tres espinas y 10 u 11 radios, la línea longitudinal se divide en dos: la porción superior y la inferior (Aguilera y Noriega, op. Cit.), y muestra de 31 a 33 escamas (Morales, 1974), éstas de tipo cicloideo (Morales, 1991). *O. niloticus* se utiliza con gran frecuencia en la acuicultura nacional e internacional en cultivos tanto intensivos como extensivos debido a su fácil reproducción y adaptación, acelerado crecimiento y gran asimilación de alimento procesado (Shehadeh, 1975). Las tilapias alcanzan una talla máxima aproximada de 60 cm y se han reportado organismos con un peso de 4,324 kg (Froese y Pauly, 2004). Se diferencia de otras especies porque en la reproducción es la hembra la encargada de realizar la incubación bucal, en tanto el macho se encarga de realizar los nidos en el sustrato para atraer a la hembra (Morales, 2003). Adquieren la madurez sexual aproximadamente a una talla entre los 7 y 9 cm (Morales, 1974) y/o a los tres meses de edad. La madurez sexual está promovida por factores como temperatura, la presencia del sexo opuesto, densidad, disponibilidad de recursos y fotoperiodo (Uchida y King, 1962). El desove no se lleva a cabo si la temperatura está por debajo de los 20 °C (Rothbard *et al.*, 1983) y éste es menor a los 700 huevos, los cuales son incubados en un lapso de entre 20 y 30 días. Los huevos presentan una gran cantidad de vitelo y una cubierta adhesiva. Además de estas características, el cuidado parental da como resultado un importante porcentaje de sobrevivencia (Trewavas 1973; Balarin 1979; Arredondo 1986).

Morfológicamente presenta un alto grado de dimorfismo y dicromatismo sexual (Arredondo y Tejeda, 1988); son de cuerpo discoidal y comprimido con coloraciones que van desde azul-gris hasta verde metálico a lo largo del cuerpo; en las aletas los machos llegan a presentar una coloración rojiza la cual se acentúa en época reproductiva (Froese y Pauly, 2007). No presentan huesos intramusculares (Aguilera y Noriega, 1986) y el hueso faríngeo cuenta con dientes monocúspides y bicúspides en la parte inferior y superior, respectivamente; estos se presentan de manera irregular y se encuentran ligeramente curvados hacia atrás (Arredondo y Tejeda, 1988).

La primera introducción de *O. niloticus* en México fue en la presa Miguel Alemán en Temascal, Oaxaca, el 10 de junio de 1964 con un lote procedente de Estados Unidos (Morales, 1974). Dicha introducción se llevó a cabo a través del Instituto Nacional de Pesca (INP; Morales, 1991). Sin embargo, posteriormente, autores como Trewavas (1966), Arredondo (1975), Lee y colaboradores (1976), Salvadores (1980) y Balarin y Halton (1979) concuerdan que esa introducción se refería a la especie *O. aureus*,

apoyándose en el origen de importación de los organismos y en estudios genéticos basados en métodos electroforéticos (Morales, 1991). Fue hasta 1978 que se llevó a cabo una segunda introducción de *O. niloticus* en México (Pullin *et al.* 1997). Ésta procedía de Panamá y se realizó en el centro acuícola de Tezontepec, Hgo., para posteriormente trasladarse a la presa Miguel Alemán, Temascal, Oax. (Arredondo y Tejeda, 1988). A partir de estas introducciones y el éxito obtenido en su cultivo, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) y el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), se encargaron de realizar más reintroducciones y de verificar que estos organismos fueran distribuidos en la mayor parte de los embalses, ríos, cuencas y centros acuícolas del país con el fin de impulsar la acuicultura a nivel nacional (Secretaría de Pesca, 1994).

De esta forma y a finales de los 80s, con apoyo de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), se realizaron las primeras introducciones de tilapia (*O. niloticus*) dentro de la zona lacustre de Xochimilco con el fin de promover un recurso local para el desarrollo socioeconómico y alimenticio sustentable de las localidades, además de utilizar el potencial natural de esta zona de humedal. Sin embargo, la idea de este cultivo extensivo en un sistema natural no tuvo algún control o estudio sobre las consecuencias ecológicas que estos organismos podrían causar a corto mediano o largo plazo. (Zambrano, com. pers.).

La zona lacustre de Xochimilco es un relicto natural, dentro de una de las urbes más grandes y con mayor crecimiento a nivel mundial. La importancia ecosistémica de Xochimilco como albergue de especies endémicas, especies migratorias, belleza escénica y el bien y servicio ambiental que brinda a la ciudad, la han convertido en un área prioritaria de conservación. Desde 1987 se encuentra enlistado por la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) como Patrimonio Cultural de la Humanidad. Fue declarada Área Natural Protegida (ANP), sujeta a Conservación, el 11 de Mayo de 1992 en el D.O.F (Diario Oficial de la Federación) y a partir del 2 de febrero de 2004 forma parte de la Lista Ramsar.

En la actualidad, Xochimilco se encuentra sujeto a diversas presiones tales como el crecimiento demográfico, el cambio de uso de suelo y la introducción de especies exóticas entre otras (Valiente, 2006). Derivado de esta última y en apoyo a la preservación de dicho ecosistema y al rescate de especies endémicas de gran importancia económica, cultural y en peligro de extinción, el Gobierno del Distrito Federal, así como autoridades locales con apoyo de instituciones educativas como el Laboratorio

de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM, generan planes integrales de rescate ecológico de la zona lacustre como es el de “Reducción de Especies Exóticas”.

Con base en el Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca de 2005, la producción por acuicultura y captura total anual a nivel nacional de Mojarra, en donde se incluyen las diferentes especies de cultivo de Tilapia, se ubica en el tercer lugar en peso vivo obtenido de las principales especies de producción y consumo en el país, teniendo por encima al atún y el camarón. La captura total estuvo por arriba de las 138,700 toneladas, siendo los estados de Veracruz, Michoacán, Nayarit, Jalisco, Tamaulipas, Sinaloa y Chiapas los que presentaron una mayor producción teniendo en conjunto 101,308 tons. constituyendo el 70% de la captura total nacional. Esto indica que la tilapia juega un papel muy importante como recurso pesquero a nivel nacional (Fitzsimmons, 2000), por lo que es necesario generar planes de manejo viables y ecológicamente sustentables, que consideren la capacidad de carga de los ecosistemas y eviten la pérdida de hábitat.

En la actualidad los géneros *Tilapia*, *Sarotherodon* y *Oreochromis* representan una de las principales fuentes de aporte proteico animal de cultivo tropical a nivel mundial, principalmente en países en desarrollo como México (Aguilera y Noriega, 1986).

A pesar de ser el cultivo de la tilapia una actividad que se practica desde hace tiempo, en México el crecimiento no ha sido del todo favorable. Actualmente se cuenta con pesquerías de tipo intensivo, semi-intensivo y extensivo en todo el país; sin embargo, no se cuenta con datos precisos de la producción que tiene cada una de estas (Cifuentes *et al*, 1995).

Las principales pesquerías de tilapia se encuentran en los estados de Veracruz en donde el 62% de la producción se realiza de manera intensiva y corresponde al sector privado (Programa Maestro de tilapia para Veracruz, Conapesca). En Michoacán (Presa Infiernillo y Lago de Pátzcuaro), Nayarit (Presa Aguamilpa), Oaxaca (Presa Miguel Alemán o Temascal), Morelos (Centro acuícola El Rodeo y Zacatepec) e Hidalgo (Presa Zimapán, C.A. Tezontepec) entre otros, la mayoría de éstas son de producción extensiva a semi-intensiva (Instituto Nacional de la Pesca, 1996).

La tecnología, los estudios pesqueros y biológicos, así como una buena administración de los recursos, junto con la participación de los diferentes sectores como lo son los sociales y el gobierno, han sido parte fundamental para el crecimiento y óptimo rendimiento de cualquier sistema, tal es el caso de la comunidad de San Salvador, Filipinas, donde la participación de los diferentes sectores, la organización y los estudios, incrementaron sus capturas, tallas medias y diversidad y abundancia de cubierta de coral

vivo en la Bahía de San Miguel; otros son los casos que se han presentado en Japón y Noruega (Ahmed *et al*, 2004). Sin embargo, no resultan ser prácticas comunes en los sistemas extensivos mexicanos, como lo son El Novillo y Oviachic, en Sonora, el Salto en Sinaloa y Aguamilpa en Nayarit, (Gaspar *et al*, 2003), debido a que la mayoría de estos tienen como objetivo únicamente subsidiar las deficiencias alimenticias de pequeñas poblaciones.

La zona lacustre de Xochimilco presenta características propicias para una actividad pesquera extensiva. Sin embargo, la carencia de información y estudios, la falta de políticas, lineamientos, normatividad, estrategias y participación social, aunado a la mala administración del sistema y la ausencia de objetivos claros y comunes, así como responsabilidades, incentivos y motivaciones han generado que el aprovechamiento del recurso se realice de forma inadecuada (Seijo, 2003; Castañeda-Lomas *et al*, 2003).

Es necesario realizar estudios para conocer la dinámica del recurso y de esta forma poder implementar medidas, estrategias, lineamientos y tecnologías que conlleven a un mejor aprovechamiento de manera rentable, integral y sustentable, que no sólo tenga repercusiones sociales y económicas, sino también ambientales.

Por lo anterior, los sitios con un alto grado de diversidad y potencialidad como lo es Xochimilco, deben de considerarse prioritarios para estudio, y donde el aprovechamiento de sus recursos pueda emplearse como medida de restauración y conservación (Sánchez *et al* 2007) con beneficios que involucren a más de un sólo sector y/o área de influencia.

OBJETIVO GENERAL:

Determinar los patrones de abundancia y distribución de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en los diferentes canales de la zona lacustre de Xochimilco.

OBJETIVOS PARTICULARES:

Determinar la abundancia del recurso por medio de la captura por unidad de esfuerzo, así como las tallas medias de captura por canal.

Determinar los parámetros de crecimiento de la tilapia, dentro de la zona lacustre de Xochimilco.

Establecer el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) de la tilapia en el sistema lacustre de Xochimilco.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Colecta de datos

Para realizar la toma de datos se contó con la participación de dos Asociaciones de pescadores registradas ante la delegación de Xochimilco con el nombre de “Grupo La Santísima” y “Grupo Independiente”, cada grupo estuvo conformado por 10 pescadores. Las capturas se realizaron en 23 canales de la zona lacustre (Anexo I). Estos fueron seleccionados en base a su accesibilidad, geomorfología (tamaño y profundidad) y abundancia del recurso (acordado en talleres con pescadores). La jornada de pesca fue para ambos grupos de una a seis de la tarde, con una duración aproximada de 60 minutos por lance. Esto se realizó durante siete meses (Febrero-Agosto del 2005) dentro de la temporada de seca (Febrero-Mayo) y lluvias (Junio-Agosto).

El arte de pesca de ambos grupos fueron redes de enmalle o agalleras (Arias 1988), todas elaboradas con nylon monofilamento y relinga superior con boyas e inferior con plomos, con una luz de malla de $3 \frac{1}{4}$ (8.2 cm); $2 \frac{3}{4}$ (6.98 cm) y $2 \frac{1}{2}$ (6.3 cm) pulgadas, de una longitud de 20 m y altura de 1.1 m (Figura 1).

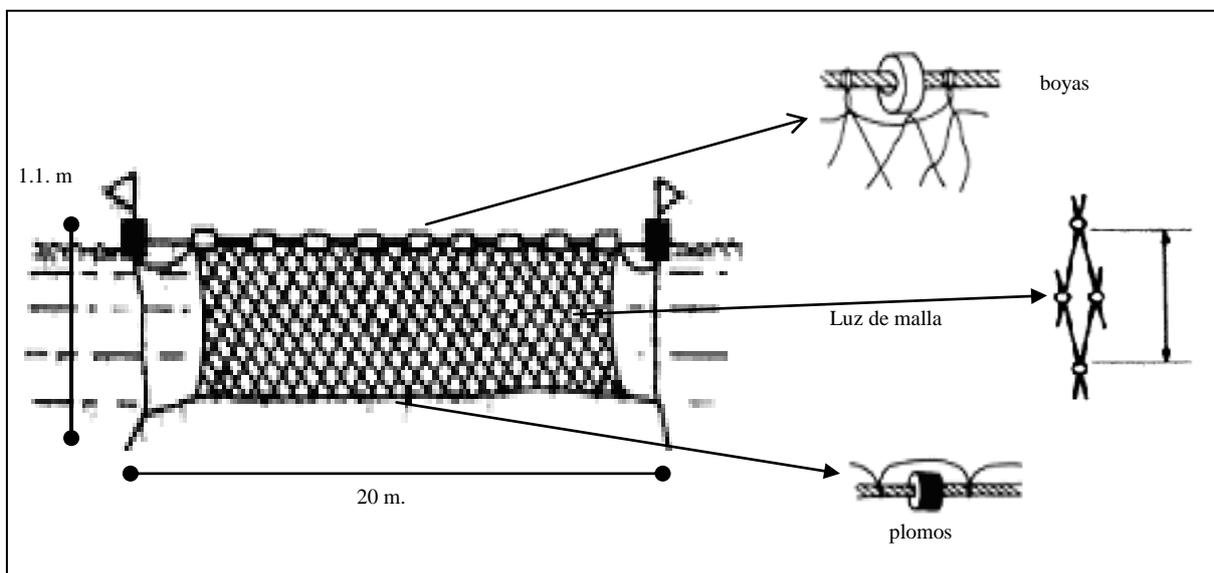


Figura.1 Red de enmalle (tomada y modificada de Arias, 1988).

Una de estas redes presentaba una modificación realizada por los pescadores del grupo La Santísima en conjunto con el Laboratorio de Restauración Ecológica del IBUNAM. La modificación consistió en la adición de una malla a modo de cama (tipo red de arrastre; figura 2) con una apertura de $2\frac{3}{4}$ de pulgada (6.98 cm); la red medía aproximadamente 25 metros de longitud, 1.1 metros de altura y 10 metros de ancho.

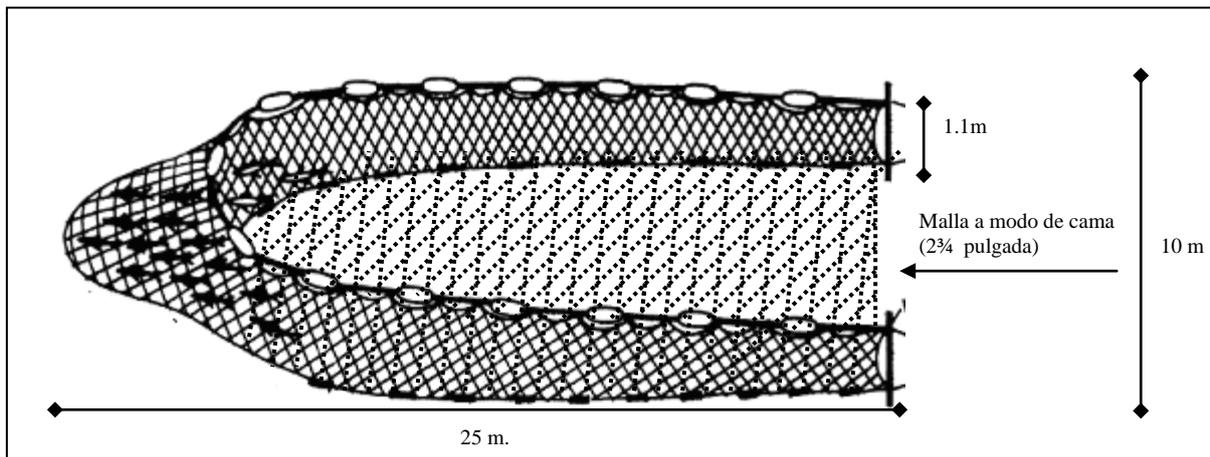


Figura 2. Red de enmalle modificada (tomada y modificada de Arias, 1988).

Para comenzar la captura primero se colocó la red modificada, esto lo hicieron cinco pescadores distribuidos en trajineras (6 m de eslora y 2.40 m de manga) y canoas (3.5 m de eslora y 1.20 m de manga). La red se colocó con la ayuda de dos estacas que se pusieron en los extremos de la boca o ancho de la red con el fin de que ésta no se moviera. Una de estas estacas se colocó en la ribera del canal, después se estiró la red hasta que ésta adquirió cierta tensión y en ese punto se colocó la otra estaca. A partir de ese momento se comenzó a extender el largo de la red a una velocidad constante (entre 1 y 2 nudos, aproximadamente) utilizando una trajinera con motor fuera de borda. En el momento en que la red modificada estaba puesta se empezó a colocar una de las redes de enmalle (que no presentan modificación); el primer extremo de ésta se colocó en la estaca que no estaba en la ribera del canal, después se tendió la red alcanzando una longitud aproximada de 20 metros. De esta forma se generó una guía para que los organismos se dirigieran a la boca de la red modificada (Figura 3).

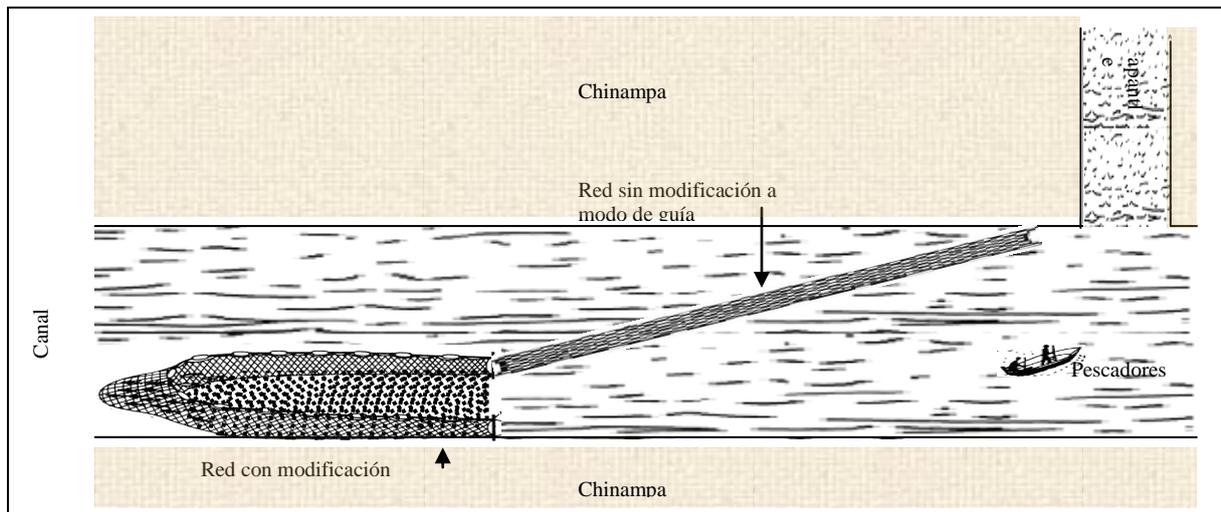


Figura 3. Redes de enmalle colocadas (tomada y modificada de Arias, 1988).

Ya puestas las redes y a una distancia aproximada de 20 metros del final de la red de enmalle, se comenzó un “acarreo” que consistió en golpear la superficie del agua con palos y remos, esto de una manera uniforme y direccionada sobre todo el canal. En cuanto este “acarreo” se acercaba a la boca de la red con modificación, algunos pescadores tomaban el extremo libre de la red de enmalle y cerraban un semicírculo (tipo chinchorro o red de cerco) con el extremo de la red modificada pegado a la ribera del canal. En ese momento se levantó la boca de la red modificada y se recogió dentro de la trajinera hasta el punto de estar cerca de su extremo opuesto para poder ser levantada totalmente; después cuidadosamente se fue levantando la red que no presentaba la modificación y de igual forma se colocó dentro de la trajinera.

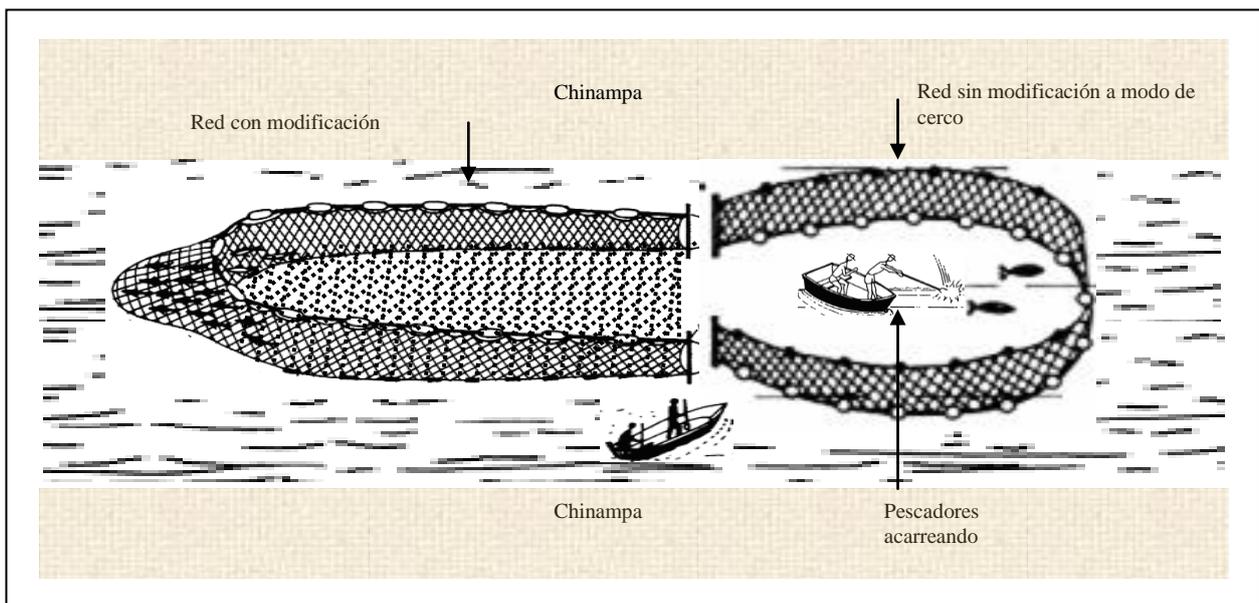


Figura 4. Esquematización de la actividad pesquera con la implementación de diferentes métodos.

El grupo Independiente no contaba con la red modificada que se describió anteriormente, por lo tanto, su arte de pesca consistió en redes agalleras simples. En relación al método de pesca, el cambio se dio únicamente en la colocación de la red modificada, ya que este grupo también colocó la red de enmalle simple con estacas pegadas a la ribera del canal y utilizó el mismo método de acarreo y de cerco con la red (Figura 5).

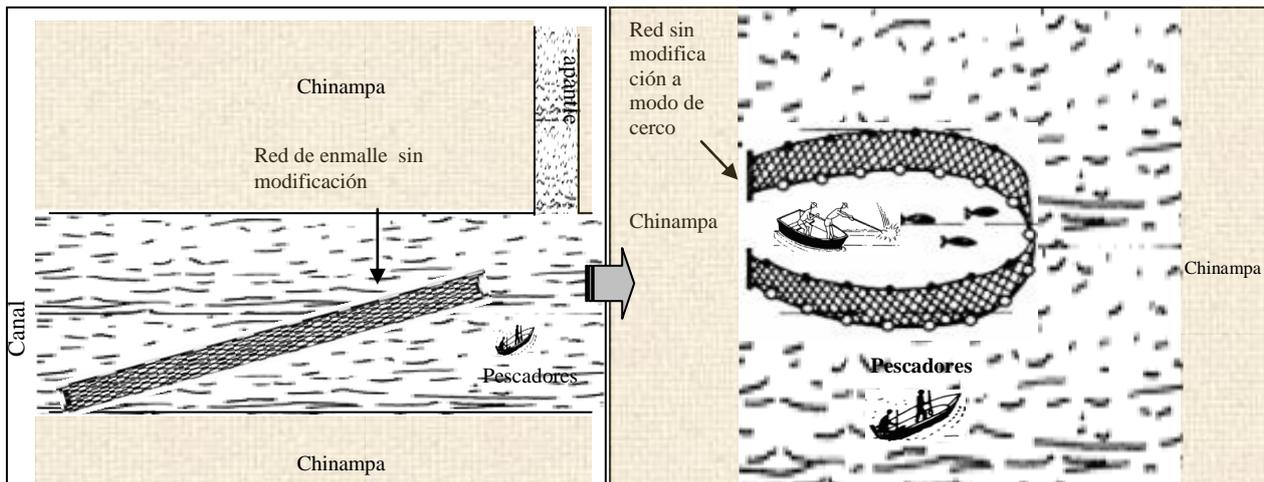


Figura 5. Método de pesca del Grupo Independiente

Posteriormente se extrajeron los peces de las redes que ambos grupos habían levantado del agua. Todos los peces se midieron con un Ictiómetro de 400 mm (± 1 mm) donde se registró la longitud total L_t , que se define como la distancia que hay entre el hocico y el término de la aleta caudal (Sparre y Venema, 1997). En seguida el organismo se colocó sobre una balanza digital 2 Kg. (± 0.1 g) y se registró su peso; esto sólo se hizo con un porcentaje de los organismos colectados (1.5 %, aproximadamente). También se registró el peso y talla de otras especies acompañantes (carpas). Todas estas medidas fueron anotadas en formatos especiales elaborados por el Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM.

2. Análisis estadísticos:

Se obtuvo el número total de organismos y peso. Para poder obtener este último, fue necesario estimar el peso de los organismos a una determinada longitud a través de la siguiente relación (talla-peso):

$$W(i) = a * L(i)^b \dots\dots\dots (1)$$

Donde, W representa el peso estimado del pez, L es la longitud total (dato de entrada) y “ a ” y “ b ” son parámetros que se refieren al intercepto a y a la pendiente b .

El valor de “ a ” se refiere a la talla del organismo a una edad cero. El valor de “ b ” (pendiente) representa el tipo de crecimiento del organismo (alométrico o isométrico) y la relación de talla-peso.

Ya con los datos de peso para todos los organismos se determinó la captura total C_t , que se define como el número total de individuos o kilogramos capturados en las 25 semanas de colecta por ambos grupos. De ésta C_t , se obtuvo el promedio general del peso y talla para todos los organismos colectados con su respectiva desviación estándar.

Posteriormente, se clasificaron los datos por semana y se obtuvo la captura tanto en organismos como en kilogramos por cada una de las 25 semanas de colecta, así como el promedio y la desviación de la captura total semanal C_s ; las semanas consistieron en cinco días de trabajo cada una. Se obtuvo la distribución de frecuencias de tallas capturadas a través del programa *Statistica 6.0*, así como el rango de talla que se capturó. Para obtener la distribución de frecuencia de tallas se generaron intervalos de 1 cm de amplitud en los cuales se vaciaron todos los datos de tallas para poder obtener su frecuencia.

Posteriormente se obtuvieron los promedios de talla por cada una de las semanas de colecta que se colectó y se utilizó una regresión lineal para identificar la relación de la talla capturada con la incidencia de captura. De la misma forma se obtuvieron los promedios del peso de los organismos capturados por cada una de las semanas de captura y su tendencia a partir de una regresión lineal.

El esfuerzo f se determinó a través de los lances realizados y estos se obtuvieron de forma total f_t sumando los lances en las 25 semanas de colecta. También se obtuvo el número de lances realizados por semana f_s así como el promedio de estos. La Captura Por Unidad de Esfuerzo CPUE definida como el número de organismos o el peso total en kilogramos entre el número total de lances se obtuvo por semana tanto para organismos como para peso (Kg), así como su promedio por las 25 semanas de captura.

Para cada canal se obtuvo de igual forma la CPUE en Kg, así como la talla media de captura. Para obtener esta información fue necesario manejar las bases de datos a través de tablas dinámicas.

Se obtuvieron los datos de esfuerzo f , talla media, CPUE y captura total C_t en Kg. y organismos así como los promedios de cada uno, de las cuatro zonas del área lacustre de Xochimilco. La clasificación de las zonas se basó en las características limnéticas de los canales y el uso de suelo (Figura 6), establecidas por el Laboratorio de Restauración

Ecológica del Instituto de Biología, UNAM (Contreras, 2006). Estos datos se obtuvieron de igual forma con tablas dinámicas en hojas de cálculo de Excel. Posteriormente a estos resultados se les aplicó una ANOVA de una vía para determinar si existían diferencias significativas entre cada una de las Zonas en relación a la CPUE.



Figura 6. Zonificación de la zona lacustre Xochimilco. (tomado y modificado de Contreras 2006).

Posteriormente se estimaron los parámetros de crecimiento (L^∞ = longitud infinita, k = velocidad de crecimiento y T_0 = talla inicial) para obtener las curvas de crecimiento a través de la ecuación de L. Von Bertalanfy. Se estimó la composición de edades a través de las frecuencias de tallas observadas mensualmente utilizando el modelo de Bhattacharya (1967). Dicho modelo puede describir las distribuciones normales o cohortes a partir de una distribución compuesta como lo es el conjunto de las tallas por mes. Para poder obtener las cohortes mensuales se generaron intervalos de 1, 0.9, 0.8 y 0.7 cm. De estos se obtuvieron las frecuencias de tallas a través del programa *Statistica 6.0*, posteriormente se aplicó \ln a la frecuencia de cada intervalo y a éste se le restó el \ln de frecuencia del intervalo anterior; esto se graficó para obtener las cohortes por mes. Una vez obtenidas las cohortes de cada mes se buscó el intercepto de cada cohorte (a/b).

A partir de estos interceptos y a través de los modelos de Ford-Walford (1933;1946) y Gulland y Holt (1959) se obtuvieron los parámetros de crecimiento de longitud máxima L^∞ y velocidad de crecimiento k .

Para el modelo de Ford-Walford los valores de L^∞ y k se obtuvieron de las siguientes ecuaciones:

$$K = -\frac{1}{\Delta t} * \ln b \dots\dots\dots(2)$$

$$L^\infty = \frac{a}{1-b} \dots\dots\dots(3)$$

Donde, las constantes a y b se obtuvieron a partir de la regresión lineal que se obtuvo de graficar los interceptos de las cohortes ($L(t)$, $L(t+1)$).

Para el modelo de Gulland y Holt, los valores de L^∞ y k se obtuvieron de las siguientes ecuaciones:

$$K = -b \dots\dots\dots(4)$$

$$L^\infty = -\frac{a}{b} \dots\dots\dots(5)$$

Donde, las constantes a y b se obtuvieron a partir de la regresión lineal de la diferencia de las cohortes ($L_t - L_{t+1}$) contra el promedio de dos cohortes ($\frac{L_t + (L_{t+1})}{2}$).

Posteriormente y utilizando como dato de entrada L^∞ que se obtuvo por los modelos anteriores se aplicó el gráfico de L. von Bertalanfy (1934) para obtener los parámetros de k y T_0 ; esto se obtuvo graficando el logaritmo natural \ln del intercepto de la cohorte menos uno entre la longitud infinita L^∞ contra tiempo t .

$$(-\ln(1-L(t)/ L^\infty)) \text{ Vs } (t) \dots\dots\dots(6)$$

Una vez graficados los valores se aplicó una regresión lineal para obtener los parámetros de “ a ” y “ b ” que aplicada al gráfico de L. von Bertalanfy resulta de la siguiente forma.

$$K = b \dots\dots\dots (7)$$

$$T_0 = -a/b \dots\dots\dots (8)$$

Donde, la constante “b” representa al parámetro *k* siendo éste la velocidad de crecimiento y *T₀* o parámetro de “condición inicial” se refiere a la talla cero del organismo. Biológicamente esta talla significa el tamaño que tiene el organismo en el momento de su existencia; este parámetro se obtiene de la división de la constante *a* entre “b”.

Con los datos de *L[∞]*, *k* y *T₀* obtenidos por los diferentes modelos se calcularon los valores de longitud a diferentes tiempos a partir de la ecuación de crecimiento de L. von Bertalanfy que se representa de la siguiente forma:

$$L(t) = L^{\infty} [1 - \exp(-k(t - T_0))] \dots\dots\dots (9)$$

Donde, la longitud a un tiempo determinado se obtiene de *T₀* (dato de entrada obtenido por el gráfico de L. Von Bertalanfy) menos el tiempo a estimar, esto por la velocidad de crecimiento *k* (dato de entrada obtenido por los modelos de Ford-Walford y Gulland y Holt) por uno menos exponente y multiplicado por *L[∞]* (dato obtenido por los modelos de Ford-Walford y Gulland y Holt).

Calculados los valores de longitud a un determinado tiempo se graficaron las curvas de crecimiento utilizando los datos de entrada obtenidos por el modelo de Ford-Walford (*L[∞]*, *k*) y (*T₀*) por el gráfico de L. Von Bertalanfy basado en *L[∞]* obtenido por el modelo de Ford-Walford. Se obtuvo la curva de crecimiento basada en los parámetros obtenidos por el modelo Gulland y Holt (*L[∞]*, *k*) y (*T₀*) por el gráfico de L. Von Bertalanfy basado en *L[∞]* obtenido por el modelo de Gulland y Holt. Estas dos curvas se compararon con la curva de crecimiento que se obtuvo de graficar los interceptos de las seis cohortes obtenidas por el modelo de Bhattacharya.

Se calculó el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) que se define como un esfuerzo de captura que permite la renovación óptima de la población para poder mantenerse a largo plazo (Del Monte-Luna *et al*, 2001). Este RMS se estimó a partir de los modelos de producción excedentaria de Schaefer y Fox (Sparre y Venema, 1997), ya que en estos no es necesario determinar la estructura de edades y pueden establecer el nivel óptimo de esfuerzo a partir del esfuerzo *f* y de la captura por unidad de esfuerzo CPUE (*Y/f*).

Las ecuaciones para cada modelo se representan de la siguiente manera:

$$Y(i)/f(i)=a+b \cdot f(i) \dots \dots \dots (10)$$

Modelo de Schaefer

$$Y(i)/f(i)= \exp (c+d \cdot f(i)) \dots \dots \dots (11)$$

Modelo de Fox

Donde, $Y(i)$ se refiere a la captura (peso) y f al esfuerzo (lances) en ambos modelos. Para el modelo de Schaefer “ a ” se refiere al intercepto y “ b ” a la pendiente, en el caso del modelo de Fox estos parámetros son sustituidos por “ c ” y “ d ”, respectivamente para el intercepto y la pendiente.

El modelo de Schaefer es un modelo lineal a diferencia del de Fox que es logarítmico. En el modelo de Schaefer existe un punto de aniquilación de la población o stock de organismos ($-a/b$), lo que implica que aun existiendo una cantidad de esfuerzo f mayor que cero, la captura (Y/f) será cero. Para el caso del modelo de Fox, al ser logarítmico se representa con una línea prácticamente asintótica al eje “ x ” lo que significa que cualquier valor de captura (Y/f) será mayor que cero para cualquier esfuerzo f . Para ambos modelos la pendiente b va a ser negativa, lo que significa que los valores más altos de captura (Y/f) se van a encontrar cuando los valores del esfuerzo (f) estén cercanos a cero (Sparre y Venema, 1997).

Para obtener el RMS se utilizaron 19 semanas de las 25 semanas trabajadas, esto se debe a que fue en éstas donde laboraron ambos grupos de pescadores. Las semanas que no se utilizaron fueron del 21 de febrero del 2005 al 01 de abril del 2005 ya que únicamente laboró el grupo de La Santísima y la semana del 15 al 19 de agosto que fue la última semana de pesca donde los días trabajados fueron únicamente dos. Considerando lo anterior, primero se calculó y graficó su tendencia y la del f_{RMS} esto a partir de los dos modelos antes mencionados. Para graficar el Modelo de Schaefer se dividió el número total de kilogramos obtenidos semanalmente entre el número de lances realizados en el mismo tiempo; el valor obtenido de esta división se graficó contra el número de lances. Se expresa de la siguiente forma:

$$f(i) \text{ vs } Y(i)/f(i) \dots \dots \dots (12)$$

Donde, f es el esfuerzo o lances y el parámetro Y es la captura en kilogramos.

Al graficar estos valores se obtuvo su tendencia, posteriormente se aplicó una regresión lineal de donde se obtuvieron los parámetros a y b necesarios para poder obtener el RMS y el f_{RMS} .

Donde el RMS se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{RMS Schaefer: } -0.25 * a^2/b \dots\dots\dots (13)$$

Y para obtener el f_{RMS} se aplicó la siguiente ecuación:

$$f_{RMS} \text{ Schaefer : } -0.5* a/b \dots\dots\dots (14)$$

Siendo, a y b los datos de entrada calculados por la regresión lineal que se obtuvo de graficar la tendencia del RMS y el f_{RMS} .

Para graficar el modelo de Fox se dividió el número total de kilogramos capturados en una semana entre el número de lances realizados en una semana; al valor obtenido se le aplicó \ln y este se graficó contra el número de lances semanales, expresándose de la siguiente forma:

$$f(i) \text{ vs } \ln(Y(i)/f(i)) \dots\dots\dots (15)$$

Donde f es el esfuerzo o lances y el parámetro Y es la captura en kilogramos.

Al graficar estos valores se obtuvo su tendencia y posteriormente se aplicó una regresión lineal de donde se obtuvieron los parámetros c y d necesarios para poder obtener el RMS y el f_{RMS} .

Donde el RMS se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{RMS Fox: } -(1/d)*\exp (c-1) \dots\dots\dots (16)$$

Para obtener el f_{RMS} se aplicó la siguiente ecuación:

$$f_{RMS} \text{ Fox: } -1/d \dots\dots\dots (17)$$

Siendo, c y d los datos calculados por la regresión lineal que se obtuvo de graficar la tendencia del RMS y el f_{RMS} .

Posteriormente se realizaron los gráficos del RMS basado en cada modelo.

Para el gráfico del RMS basado en el modelo de Schaefer se empleó la siguiente ecuación:

$$Y(i) = a \cdot f(i) + b \cdot f(i)^2 \dots\dots\dots (18)$$

Donde, Y se refiere a la captura en kilogramos, a y b son los parámetros obtenidos a partir de la regresión lineal de la tendencia del RMS y f es el esfuerzo.

Para el gráfico del RMS basado en el modelo de Fox se empleó la siguiente ecuación:

$$Y(i) = f(i) \cdot \exp[c + d \cdot f(i)] \dots\dots\dots (19)$$

Donde, Y se refiere a la captura en kilogramos, c y d son los parámetros obtenidos a partir de la regresión lineal de la tendencia del RMS y f es el esfuerzo.

RESULTADOS

1. Captura total

Se colectó un total de 246,075 organismos durante 25 semanas con un peso total de 28,729.3 Kg El promedio del peso de los organismos fue de 116.75 g \pm D.S. 46.01 y el promedio en talla fue de 17.99 cm \pm D.S. 3.12.

2. Esfuerzo

Se realizó un total de 591 lances durante las 25 semanas de captura. El promedio semanal del esfuerzo fue de 23.6 lances \pm DS 14.89. La semana con mayor esfuerzo fue la 11 con 57 lances y la de menor esfuerzo fue la semana 25 con dos lances (Figura 7).

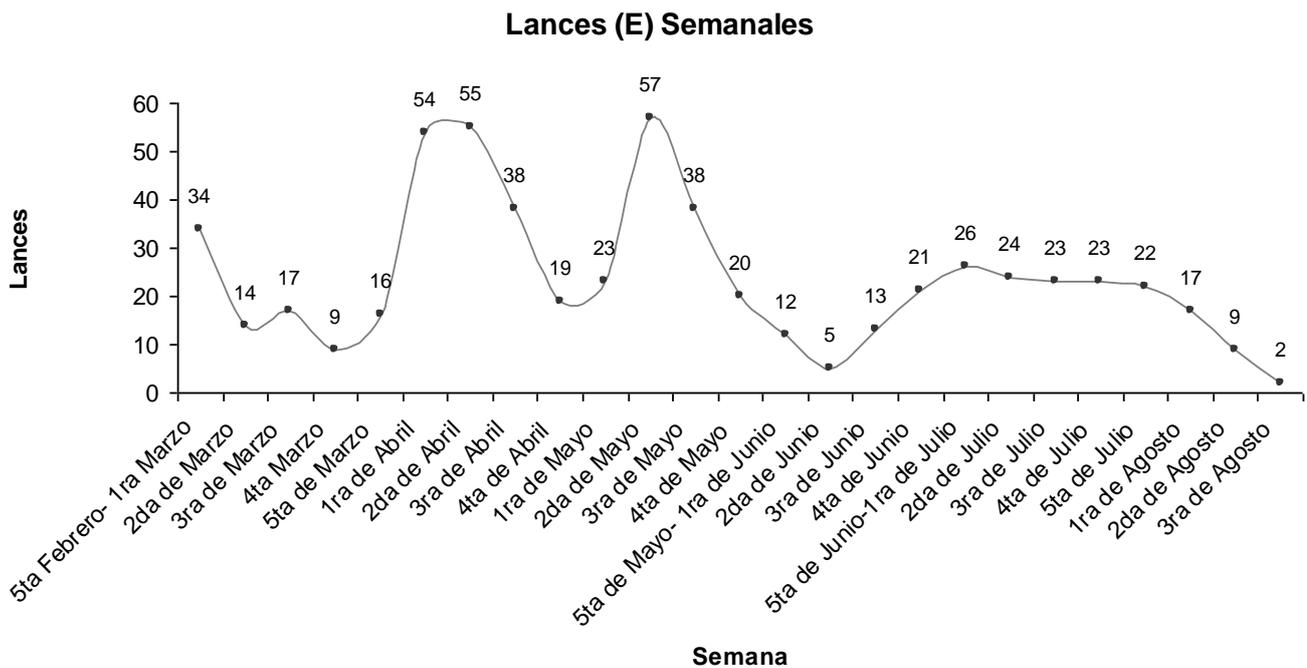


Figura 7. Número de lances realizados en las 25 semanas de colecta.

3. Tallas

En relación a las tallas, el rango obtenido estuvo entre 3 y 30 cm. En la frecuencia de éstas se obtuvo que el 68% del total de los organismos colectados se localizó en los intervalos de 16 a 21 cm (rango de 5 cm) siendo el intervalo de 19 a 20 cm el que presentó el mayor número de organismos 38,554 (Figura 8).

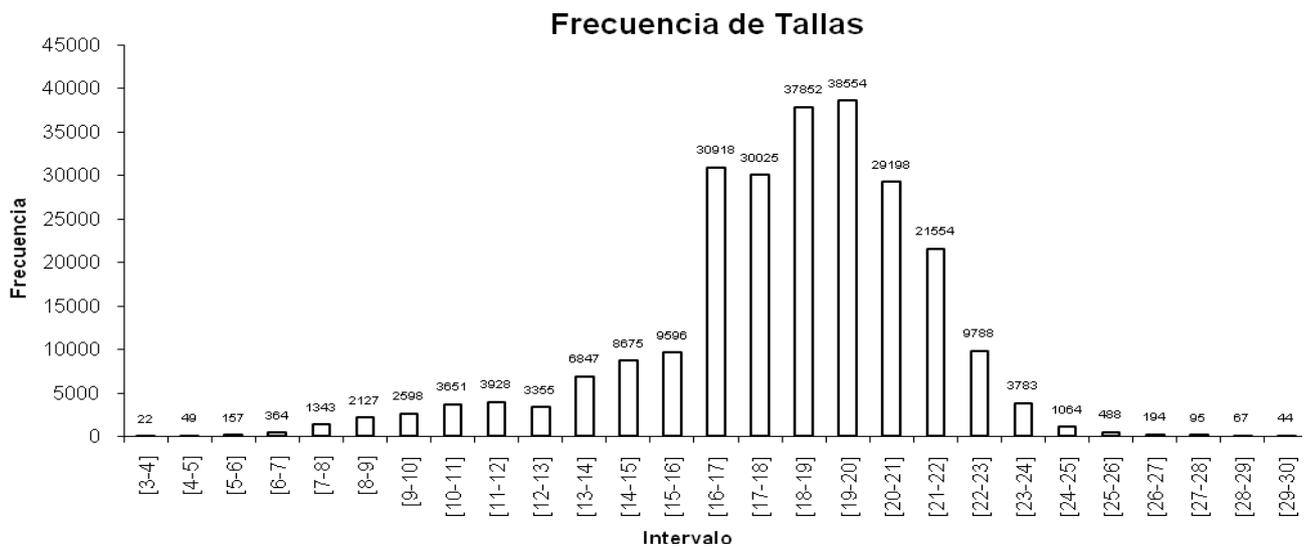


Figura 8. Distribución de las frecuencias de Tallas en las 25 semanas de captura dentro de la zona lacustre de Xochimilco.

El promedio semanal de talla de los organismos en las 25 semanas de captura fue de 18.55 cm \pm DS 1.15 (Figura 9).

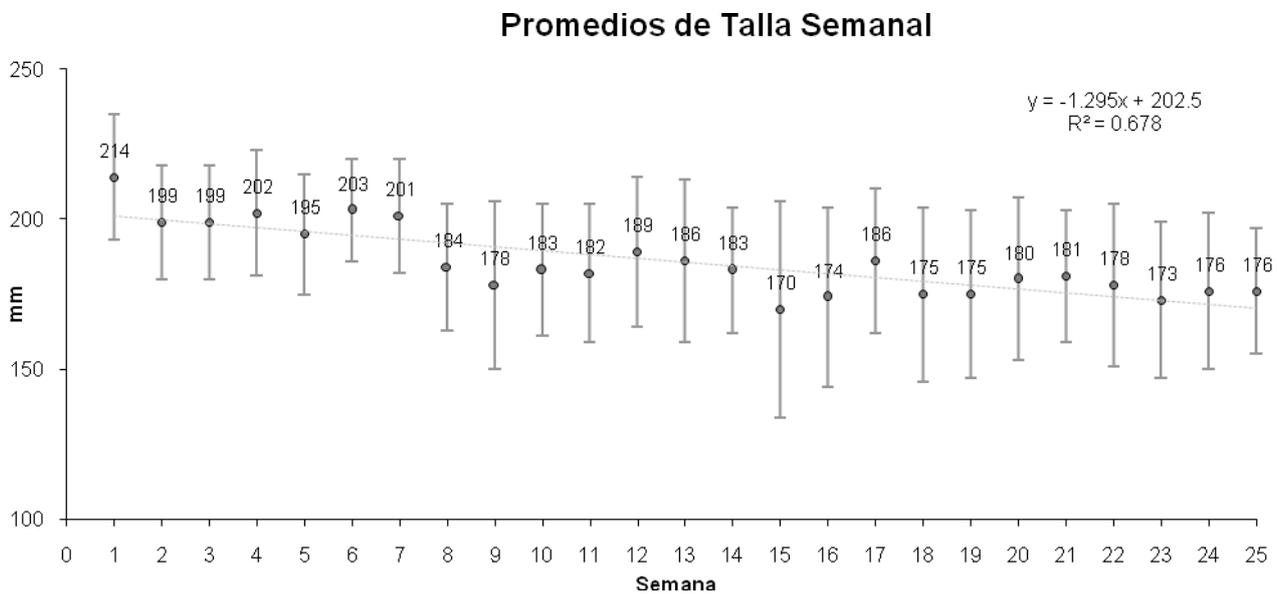


Figura 9. Promedios de la talla de los organismos durante las 25 semanas de pesca con su regresión lineal.

El promedio semanal del peso de los organismos en las 25 semanas de captura fue de 125.62 g \pm DS 18.95 (Figura 10).

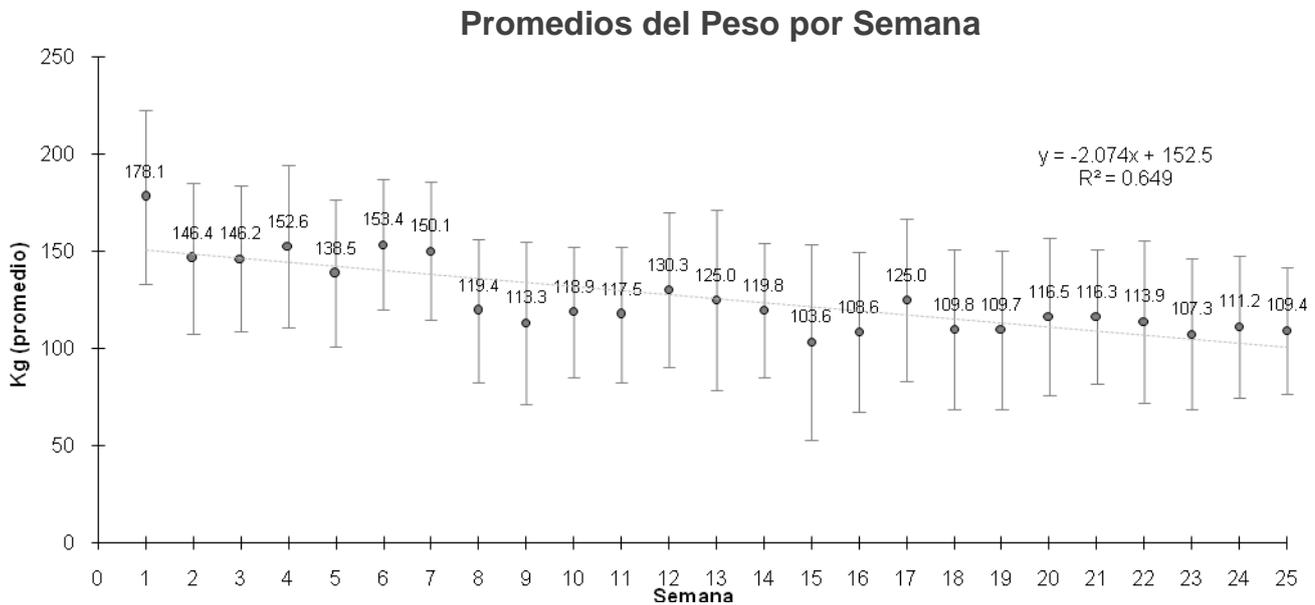


Figura 10. Promedios del peso de los organismos durante las 25 semanas de pesca con su regresión lineal.

En el transcurso de estas semanas el promedio de talla y peso tuvieron una relación inversa de acuerdo a la captura, disminuyendo un 17.8 % en la talla y 38.6 % en el peso. En la semana 15 se obtuvo el menor promedio para ambas variables y en la semana uno, los valores más altos dando una diferencia de 4.4 cm y 74.5 g, respectivamente.

4. Captura

El promedio de la captura semanal en organismos fue de 9,843 \pm D.S. 5,012 individuos con un promedio en peso semanal de 1,149.2 \pm 591,474 Kg. La mayor captura en kilogramos se obtuvo en la semana 12 con 2,296 kg y el mayor número de organismos en la semana 11 con 17,088 organismos. La menor captura se obtuvo en la semana cuatro con 816 organismos y 124 kg (Figura 11).

Captura Semanal

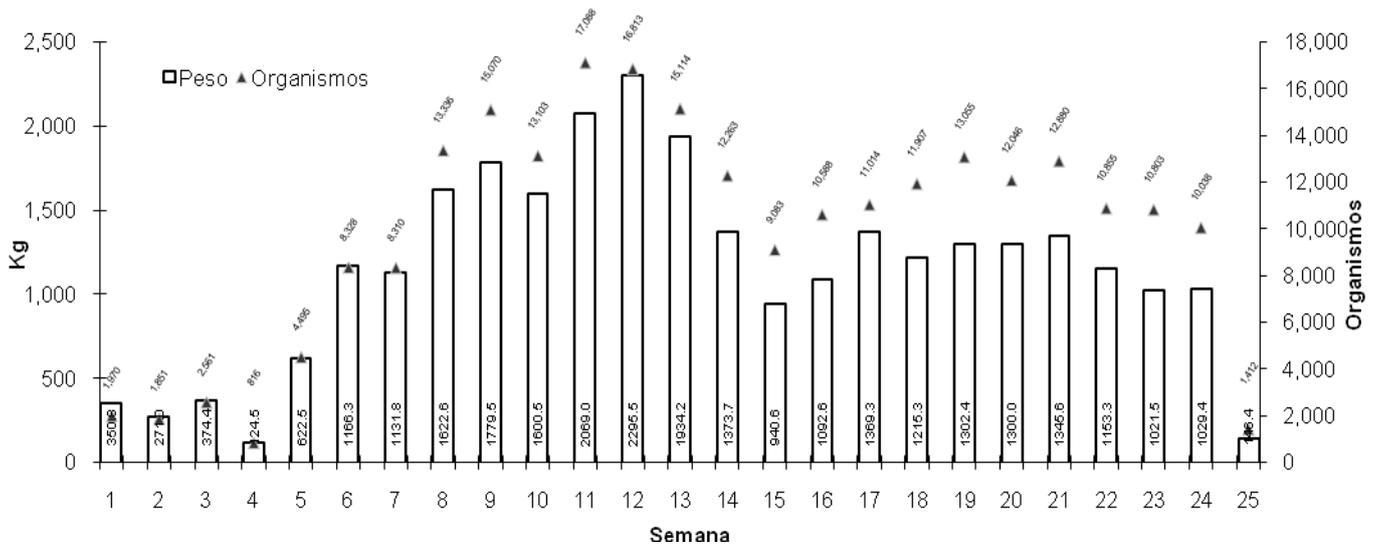


Figura 11. Captura en kilogramos y número de organismos por semana.

5. CPUE

En la CPUE semanal (organismos por lance) se obtuvo un promedio de $538 \pm DS 389.3$ organismos. En relación a los kilogramos por lance, el promedio fue de $60.56 \pm DS 39.78$ kilogramos. En la semana 15 se presentó la mayor CPUE tanto en organismo como en kilogramos con 188.1 Kg/lance y 1,816.6 individuos/lance. La semana con menor CPUE fue la semana uno con 57.9 individuos por lance y 10.3 kg por lance. La diferencia entre la CPUE mayor y la menor fue de 1,758.7 individuos por lance y 177.8 kg por lance (Figura 12).

CPUE Semanal

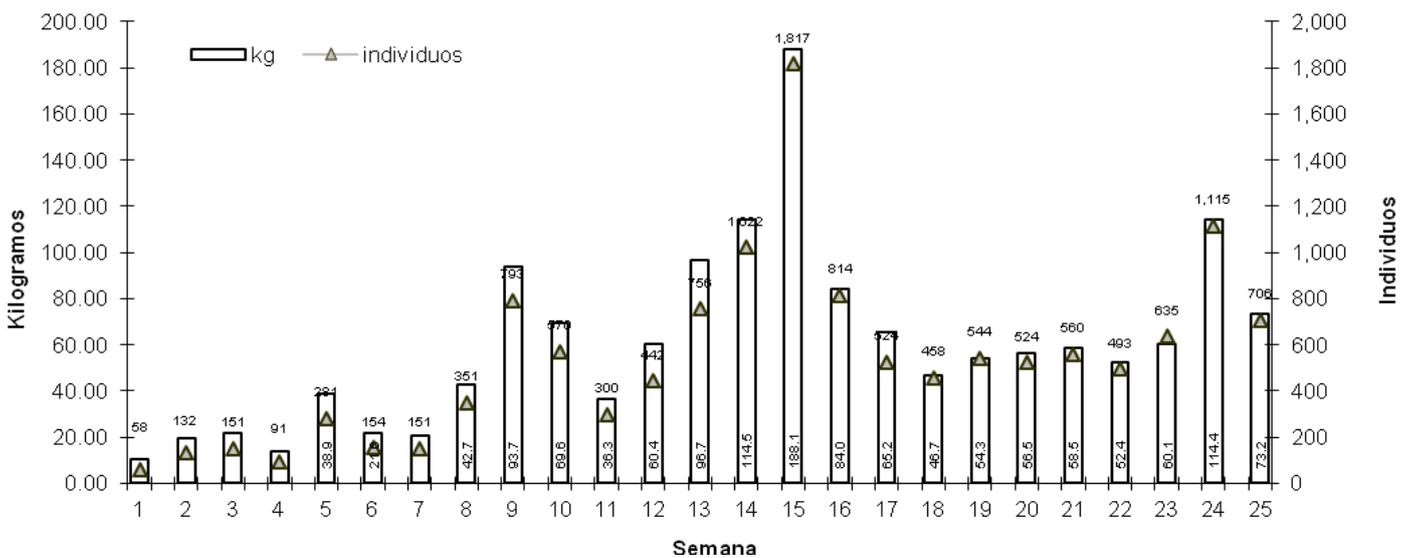


Fig. 12 Captura por Unidad de Esfuerzo semanal en Kg/lance y organismos/lance.

La abundancia por canal medida a través de la CPUE tuvo un promedio para todos los canales de $50.9 \pm DS 38.3$ kg por lance. El canal que presentó mayor CPUE fue Chicoco con 139. kg por lance y una talla media de 16.6 cm. El canal de menor CPUE fue el Canal Nacional con 4.1 kg por lance y una talla media de 20.6 cm. Las diferencia entre estos dos canales es de 135.6 kg por lance y de 4 cm en talla. El promedio mayor de talla se capturó en el Canal Principal (Turístico); este fue de 21.3 cm con una diferencia mayor de 4.7 cm del canal Chicoco y por debajo de una CPUE de 34 kg por lance. La diferencia con el Canal Nacional fue mayor en CPUE por 29 kg por lance, y en relación a la talla fue superada por 0.7 cm. El canal con la talla media mas pequeña fue Tlilac con 15.4 cm con una diferencia de 5.9 cm con el canal Principal, de 1.2 cm con Chicoco y de 5.2 cm con Canal Nacional. La CPUE para el canal Tlilac fue de 30.9 kg por lance (Figura 13).

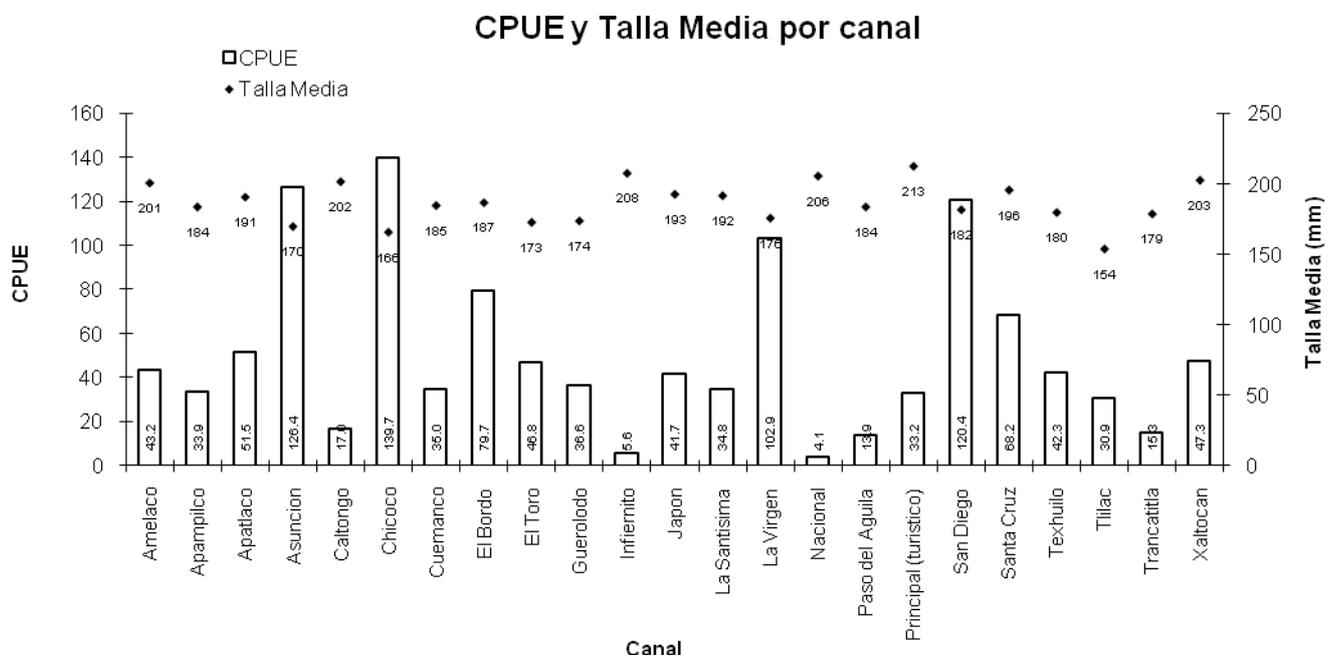


Figura 13. Captura por Unidad de Esfuerzo y Talla Media capturada de cada canal

6. Captura y CPUE por Zona

En relación a la captura para las cuatro zonas se obtuvo el promedio del esfuerzo (f) de $147 \pm DS 103.7$ lances (f). El promedio de la captura en kilogramos fue de $7,158.2 \pm DS 5,051.9$ kg y el promedio del número de organismos capturados fue $61,200 \pm DS 45,835.1$ organismos. La tabla 1 muestra la captura por zona.

Tabla I. Descripción de Captura por Zona

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Esfuerzo (f)	249	218	91	30
Captura en kg	11,004.6	11,722.1	4,622.5	1,283.6
Captura en Organismos	102,822	97,552	32,427	11,998

El promedio de la CPUE de las cuatro zonas fue de 47.89 DS \pm 5.25 kg por lance, siendo la zona B la más productiva con 53.8 kg por lance y 18.7 cm de talla promedio. La zona menos productiva fue la D con 42.8 kg por lance y 19.3 cm de talla promedio. En relación a las tallas se obtuvo el mayor promedio en la Zona C con 20.4 cm y el menor promedio se obtuvo en la Zona A con 17.8 cm. De acuerdo con estos resultados, no se encontró una diferencia significativa entre zonas para la CPUE y para las tallas (Figura 14).

CPUE y Talla Promedio por Zona

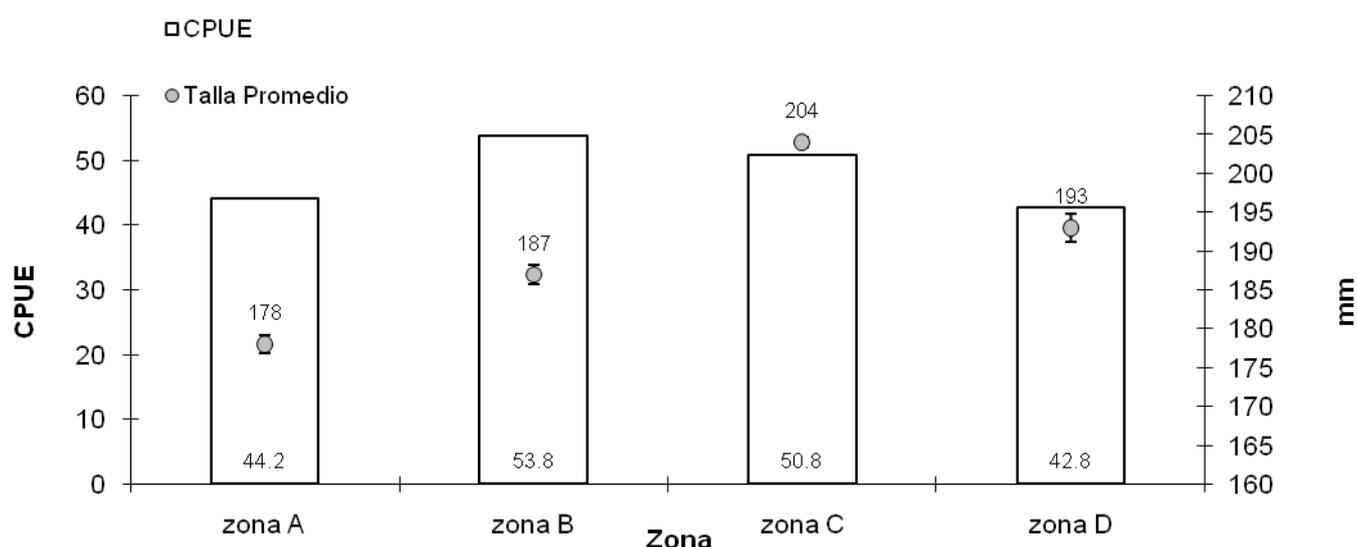


Figura14. Captura por Unidad de Esfuerzo de las cuatro zonas de captura y sus promedios de tallas.

7. Parámetros de crecimiento

Se obtuvo la frecuencia de tallas de todos los meses de captura con un intervalo de 0.8 cm, a estas frecuencias se les aplicó el modelo de Bhattacharya.

Fue el mes de abril donde se obtuvo el mayor número de cohortes siendo estas seis (Figura 15), de las cuales se utilizó el intercepto para el cálculo de los parámetros de crecimiento (K , t_0 y L_∞ ; Tabla II). La media de la primer cohorte fue de 9.8 cm \pm DS 1.03, de la segunda cohorte de 9.4cm \pm DS 3.39, de la tercer cohorte de 16.02cm \pm DS 4.61, de la cuarta cohorte de 20.71cm \pm DS 3.56, de la quinta cohorte de 26.2cm \pm DS 0.8 y de la sexta cohorte de 28.86cm \pm DS 1.22.

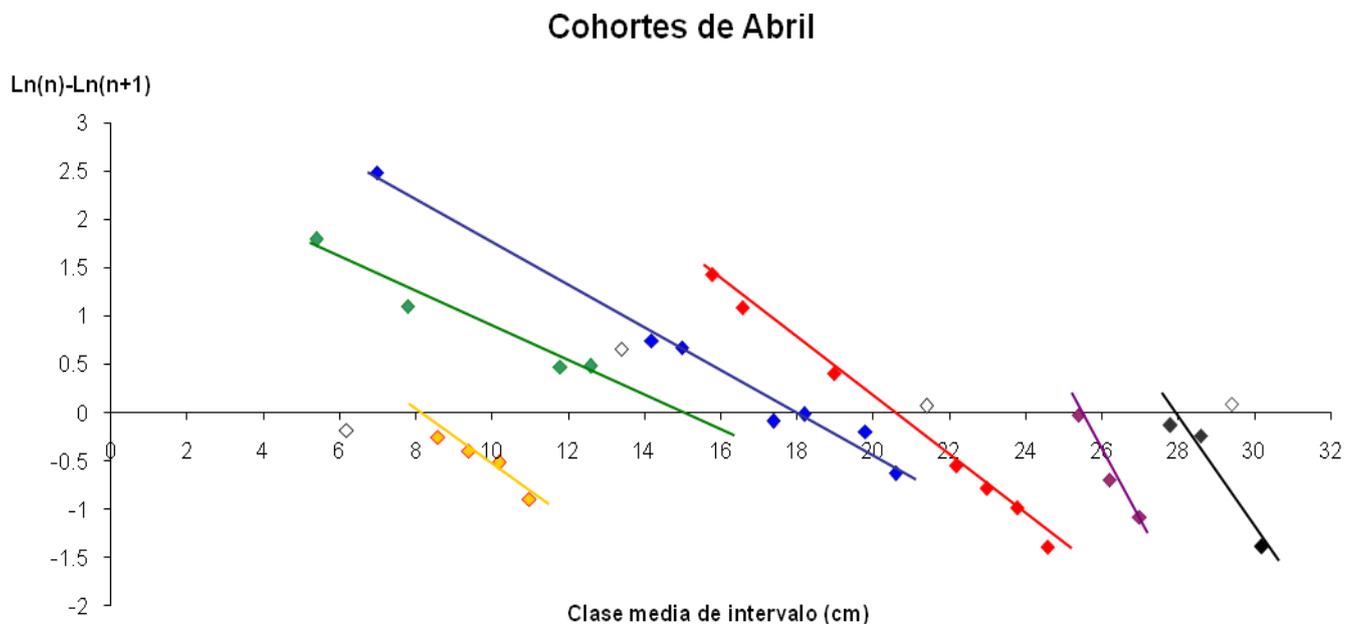


Figura 15. Cohortes del mes de abril.

Tabla II. Intercepto de las Cohortes de Abril y relación cuadrática

Cohorte	Intercepto	R ²
1	7.8	0.926
2	14.7	0.9596
3	17.9	0.9836
4	20.4	0.9973
5	25.3	0.9759
6	27.8	0.9359

Con base en estos datos se utilizó el modelo de Ford-Walford del cual se obtuvieron los parámetros K y L_∞ donde;

$K = 0.2378$ $L_\infty = 36.12$ cm.

Para el método de Gulland y Holt fue:

$$K = 0.2077 \quad L_{\infty} = 38.49 \text{ cm.}$$

Para el modelo de Ford-Walford se obtuvo una relación cuadrática mayor que para Gulland y Holt, siendo esta de $R^2 = 0.9367$ (Figura 16).

Longitud máxima

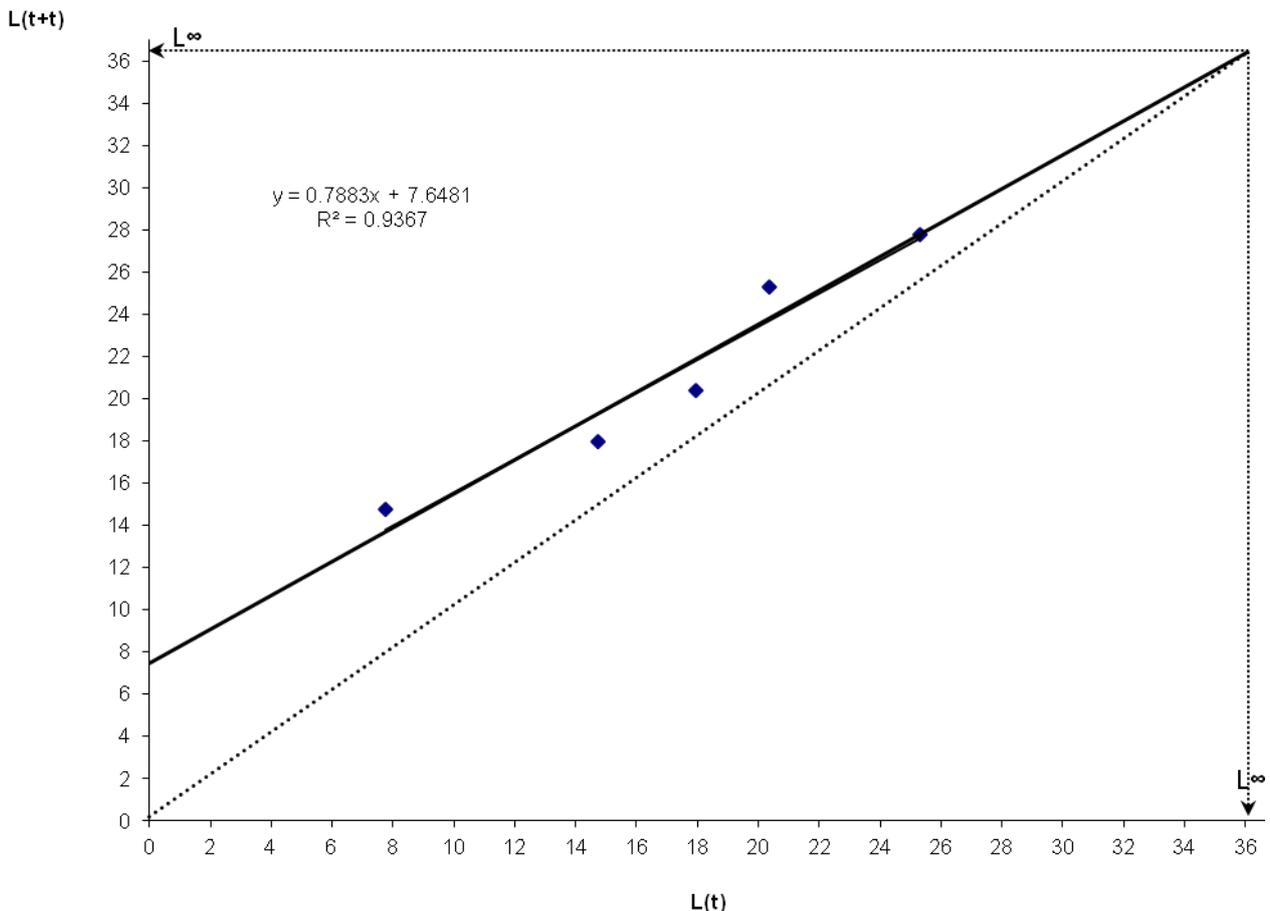


Figura 16. Longitud máxima (36.12 cm) a partir del modelo de Ford-Walford.

Se utilizó, para ambos modelos, el gráfico de L. Von Bertalanfy para obtener los parámetros K y T_0 utilizando como dato de entrada L_{∞} de los modelos anteriores:

Con base en L_{∞} obtenido por el modelo de Ford-Walford:

$$K = 0.2375 \quad T_0 = -0.0235$$

Con base en L_{∞} obtenido por el modelo de Gulland y Holt:

$$K = 0.2047 \quad T_0 = -0.1138$$

Los parámetros K , t_0 y L_{∞} obtenidos por los diferentes modelos, se aplicaron a la ecuación de crecimiento de L. Von Bertalanfy. Las curvas resultantes fueron prácticamente iguales a diferencia de la obtenida con los datos directos que presentó una pequeña variación (Figura 17).

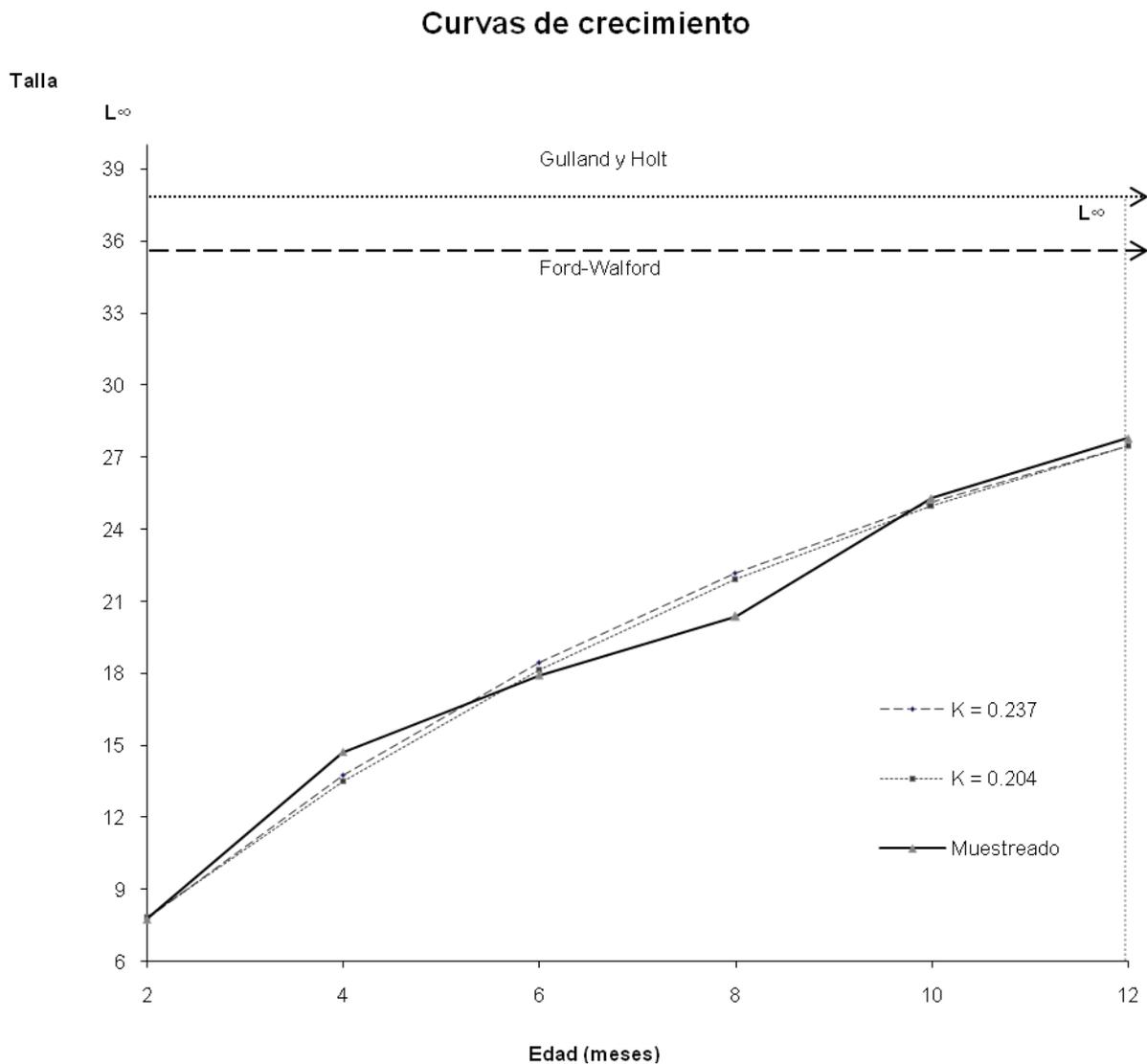


Figura 17. Comparación de las curvas de crecimiento obtenidas por la ecuación de L. Von Bertalanfy a partir de los modelos de Ford-Walford y Gulland y Holt con la obtenida directamente de los datos.

8. Rendimiento Máximo Sostenible

Para el RMS y el f_{RMS} el modelo que más se adecuó a los datos fue el de Fox con una $R^2= 0.8339$; para el Modelo de Schaefer se obtuvo una $R^2= 0.5998$ (Figura 18).

Tendencia del Rendimiento y de la CPUE

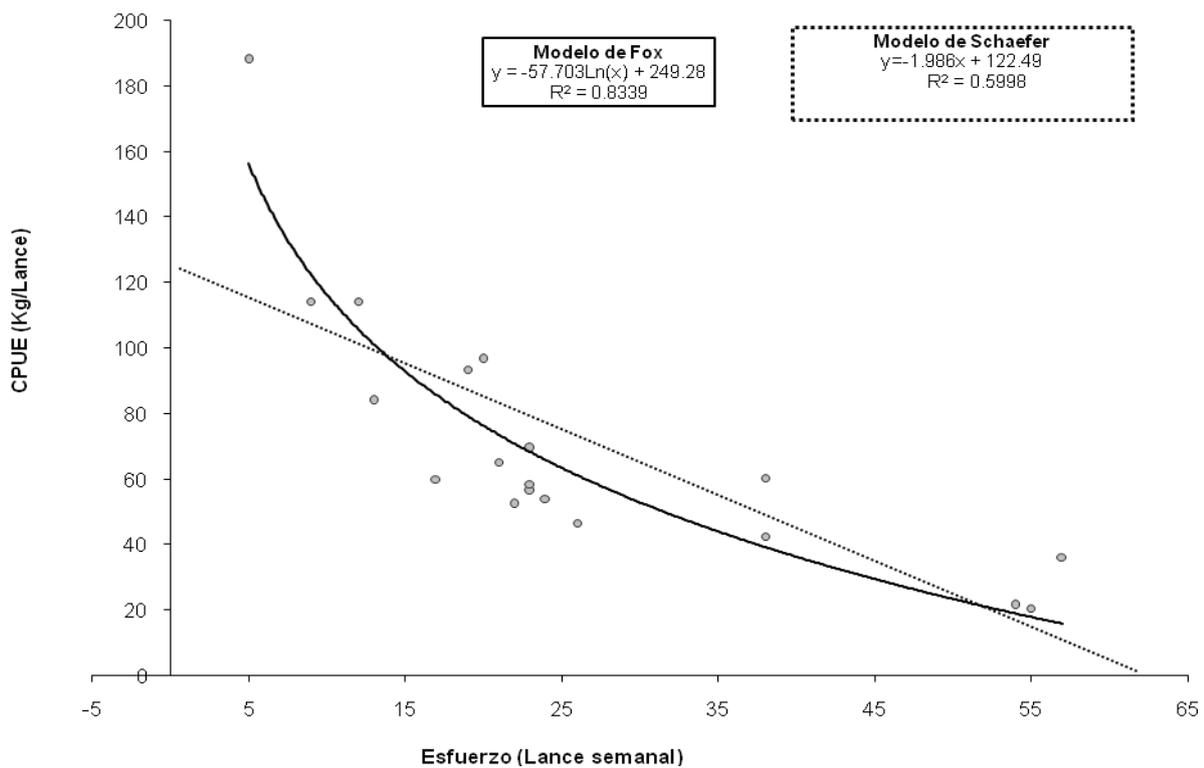


Figura. 18 Tendencias del Rendimiento Máximo Sostenible a partir de los dos modelos de producción excedentaria (Fox y Schaefer).

Para el modelo de Schaefer se obtuvo un RMS de 1,888Kg en ≈ 31 lances (Figura 19).

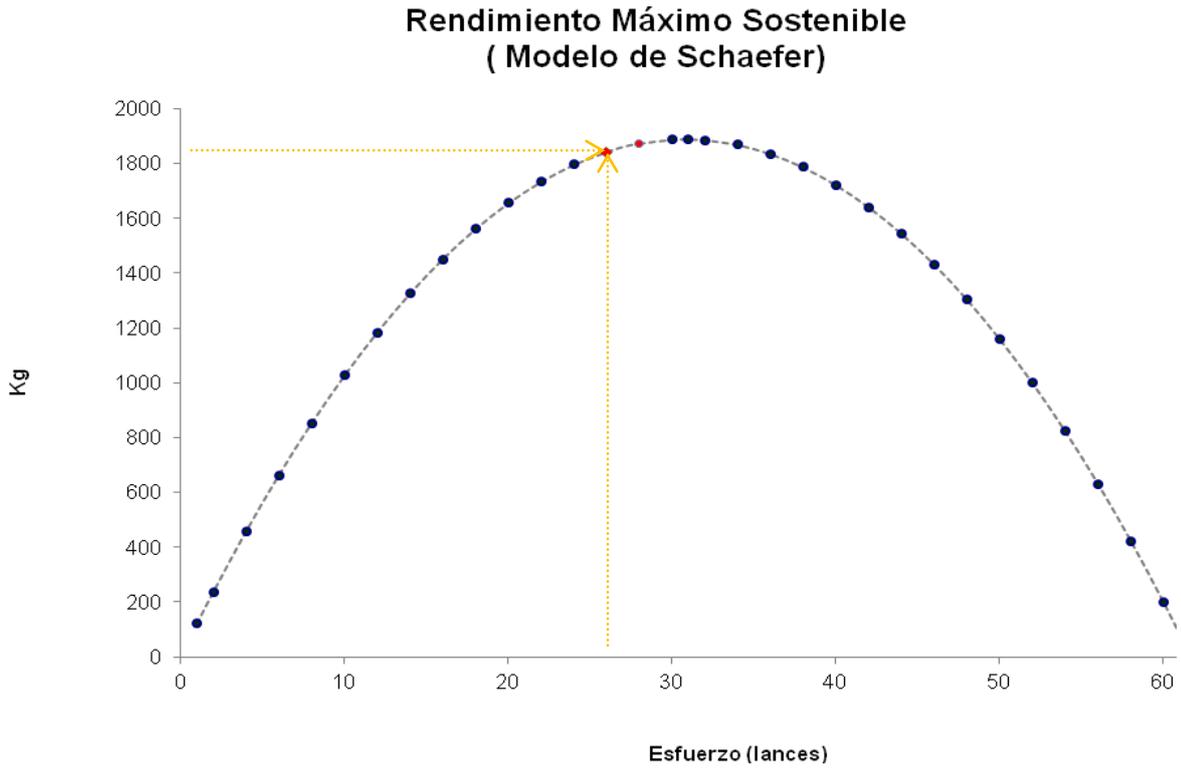


Figura19. Rendimiento Máximo Sostenible obtenido a través del modelo de Schaefer.

Para el modelo de Fox se obtuvo un RMS de 1,634 Kg. en ≈ 31 lances (Figura 20).

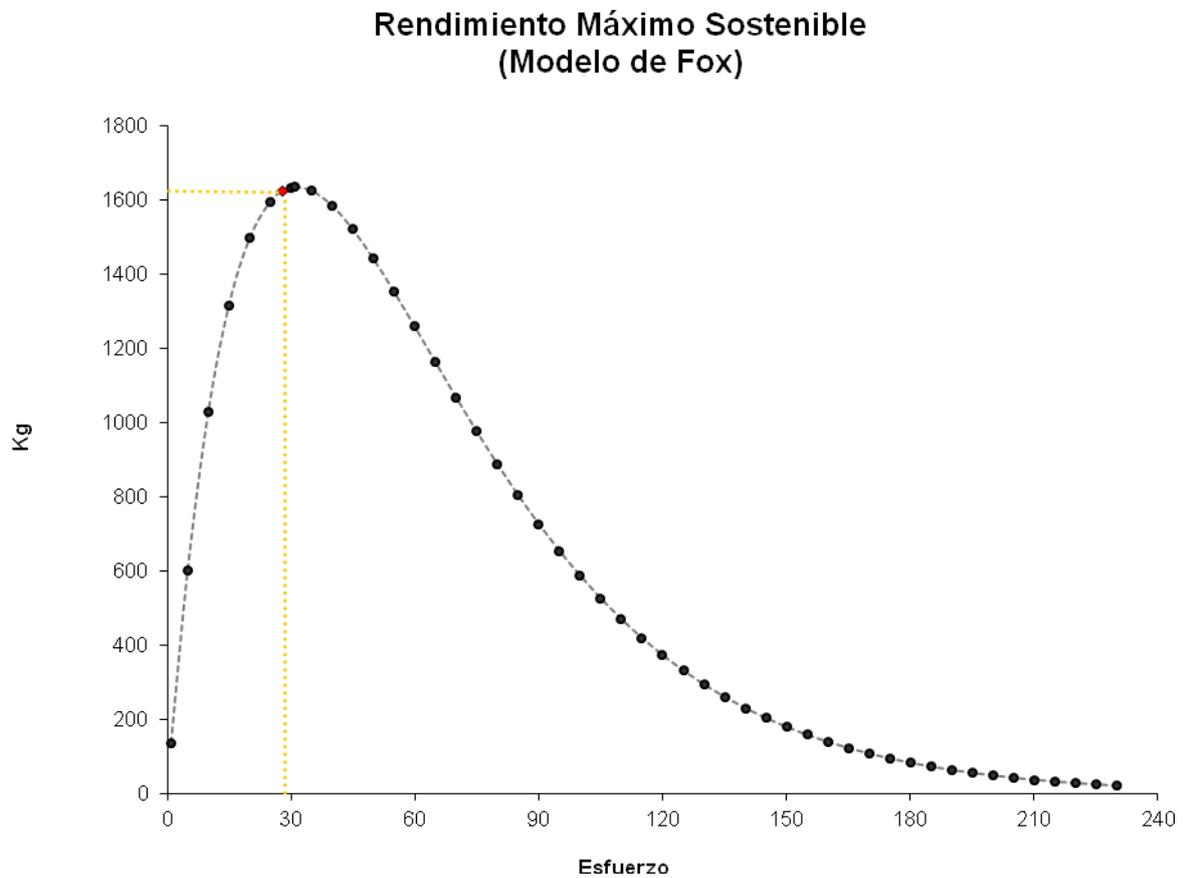


Figura 20. Rendimiento Máximo Sostenible obtenido a través del modelo de Fox.

Por norma se debe considerar un 10% menos del esfuerzo pesquero obtenido. Para el RMS estimado por el Modelo de Schaefer resulta un esfuerzo de ≈ 28 lances, equivalente a una captura de 1,873 kg y para el Modelo de Fox un esfuerzo de ≈ 28 lances, equivalente a una captura de 1,624 kg, ambos por semana.

DISCUSIÓN

Los organismos capturados de *Oreochromis niloticus* dentro de la zona lacustre de Xochimilco, mostraron una distribución de frecuencia de tallas normal, en donde casi el 70% de la población estuvo dentro de un rango de 160 a 210 mm. La moda de los datos se ubicó en el rango de 190-200 mm. Si se comparan estos resultados con las tallas mínimas de captura (TMC) para otros embalses, Zimapán, Hgo., 295 mm (Lt) (NOM-028-PESC-2000), Adolfo L. Mateos (Infiernillo) Mich., 220 mm (Lt), (NOM-027-PESC-2000; Instituto Nacional de la Pesca, 1996) y/o las tallas comerciales (aquellas de mayor aceptación en el mercado <250 mm) se encontraría que el recurso del sistema lacustre de Xochimilco no alcanzaría un buen rendimiento dada la distribución de tallas, el promedio y/o la moda.

Esta situación se debe a diferentes factores, como son selectividad de los artes de pesca (eficiencia, luz de malla y eficacia) (Sparre y Venema, 2007), sobrepoblación (Macintosh y Little, 1995), disponibilidad de recursos dentro del sistema (Fréchette y Gagnon, 1996), capacidad de carga y frecuencia de captura en determinados sitios (Amezcuca, 2008).

Algunos de estos factores se reflejaron durante el transcurso de las 25 semanas de captura. Uno de ellos fue la talla promedio, que disminuyó en 40 mm y el peso en 70 gr aproximadamente. Esta relación inversa de la talla se debe probablemente a la eficacia de los artes de pesca y su luz de malla, así como a la habilidad evasiva de los organismos de menor talla, debido a que en las primeras semanas de captura se colectaron los organismos más grandes y por lo tanto los más pesados (Sparre y Venema, 2007). Esto se refiere a que es más factible que un organismo de talla menor pueda escapar del engalle en la red, al estar posiblemente saturada con organismos más grandes o que estos últimos a través de la presión ejercida sobre la red propicien de manera accidental la liberación de organismos más pequeños. En la semana 15 fue donde se presentó la mayor desviación estándar y el promedio más bajo en talla y por consecuencia en peso, resultado de que en esa semana únicamente laboró un grupo de pescadores y el esfuerzo fue menor.

En el promedio de las tallas, se encontró que las más elevadas se obtuvieron en canal Principal (Turístico) y Xaltocán ambos correspondientes a la zona C, Infiernito, zona B y Nacional, zona D, todos con una CPUE baja. A pesar de pertenecer a diferentes zonas, estos canales se encuentran muy cerca o se conectan entre sí.

Canal Nacional es el canal que une la zona D con el resto de la zona lacustre y se conecta con Infiernito (zona B) a través del canal de Cuemanco. El canal Turístico y la laguna de Xaltocan, ambos de la zona C, se encuentran conectados por un ramal de tres canales de poca longitud. Las tallas elevadas y la cercanía de los canales podrían sugerir que se refiere a zonas de reproducción a pesar de que éstas no concuerden con la zonificación establecida por Conteras (2006). Considerando las tallas, dichos canales posiblemente presenten características similares y favorables para el crecimiento como podría ser espacio, fuentes de alimentación, buena oxigenación o poca profundidad y sustratos blandos favorables para la reproducción.

Las tallas promedio más bajas por canal se obtuvieron en Chicoco, Laguna Tlilac y Guerolodo que pertenecen a la zona A, y laguna Asunción a la zona B. Cabe mencionar que Chicoco y Asunción obtuvieron la mejor CPUE dentro de toda la zona lacustre. Ninguno de estos canales se conectan y aparentemente la única relación que guardan es que pertenecen a una misma zona y dos presentan las características de laguna. La presencia de organismos de tallas bajas y las altas densidades reflejan zonas de reclutamiento y posiblemente las características que presentan estos canales, favorezcan sitios de protección para organismos pequeños que como se sabe se agrupan en altas densidades como mecanismo de defensa (Ceballos, 2009). Por otro lado, la presencia de organismos de tallas pequeñas se llega a dar cuando la pesca es muy intensa (FAO, 1999).

El método de las artes de pesca y su eficiencia se reflejó en el promedio de la captura semanal, misma que tuvo una desviación estándar alta, tanto en organismos como en kilogramos. En las semanas 11, 12 y 13 se obtuvieron los valores más altos; estas semanas corresponden al mes de Mayo en la zona B, misma zona donde el arte de pesca que presenta la modificación tuvo una mayor frecuencia de operación. Se considera que en los meses de marzo, abril y mayo se lleva a cabo la mayor cantidad de eventos reproductivos para estos organismos como sucede en otros cuerpos de agua como Patzcuaro, Mich., Aguamilpa, Nay., Infiernillo, Mich., Cuitzeo, Mich., Chapala, Jal. y Zimapan, Hgo (Instituto Nacional de la Pesca, 1996).

La temporada reproductiva influye de manera directa en la captura debido a que los organismos se agrupan en mayores densidades en zonas de reproducción (FAO, 2005). Para las semanas 17 a 21 se observa una constante en la captura, ésta corresponde a las zonas A y B en el mes de julio, mes que posiblemente sea de reclutamiento como sucede en otros cuerpos de agua continentales (Jiménez *et al*, 1997).

Si bien el total de la captura en siete meses fue cerca de 29 toneladas se estimaría para un ciclo anual un aproximado de 50 toneladas para el sistema lacustre de Xochimilco. Esta captura resulta estar muy por debajo de las reportadas para otros sistemas como el lago Cuitzeo con 786 ton (1991), Zimapán con 320 tons (2007) y Pátzcuaro con 166 tons anuales (1991; Instituto Nacional de la Pesca, 1996). Cabe mencionar que la captura está determinada por varios factores como la capacidad natural de carga del sistema, superficie de espejo de agua, esfuerzo de captura, biotecnología, lineamientos, entre otros. En este sentido es necesario estimar la relación costo-beneficio que existe entre el esfuerzo y la captura para poder establecer, regular, instrumentar, tecnificar y/o administrar métodos que promuevan una pesquería rentable.

Debido a la alta desviación en el esfuerzo y captura semanal, en la CPUE por semana se reflejó una desviación similar. El valor más alto de la CPUE se obtuvo en la semana 15 (6-10 Junio), posiblemente porque únicamente trabajó un grupo de pescadores (Michmani), y aunque la captura no fue la más elevada, el esfuerzo sí fue uno de los más bajos, lo cual refleja la eficiencia de las artes y estrategias de pesca. Para las semanas en las que se obtuvo la mayor captura (11, 12 y 13), la CPUE no fue de las mejores debido al elevado esfuerzo que se realizó. Por otro lado, en las semanas 17 a 23 la captura y el esfuerzo son constantes y esto se refleja en la CPUE. Solo se puede considerar a la semana 24 fuera de esta tendencia debido a que el esfuerzo fue menor; esto posiblemente se deba a la zona de captura que corresponde a la zona A en la cual seguramente el recurso fue más abundante. Asimismo, se podría considerar a las semanas 12 a 17 como las semanas en las que se obtuvo la mejor CPUE, mismas que corresponden a los meses de Mayo-Junio.

A través de la CPUE se estimó la abundancia por canal, siendo Chicoco el canal que presentó la mayor abundancia pero con uno de los promedios de talla más bajos. Esto se puede deber a varias razones: la primera puede ser que es un canal con una geomorfología muy accesible, la cual facilitó el uso de las artes de pesca, por lo tanto no era necesario realizar demasiados lances para obtener una buena captura. Chicoco se encuentra dentro de la zona A, zona caracterizada por la ausencia de suelos urbanizados, capturas elevadas y en donde posiblemente el recurso sea más abundante. Otro factor que pudo contribuir a una mayor CPUE en este canal es que está rodeado por canales que por sus dimensiones son principales como Apampilco, Trancatitla y la Virgen. Esto podría estar influyendo de manera indirecta, ya sea en que los organismos usen este canal (Chicoco) como zona de refugio, reproducción o vía de traslado hacia otros canales mayores, o que estos canales influyan para generar sitios con posibilidades de una mayor

abundancia de organismos, ya sea en el aporte de nutrimentos, oxigenación o algún otro factor biológico. Dicha abundancia se ve reflejada en la existencia de tallas pequeñas ya que a pesar de existir disponibilidad de alimento el espacio se ve afectado y este influye directamente en el crecimiento.

San Diego, Laguna de Asunción y Laguna de la Virgen fueron las localidades que obtuvieron, después de Chicoco, la mayor CPUE en el orden mencionado. Las primeras dos pertenecen a la zona B, y la Laguna de la Virgen a la zona A, misma que Chicoco. Es de destacar que son lagunas con características particulares y diferentes a la de los canales tanto por dimensiones como por la dinámica hídrica y geomorfología. Se podría considerar a estas lagunas como zonas en donde los recursos como el alimento son abundantes lo que propicia una mayor densidad de organismos que a su vez respondería a la elevada CPUE o referirnos a posibles zonas de crecimiento ya que los organismos capturados presentan tallas que oscilan entre 16 y 18 cm, una talla promedio de toda la zona lacustre.

Canal Nacional presentó la menor CPUE y uno de los promedios de talla más elevados. Esto concuerda con la relación que existe entre la densidad y el crecimiento; en este caso, a menor densidad reflejada en la CPUE, las tallas de los organismos son mayores. Otro factor que influye directamente en la CPUE es la geomorfología del canal; en tamaño, Canal Nacional es mayor que Chicoco, así mismo, la morfología del fondo también puede contribuir para que los organismos tengan refugios para evadir las redes. Canal Nacional se encuentra en la zona D, zona donde se practica la ganadería, turismo y agricultura tradicional; además de que la comunicación con las demás zonas está restringida a un sólo canal. Esta característica pudo haber influido en la frecuencia de pesca y por esa razón se obtuvo una CPUE baja.

Otros canales que presentaron una CPUE baja, mostraron un promedio de talla de captura (180 a 210 mm), por encima de la talla promedio de toda la zona lacustre; esto confirma el hecho de que a menor abundancia, mayor talla. Estos canales también pueden ser posibles zonas de reproducción en donde los organismos colectados son organismos adultos. Las fechas de captura para estos canales fueron en los meses de Febrero, Marzo y Julio considerándose Marzo, como época de reproducción.

Como se describió anteriormente hay canales en los cuales la rentabilidad resulta viable, sin embargo, existen otros en los que ésta se ve afectada de manera considerable, resultado de las artes de pesca, temporada o zona de pesca. La unificación de las artes de pesca, la misma frecuencia de visita y la planeación para las temporadas de pesca que sea representativa para todos los sitios podrían minimizar estas diferencias, si se

considera Xochimilco como un sistema homogéneo, de lo contrario las tendencias permanecerían igual.

Considerando que no existen diferencias significativas entre zonas se puede apreciar cierta tendencia en cada una, esta se genera por diferentes factores como son el uso de suelo, el flujo y recambio hídrico, la intensidad y temporada de pesca, así como el número de sitios de pesca. Para la zona A hubo un total de nueve sitios de captura, para la zona B fueron siete, para la zona C corresponden cuatro y para la zona D tres, para todas las zonas están incluidos los canales y lagunas.

La diferencia que hay entre la incidencia y el número de sitios de captura entre zonas son factores importantes que influyen en la captura, sin embargo, esta diferencia no modifica la CPUE. Esto significa que si la zona A presenta nueve puntos de pesca, debería tener una mayor captura de organismos, pero esto implicaría un mayor esfuerzo, lo que resulta en una CPUE promedio. Factores como alimento, espacio o zonas de reproducción determinan o promueven una mayor abundancia de organismos para determinadas zonas, lo que se refleja en un menor esfuerzo para obtener una captura elevada, resultando en una CPUE mayor y por consecuencia una mayor rentabilidad.

La zona B fue la de mayor abundancia medida a través de la CPUE; esta zona se caracteriza por ser de transición entre el cultivo en chinampa y los asentamientos urbanos de la zona C. Dichas características han generado sitios con posibilidades de promover mayores densidades, posiblemente por el aporte de alimentos que se tienen por los desechos urbanos de la zona C y el tipo de impacto y calidad de agua resultado de las actividades agrícolas que se realizan y caracterizan a la zona A.

La zona C presentó la segunda mayor CPUE seguida de la Zona A y Zona D. La zona D es una zona aislada con presencia de ganadería, turismo y cultivos tradicionales. En esta se obtuvo la menor CPUE y también fue la de menor número puntos de captura, sin embargo, la CPUE no difirió mucho de la zona A, la cual tuvo el mayor número de puntos. Esto refleja el hecho de que el número de puntos de captura no influye en la CPUE. La baja densidad medida a través de la CPUE, se puede atribuir a la influencia que tienen las actividades antropogénicas en un sistema de dimensiones pequeñas y que se encuentra aislado.

En relación al promedio de las tallas por zona, el mayor se obtuvo en la zona C con un promedio de 204 mm, estando por encima de la talla mínima de captura recomendada para otros embalses como Chapala (190 mm), Cuitzeo (180 mm) y Pátzcuaro (160 mm; Instituto Nacional de la Pesca, 1996). La zona C se caracteriza por la presencia de turismo e invernaderos. Podría considerarse que los desechos que generan el turismo y

los invernaderos influyen directamente en el crecimiento de los organismos a manera de alimento, o de forma indirecta modificando la calidad de agua a través de fertilizantes, situación que promueve su crecimiento (FAO, 1997). Por otro lado, al ser una zona de turismo, presenta un mayor grado de disturbio o perturbación lo que provoca una menor presencia de organismos larvarios a juveniles por el estrés que esto genera.

La zona D obtuvo el segundo mayor promedio de talla, así como la mayor desviación estándar de la misma, considerándose resultado de la poca conexión que tiene a través de un solo canal con el resto de la zona lacustre, lo que le confiere cierta independencia.

El menor promedio de talla fue el que se obtuvo en la zona A, la cual se caracteriza por la poca presencia de actividades humanas así como los cultivos tradicionales. Estas características pueden propiciar sitios de reproducción, lo cual se refleja en el promedio de talla tan bajo y una abundancia considerable medida a través de la CPUE ya que como se mencionó es común que los organismos de tallas pequeñas se agrupen como mecanismo de defensa.

Con base en lo anterior, se podrían considerar canales y/o zonas susceptibles de ser prioritarias para su explotación en donde la demanda del esfuerzo sea factible para obtener un costo-beneficio viable. Asimismo, estas mismas zonas se podrían emplear para diversos objetivos como el control y/o disminución de la población, zonas de veda y recuperación de la población o zonas de reintroducción.

En relación a los parámetros de crecimiento se obtuvieron seis cohortes en el mes de abril a través del modelo de Batthacharya; este mes corresponde a la temporada de calor dentro del sistema lacustre de Xochimilco y un mes reportado para otros embalses con una alta actividad reproductiva (Instituto Nacional de la Pesca, 1996). Con base en esto y bajo los supuestos de dicho modelo se determinaron seis eventos reproductivos para la zona lacustre de Xochimilco. Esto se refuerza con el conocimiento de que la tilapia presenta una reproducción del tipo asincrónico, reportándose hasta 10 eventos reproductivos al año en sistemas donde las estacionalidades no son tan marcadas y las temperaturas son óptimas (Morales, op. Cit; Bardach *et al*, op. Cit.).

La talla media de la primera cohorte fue de 78 mm considerada para una edad aproximada de dos meses; de acuerdo a estudios dentro de granjas de cultivo, los organismos de dos meses deben de presentar tallas de 70-100 mm (Instituto Nacional de la Pesca, 1996). Es indiscutible que en las granjas de cultivo, el crecimiento es de forma más acelerada. Se considera a los primeros meses los más importantes en cuanto al crecimiento, ya que es en donde se da a una mayor velocidad. Este crecimiento está

determinado por diferentes factores y su interacción, como son: espacio, alimento, temperatura y oxigenación entre otros, lo que significa que a pesar de que en los primeros meses se da el mayor crecimiento, si las condiciones no son las adecuadas, el crecimiento, así como su velocidad (k), se verán afectados. Asimismo, al ser un organismo asincrónico y con reproducción iterópara resulta complicado determinar de manera exacta cada evento reproductivo.

Cabe mencionar que k es la tasa de crecimiento que presentan los organismos y mientras más elevada sea, más pronto obtendrán la longitud máxima L^∞ . Este valor está determinado por diferentes factores como la edad del pez, la disponibilidad de alimento y la temporada. La k más elevada se obtiene en el primer año de edad y en meses donde la disponibilidad de alimento es mayor y esta se verá modificada en el transcurso de la vida de los organismos hasta llegar a un valor mínimo cercano a 0. En el presente estudio la k obtenida por los diferentes modelos concuerda con la reportada por Meza et al (1998) en la presa Gustavo D. Ordaz con 0.215 y por Díaz (1985) en la presa El Bosque con 0.24. Sin embargo, se han reportado valores en diferentes embalses que van desde 0.577 (lago Kinneret, Israel) a 0.111 (Adolfo L. Mateos, Mich.).

En relación a la L^∞ obtenida, es similar a lo reportado por Blanco (1990) en la presa Vicente Guerrero, Tamps. (374 mm) y por Arellano y Hdez (2002) en el lago de Chapala, Jal. (390 mm; Instituto Nacional de la Pesca, 1996). Banda *et al* (1993) reportó un valor máximo de L^∞ de 626 mm en la presa Falcón, Tamps. y el valor mínimo reportado ha sido de 257 mm por Díaz (1985) en la presa El Bosque. Esta longitud teórica varía de acuerdo al sistema, sin embargo, proyecta la probabilidad y capacidad de hasta donde puede tener el mismo, para mantener y promover el crecimiento de los organismos basado en una muestra real y modelos comprobados. Se estima que los organismos alcancen esta longitud teórica en aproximadamente ocho años (Jiménez, 1999), tiempo que en una pesquería llega a resultar poco probable por la presión de pesca, aunado a los factores naturales como la mortalidad natural y la depredación.

Al graficar las curvas de crecimiento obtenidas a partir de la ecuación de crecimiento de L. Von Bertalanfy, con la obtenida de los datos muestreados en campo, se observa una similitud que confirma la confiabilidad de los modelos y sus resultados en los datos presentados ya que estas curvas son muy similares. Por lo tanto, la evaluación del crecimiento se puede considerar correcta o cercana a la realidad.

Retomando el modelo de Bhattacharya, que bajo su supuesto nos dice que la estructura de tallas de los peces refleja el comportamiento de todas las cohortes durante un año o el de una cohorte toda la vida, implica que los organismos al cabo de un año

alcanzarán una talla aproximada de 280 mm contemplando que la k fuese constante, situación que resulta improbable. Conociendo los parámetros de crecimiento obtenidos a partir del análisis de muestras reales del sistema lacustre, se tiene un sustento de la capacidad del sistema para poder albergar, mantener y promover determinados organismos con características específicas y en ese sentido poder generar estrategias y/o aplicar modelos de captura, para poder mantener una pesquería rentable y saludable.

En este sentido y aplicando modelos de producción excedentaria se obtuvo que la tendencia del rendimiento cumplió con los supuestos de los modelos de Schaefer y Fox, los cuales señalan que a mayor esfuerzo menor captura, implicando para el modelo de Schaefer una aniquilación del recurso para determinada cantidad de esfuerzo y para el de Fox una captura mínima independientemente del esfuerzo. Sin embargo, fue el modelo de Fox el que más se ajustó a los datos; esto implicaría que los organismos se encuentran distribuidos de manera azarosa y no gregaria, implicando determinada homogeneidad (Sparre y Venema, 1997).

El RMS se obtuvo de forma semanal y este fue de aproximadamente 2 toneladas (1,873 kg) en 28 lances para el modelo de Schaefer; para el de Fox fue de poco más de 1½ tonelada (1,624 kg), también en 28 lances. Si se consideran 52 semanas en un año para el modelo de Schaefer sería una producción de casi 100 toneladas al año (97.396 t), y cerca de 85 toneladas para el modelo de Fox (84.448 t), ambos con un esfuerzo de 1,456 lances. Este rendimiento está muy por debajo de pesquerías extensivas formales de tilapia como lo es la Presa Infiernillo, en donde el rendimiento que se obtuvo a partir de los modelos de Schaefer y Fox en 1999 fue de 22,300 y 16,864 toneladas con un esfuerzo de 19,909 y 16,082 redes, respectivamente. Otros sistemas en los que se practica la pesca extensiva de *Oreochromis* sp. es en el lago de Cuitzeo en donde se reporta una producción anual de 786 toneladas en el año 1991; para el lago de Pátzcuaro, una producción de 166 toneladas en 1991; y para Zimapán Hgo., una producción de 320 toneladas en 2007 (Instituto Nacional de la Pesca, 1996).

Si bien el RMS de Xochimilco se encuentra lejos de otros rendimientos, esto no implica que el sistema no pueda alcanzar rendimientos más altos. Cabe mencionar que el RMS es el equilibrio del esfuerzo de captura con la capacidad de renovación del recurso en el sistema, por lo tanto estará influenciado por diferentes factores como el tamaño o área inundable del sistema, la presión de pesca (número de pescadores, redes, embarcaciones, jornadas de pesca, etc.), temporada y zonas de pesca. No se puede dejar a un lado la cuestión social que influye de manera directa en una práctica buena y

responsable de la administración pesquera, lo que influye y se refleja directamente en la sustentabilidad del recurso.

La calidad y cantidad de los datos usados son fundamentales para la confiabilidad de los resultados y parte importante para realizar un estudio de pesquerías. Para el presente estudio la calidad de los datos es confiable, por lo tanto, el resultado se considera apegado a la realidad sin dejar a un lado que este siempre será determinístico y dinámico, además de representar un primer paso de cómo es que el sistema presuntamente puede funcionar bajo un enfoque pesquero.

Asimismo, se contribuye con datos suficientes para crear una base de información, desde una perspectiva pesquera para la zona lacustre de Xochimilco y confiable para poder desarrollar medidas de administración del recurso y así generar no sólo un beneficio social sustentable (ingresos alimenticios, económicos, desarrollo local, etc), sino también un beneficio ambiental y/o ecológico (recuperación de especies endémicas, disminución en la eutrofización del sistema, conservación de chinampas, disminución en mortandad masiva, etc.)

Si bien los resultados que se obtuvieron en el presente estudio no alcanzan cifras tan elevadas como en otras pesquerías, no significa que no se puedan alcanzar y que el sistema no sea rentable; se debe considerar que el número de embarcaciones, redes y pescadores (esfuerzo) es muy bajo en relación a pesquerías formales. En este sentido, el sistema cuenta con las características necesarias y suficientes para considerarse rentable, de esta forma un manejo responsable generaría beneficios mas allá del bienestar local. Por lo anterior, es necesario crear un plan de manejo integral en donde se vea involucrado el sector social, gobierno e instituciones de interés, fincando responsabilidades propias y compartidas, así como alcances de las atribuciones de cada uno de los diferentes sectores –Manejo Integral-. Establecer marcos normativos y operativos, generar bases de información, registros de captura y mantener un monitoreo constante del recurso para conocer su dinámica y poder adecuar la cantidad de esfuerzo y zonas de captura para mantener una pesquería rentable, sustentable y saludable.

CONCLUSIONES

Xochimilco se puede considerar como un área de producción extensiva de peces, con características y potencial suficiente para un proyecto de pesquería sustentable; sin embargo, la sobrepoblación y el manejo inadecuado afectan directamente a su producción.

La distribución del recurso pesquero se considera homogénea, no obstante, considerando los factores como talla y CPUE, existen zonas con características propicias para reproducción (zona A), reclutamiento y/o crecimiento (zona B).

Para mantener una pesquería sustentable dentro de la zona lacustre de Xochimilco, no se debe rebasar una captura de 1,624 kg por semana, considerando para ésta artes de pesca alternados con una luz de malla de 3 $\frac{1}{4}$ (8.2 cm); 2 $\frac{3}{4}$ (6.98 cm) y 2 $\frac{1}{2}$ (6.3 cm) pulgadas.

RECOMENDACIONES

- » Crear un programa de manejo donde se establezcan TMC, RMS, temporadas y zonas de pesca, así como el registro y ordenación de los actores involucrados.
- » Considerando la dinámica del recurso pesquero (ciclos reproductivos y stock) y las presiones a las que se encuentra sujeto, tales como factores naturales (mortalidad, cambio climático, variación en el volumen de agua) y actividades antropogénicas (mortalidad por pesca, calidad de agua, turismo), se deben realizar estudios de los ciclos anuales de reproducción para conocer la tendencia del recurso y del sistema, y de ser necesario, realizar las adecuaciones pertinentes para poder tener una actividad sustentable.
- » La adecuación de los métodos de captura a las características propias del sistema y especie objetivo, promovería una pesca más eficiente, por lo que el esfuerzo disminuiría para alcanzar el RMS calculado de 1,624 kg por semana.
- » Se deberá establecer una captura mínima y cercana al RMS, con el fin de evitar un crecimiento desordenado de la población.

- » Realizar un estudio de mercado a diferentes escalas y sectores para evaluar las áreas de oportunidad e influencia del recurso pesquero de la zona lacustre de Xochimilco.

Anexo I

ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Chicoco Cuemanco El Bordo Guerolodo Japón La Virgen Paso del Águila Tlilac Trancatitla	Apampilco Apatlaco Asunción Infiernito La Santísima San Diego Texhuilo	Caltongo Principal (Turístico) Santa Cruz Xaltocan	Amelaco El Toro Nacional

Referencias:

- ° Aguilera, H. P. y P. Noriega. 1986. La tilapia y su cultivo. Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero. México 59 p.
- ° Aguirre-Muñoz, A., R. Mendoza-Alfaro, H. Arredondo, L. Arriaga, E. Campos, S. Contreras-Bladeras, M. Elías, F. Espinosa, I. Fernández, L. Galaviz, F. García, D. Lazcano, M. Martínez, M. Meave, R. Medellín, E. Naranjo, M. Olivera, M. Pérez, G. Rodríguez, G. Salgado, A. Samaniego, E. Suarez, H. Vibrans, J. Zertuche. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 277-318.
- ° Ahmed, M., K. Kuperan Viswanathan y R.A. Valmonte-Santos. 2004, 2020 Focus Brief, num. 11. IFPRI, Whashington, DC.
- ° Amezcua, M. F., 2008. Estudio acuícola, diagnóstico socioeconómico, elaboración de plan de manejo y determinación de capacidad de carga para la acuicultura (incluyendo la formación y operación del comité de manejo) de la presa La Lajilla (Ciudad Valles, San Luid Potosí). Informe de Investigación, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias de Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán.
- ° Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. 2005. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, CONAPESCA. 2005.
- ° Arias-Arias, P. (ed.), 1988. Artes y métodos de pesca en aguas continentales de América Latina. COPESCAL Doc.ocas., (4): 178 p.
- ° Arredondo, F. J. 1975. Algunos aspectos sobre la taxonomía de la Tilapia. *Piscis* 1(2):24-28 pp.

- ° Arredondo, F. J. y A. Guzmán. 1986. An. Inst. Biol. Universidad Autónoma de México, Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichilidae) introducidas en México, Serie Zoología. 555-572. 56(2).
- ° Arredondo, F. J. y Tejeda M. 1988. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la tribu Tilapiini, (Pisces: Cichlidae), introducidas en México. 16(1): 59-68 pp.
- ° Balarin, J. D. y Halton, J. P. 1979. Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. Unit of Aquatic Pathology, University of Stirling, Stirling, Scotland. 174 p.
- ° Bardach, J.E., J.H. Ryther y W.O. McLarney. 1972. Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. New York, Wiley Interscience. 868 p.
- ° Baroiller, J. y B. Jalabert. 1989. Contribution of research in reproductive physiology of the culture of Tilapia. Aquat. Living Res., 2: 105-116 pp.
- ° Castañeda-Lomas N. y G. Rodríguez-Domínguez, 2003. La Importancia de la Dimensión Social en la Pesca Ribereña, pp 65 y 66. II Foro Científico de Pesca Ribereña. SAGARPA, Instituto Nacional de la Pesca y Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo. Playa Ventanas, Manzanillo, Colima.
- ° Ceballos, Gerardo. 2009. Fauna Mexicana, esplendor de la naturaleza. América Natural-Floresta Ediciones, Primera Edición. 154 pp.
- ° Cifuentes, L. J., P. Torres y M. Frías. 1995. El Océano y sus recursos. Vol. IX. La Pesca. Fondo de Cultura Económica, segunda edición 1995.
- ° CONABIO. 2008. Capital Natural de México. Volumen 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.

- ° Contreras-Balderas, S. 1999. Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions, en R. Claudi y J.H. Leach (eds.), Nonindigenous freshwater organisms: Vectors, biology, and impacts. Lewis Publishers, Boca Ratón, pp. 35-54.
- ° Contreras-Balderas, S. 2008. Especies de peces introducidas en aguas continentales de México. Catálogo manuscrito. Bases de datos snib-Conabio, proyecto AE002, México.
- ° Contreras, R. A. 2006. Distribución potencial del *Ambystoma mexicanum* en los canales de la zona chinampera de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México 45 p.
- ° Del Monte-Luna, P., G. Guzmán-Jiménez, R. Moncayo-Estrada, S. Sánchez-González y A. Ayala-Cortés. 2001. Máximo rendimiento sostenible y esfuerzo óptimo de pesca del huachinango (*Lutjanus peru*) en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15.
- ° DOF. 2011. Ley General de Vida Silvestre. Última Reforma Publicada 16 de Noviembre de 2011.
- ° FAO. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO Riego y Drenaje No. 55. Roma, FAO.
- ° FAO. 1999. La ordenación pesquera. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. No. 4. Dirección de Recursos Pesqueros y Dirección de Políticas y Planificación Pesqueras. Roma, FAO. 81 pp.
- ° FAO. 2005. Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación. Documento Técnico de Pesca No. 424. División de Recursos Pesqueros, Departamento de pesca. Roma, FAO.
- ° Fitzsimmons, K. 2000. Tilapia aquaculture in Mexico. B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol. 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States 171-183 pp.

- ° Fréchette, M., P. Bergeron & P. Gagnon. 1996. On the use self-thinning relationships in stocking experiments. *Aquaculture*. 145:91-112.
- ° Froese, R. y D. Pauly, eds., 2004. Fishbase. International Center for Living Aquatic Resources (ICLARM), 21 Aug 2004, Manila, Philippines, Version: Fishbase2000, database, <http://www.fishbase.org>.
- ° Froese, R. y D. Pauly, eds. 2007. FishBase. World Wide Web electronic publication, available at: <http://www.fishbase.org> version (02/2007).
- ° Gaspar-Dillanes Ma. Teresa, P. T. Díaz-Rubín, F. Villegas, E. Romero, J.I. Fernández y A. Liedo. 2003. La Pesca Ribereña en Embalses del Noroeste de México, pp 71 y 72. II Foro Científico de Pesca Ribereña. SAGARPA, Instituto Nacional de la Pesca y Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo. Playa Ventanas, Manzanillo, Colima.
- ° González, J., R. Ortiz, E. Solórzano, M. Campos, C. Marcano y H. López. 2005. Distribución y caracterización de especies del grupo de Tilapias (*Oreochromis spp.*) y *Petenia (Caquetaia kraussii)* en ecosistemas naturales en la zona occidental de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 23 (4): 447-464 pp.
- ° Instituto Nacional de la Pesca. 1996. Pesquerías Relevantes de México. XXX aniversario del INP. Tomo I y II. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 555 pp.
- ° Lee, G. I., Castro A. J. y Morales D. A. 1976. Posición Taxonómica del género *Tilapia* en México. Memorias Simposio Sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México. INP. Tomo II pp. 437-446 pp.
- ° Liem, K. F. 1974. *Sys. Zool. Evolutionary Strategies and Morphological Innovation: Cichlids Pharyngeal Jaws*, Harvard University, Cambridge, Mass. 425-441 pp.

- ° Macintosh, D.J. y Little, D.C. 1995. Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: N.R. Bromage and R.J. Roberts (Editors). Broodstock Management and Egg and Larval Quality. Blackwell Science, London. p. 277-320.
- ° Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2005. Freshwater fishes of Mexico. University of Chicago Press, Chicago.
- ° Morales, A. 1974. El Cultivo de la Tilapia en México: Datos Biológicos. Instituto Nacional de Pesca. INP/SI:124 México, 52 p.
- ° Morales, A. 1991. La tilapia en México. Biología, Cultivos y Pesquerías. AGT Editor S.A., México D.F. 190 p.
- ° Morales, A. 2003. Biología, Cultivo y Comercialización de la Tilapia. AGT Editor, S.A., México D.F. 203 p.
- ° Naranjo, E.J., R. Dirzo, J. Lopez, J. Rendon-von Osten, A. Reuter y O. Sosa-Nishizaki. 2009. Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. En Capital natural de México. Vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 247-276.
- ° Pimentel, D., L. Lach, R. Zúñiga y D. Morrison. 2000. The economics of biological invasions. Elgar, Cheltenham, RU.
- ° Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka, J. Wightman, C. Simmonds, C. O'Connell, E. Wong, L. Russel, J. Zem, T. Aquino y T. Tsomondo. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. Agriculture, Ecosystems and Environment 84: 1-20. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY 14850-0901, USA.
- ° Pimentel, D., R. Zúñiga y D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. Ecological Economics 52: 273-288.

- ° Pullin, R. S. V., M. L. Palomares, C. V. Casal, M. M. Dey y D. Pauly. 1997. Environmental impacts of Tilapias. In Fitzsimmons, K. ed. Tilapia Aquaculture: Proceedings of the Fourth International symposium on Tilapia in Aquaculture. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca. NY, USA. 808 pp.
- ° Pullin, R.S.V., R. Froese y D. Pauly. 2007. Indicators for the sustainability of aquaculture. p. 53-72 In: T.M Bert (ed), Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht , The Netherlands.
- ° Rothbard, S., E. Solnik, S. Shabath, R. Amado y Llana Grable. 1983. The Agrotechnique of mass Production of Hormonal Sex Inversed all male Tilapia. Paper presented at the First International Simposium on Tilapias in Aquaculture Nazareth, Israel. 8-13 pp.
- ° Salvadores, B.L. 1980. Estudio de la biología y aspectos poblacionales de la tilapia (*Sarotherodon aureus* Steindachner, 1864) (Pisces: Cichlidae) en la presa “Vicente Guerrero”, Gro. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- ° Sánchez, O., M. Herzing, E. Peters, R. Martínez y L. Zambrano (eds.; 2007), Perspectivas sobre la conservación de ecosistemas acuáticos en México, Tercera parte: Conservación y Restauración (pp.145-188), Instituto Nacional de Ecología, México pp 297.
- ° Secretaría de Pesca. 1994. Cultivo de Tilapia. México. 46 p.
- ° Seijo, J. C., 2003. Manejo Responsable de Pesquerías Ribereñas: ¿Cómo Enfrentar Condiciones de Riesgo e Incertidumbre?, pp 1 y 2. II Foro Científico de Pesca Ribereña. SAGARPA, Instituto Nacional de la Pesca y Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo. Playa Ventanas, Manzanillo, Colima.
- ° Shehadeh, Z.H. 1975. Report of FAO./CIFA Symposium on Aquaculture in Africa : Accra, Ghana, 30 September-2 October, 1975. FAO/CIFA Tech Pap. 36 p.

- ° Sparre, P. y S.C. Venema.1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. №. 306.1 Rev. 2: 420 pp.
- ° Trewavas, E. 1966. A preliminary review of fishes of the genus *Tilapia* in the eastward-flowing rivers of Africa, with proposals of two new specific names. *Revue de Zoologie et de Botanique Africaines* 74, 394–424.
- ° Trewavas, E. 1973. On the Cichlid Fishes of the Genus *Pelmatochromis* with Proposal of a New Genus for P. Congicus on the relationships between *Pelmatochromis* and *Tilapia* and Recognition of *Sarotherodon* as a Distinct Genus. *Bull Brit Mus Natur Hist Zool*; 25:1-26 pp
- ° Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*, British Museum Natural History, London. 583 p.
- ° Uchida, R.N. y King, J.E. 1962. Tank culture of Tilapia. U.S. Fish and Wildlife Service Fisheries Bulletin 62, 21–52 pp.
- ° Valiente, R. E. 2006. Efecto de la especies introducidas en Xochimilco para la Rehabilitación del hábitat del Ajolote (*Ambystoma mexicanum*). Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 92 p.
- ° Vié, J.C., C. Hilton-Taylor y S.N. Stuart. 2009. Wildlife in a changing world - An analysis of the 2008 IUCN red list of threatened species. IUCN. Gland, Suiza.
- ° www.ramsar.org
- ° Zambrano, L., y C. Macías-García. 1999. Impact of introduced fish for aquaculture in Mexican freshwater systems, en R. Claudi y J.H. Leach (eds.), Nonindigenous fresh water organisms: Vectors, biology, and impacts. Lewis Publications, Washington, D.C., pp. 113-124.