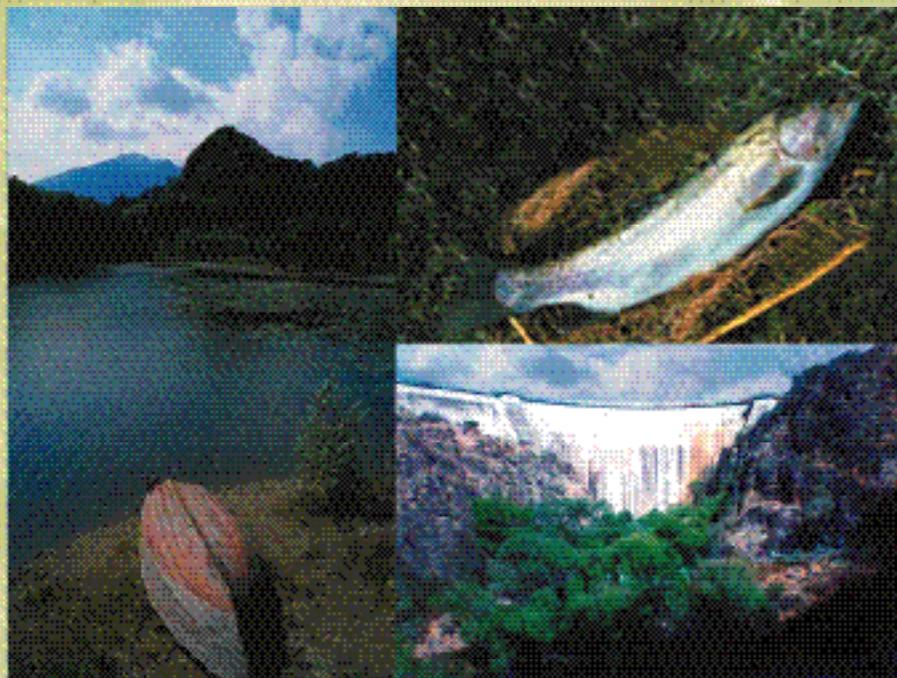


PESQUERÍAS en TRES CUERPOS de AGUAS CONTINENTALES de MÉXICO

INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA











PESQUERÍAS
en
TRES CUERPOS
de
AGUAS CONTINENTALES
de
MÉXICO

COMPILADORES

PABLO ALEJANDRO PÉREZ VELÁZQUEZ
LUCÍA ELIZABETH CRUZ SUÁREZ
ENRIQUE ARTURO BERMÚDEZ RODRÍGUEZ
ESTEBAN CABRERA MANCILLA
ROSA MARÍA GUTIÉRREZ ZAVALA

CORRECCIÓN de ESTILO y EDICIÓN:
Rosa Eugenia Báez Puente

DISEÑO y FORMACIÓN ELECTRÓNICA:
Gustavo Torres Campos
CUIDADO de EDICIÓN:
Carlos O. Cadena

2002— Impreso en México— Printed in Mexico
ISBN-968-800-544-4
INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA
Todos los derechos reservados,
prohibida la reproducción parcial o total,
incluyendo cualquier medio
electrónico o magnético, con fines comerciales.
Esta publicación es de divulgación
científica y para fines de investigación.



DIRECTORIO

ING. JAVIER USABIAGA ARROYO
Secretario de Agricultura,
Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

DR. GUILLERMO COMPEÁN JIMÉNEZ
Director en Jefe del
Instituto Nacional de la Pesca

DR. CARLOS RANGEL DÁVALOS
Director General de Investigación en Acuicultura

M. EN C. IGNACIO MÉNDEZ GÓMEZ-HUMARÁN
Director General de Investigación
y Desarrollo Tecnológico Pesquero

DR. MIGUEL ÁNGEL CISNEROS MATA
Director General de Investigación en
Evaluación y Manejo de Recursos Pesqueros

DR. RAFAEL SOLANA SANSORES
Director General de Investigación en
Procesos para el Desarrollo Sustentable



Í N D I C E

PRESENTACIÓN	13
Guillermo Compeán Jiménez	
AGRADECIMIENTOS	15
INTRODUCCIÓN	19
Lucía Elizabeth Cruz Suárez	
Capítulo I	23
LAS AGUAS EPICONTINENTALES DE MÉXICO Y SUS PESQUERÍAS	
José Luis García Calderón.	
Guadalupe de Lanza Espino y	
Ana Laura Ibáñez Aguirre	
1 Introducción	24
2 Componente morfométrica	29
3 Componente edáfica	33
4 Componente termoclimática	37
5 Uso y manejo de la productividad	38
de los cuerpos de agua en México	
6 Las pesquerías	41
7 Tipificación de cuerpos de agua y pesquerías	47
Literatura citada	50
Capítulo II	57
LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO	
Rosa María Gutiérrez Zavala,	
Esteban Cabrera Mancilla,	
Enrique Arturo Bermúdez Rodríguez y	
Pablo Alejandro Pérez Velázquez	
1 Introducción	58
2 Importancia y problemas asociados	59
3 Antecedentes	61
4 Descripción general	62
4.1 Localización	62
4.2 Hidrología	62
4.3 Clima	65

4.4 Vegetación	65
4.5 Fauna	66
4.6 Actividades productivas	66
4.7 Normatividad	67
5 Producción pesquera y repoblamiento	69
5.1 Organización y esfuerzo pesquero	69
5.2 Relación capturas y repoblamiento	70
6 Resultados	72
6.1 Limnología	74
6.2 Biología pesquera	77
6.3 Tecnología de los sistemas de captura	80
6.4 Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	83
6.5 Estudio socio-económico	83
7 Conclusiones	84
Literatura citada	88
Capítulo III	93
PRESA ATLANGATEPEC, TLAXCALA	
Enrique Arturo Bermúdez Rodríguez, Esteban Cabrera Mancilla, Pablo Alejandro Pérez Velázquez y Rosa María Gutiérrez Zavala	
1 Introducción	94
2 Problemas asociados al embalse	95
3 Antecedentes	95
4 Descripción general	96
4.1 Localización	96
4.2 Hidrología	96
4.3 Clima	99
4.4 Vegetación	100
4.5 Fauna	100
4.6 Sedimentología	101
4.7 Actividades productivas	102
4.8 Normatividad	103
5 Producción pesquera y repoblamiento	103
5.1 Organizaciones y esfuerzo pesquero	103
5.2 Producción pesquera	104
5.3 Repoblamiento	106



6 Resultados	108
6.1 Limnología	109
6.2 Biología pesquera	114
6.3 Tecnología de los sistemas de captura	116
6.4 Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	120
6.5 Estudio socio-económico	121
7 Conclusiones	123
Literatura citada	125
Capítulo IV	129
PRESA DR. BELISARIO DOMÍNGUEZ (LA ANGOSTURA), CHIAPAS	
Pablo Alejandro Pérez Velázquez, Esteban Cabrera Mancilla, Enrique Arturo Bermúdez Rodríguez y Rosa María Gutiérrez Zavala	
1 Introducción	130
2 Importancia y problemas asociados	131
3 Antecedentes	134
4 Descripción general	135
4.1 Localización	135
4.2 Hidrología	137
4.3 Clima	139
4.4 Vegetación	139
4.5 Ictiofauna	140
4.6 Actividades productivas	141
4.7 Normatividad	142
5 Producción pesquera y repoblamiento	143
5.1 Organizaciones y esfuerzo pesquero	143
5.2 Registros oficiales	144
5.3 Repoblamiento	145
6 Resultados	146
6.1 Limnología	147
6.2 Biología pesquera	148
6.3 Tecnología de los sistemas de captura	150
6.4 Estudio socio-económico	152
7 Conclusiones	155
Literatura citada	157
Glosario	161
Autores	166



Las actividades de investigación relacionadas con la actividad pesquera nacional, en especial, aquellas realizadas en los embalses y otros cuerpos de aguas interiores, datan de la década de 1930 e iniciaron en la Estación de Limnología ubicada junto al Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Su desarrollo se dió, principalmente, como respuesta a las necesidades planteadas por el sector pesquero, con la finalidad de colaborar técnicamente en lo relativo a la toma de decisiones en materia de la conservación y administración de los recursos.

Tales actividades, en su inicio, estuvieron exclusivamente vinculadas a los aspectos biológicos de los recursos y, al paso del tiempo, se fortalecieron con la inclusión de los aspectos tecnológicos, tanto de las capturas como para el procesamiento de los productos pesqueros, en un contexto de calidad, incluyendo, en algunas administraciones, aspectos de investigación socioeconómica.

En la actualidad, la información relacionada con el estado que presentan los recursos pesqueros mundiales muestra una evidente tendencia hacia la disminución de las capturas debido a un sinnúmero de factores, como el crecimiento de la capacidad de las operaciones pesqueras comerciales; la demanda comercial y el aumento desmedido del esfuerzo pesquero. Ello se ha traducido en una fuerte presión que rebasa la capacidad de renovación de los recursos pescables y pone en riesgo su sustentabilidad. Otro factor no menos importante y que ha influido de manera notable en esta situación, ha sido la escasa atención que se ha dado a los resultados y recomendaciones producto de las investigaciones científicas y tecnológicas pesqueras.

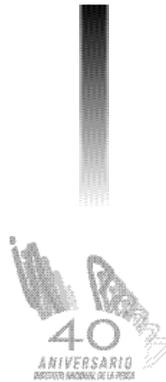
Esta situación reafirma la importancia de la investigación científica y tecnológica pesquera como un sólido soporte para la conservación, aprovechamiento y desarrollo sustentable de los recursos pesqueros.

El Instituto Nacional de la Pesca es la entidad responsable de generar la información científica y tecnológica estratégica que sirve de base y soporte a las opiniones, así como para la elaboración de planes de manejo y dictámenes técnicos, que son elementos de apoyo en la toma de decisiones de la autoridad para ejercer la óptima administración de los recursos en beneficio de los usuarios. La información generada por el Instituto se transmite clara y sencillamente, con la finalidad de coadyuvar a la conservación, manejo y transformación de los recursos pesqueros en un contexto de calidad.

Es evidente que la administración de los recursos está sujeta a un gran número de factores de índole económica, política y social; sin embargo, la disponibilidad de la información científica y técnica es fundamental. Con este documento, *Pesquerías en Tres Cuerpos de Aguas Continentales de México*, la comunidad científica del Instituto Nacional de la Pesca cumple con su función investigadora, la cual debe ser sustento para la toma de decisiones en la conservación, manejo, ordenamiento y usufructo de los recursos pesqueros.

Ciudad de México, septiembre del 2002.

DR. GUILLERMO COMPEÁN JIMÉNEZ
Director en Jefe del Instituto
Nacional de la Pesca



AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las siguientes personas y autoridades por su colaboración, durante la realización de los muestreos así como por la información proporcionada, ya que sin ellas, no habría sido posible la realización de este trabajo.

ESTADO DE HIDALGO (LAGO DE TECOCOMULCO)

Al Biólogo Jorge Valdiviezo Rodríguez, Subdelegado de Pesca de la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en el estado de Hidalgo. Por las facilidades brindadas para la realización de los muestreos y proporcionarnos la información estadística de pesca.

Al Ingeniero Pesquero Enrique López Ibarra, Jefe del Departamento de Administración de Pesquerías de la Subdelegación de Pesca de SAGARPA en el estado de Hidalgo, por su apoyo y colaboración durante los muestreos, además de sus observaciones sobre el tema.

Al Biólogo Isaías Pérez Cautla, del Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, por su valiosa colaboración para la identificación de las diferentes especies de carpa durante los muestreos en el embalse.

Al personal de la Dirección de Pesca del Gobierno del estado de Hidalgo, durante el levantamiento de la encuesta socioeconómica y por su participación durante los muestreos.

Al Biólogo Hugo López Correa, de la Dirección de Pesca del Gobierno del estado, por su apoyo durante los muestreos.

A los pescadores de ambas organizaciones pesqueras de la Laguna de Tecocomulco, que nos permitieron realizar los muestreos a partir de sus capturas y que aún desean conservar y aprovechar este importante embalse natural del estado de Hidalgo.



Al Ingeniero Celso Lazcano Cázares, Subdelegado del Medio Ambiente, y a la Bióloga Elizabeth Cadena Sánchez, Jefa del Departamento de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental de la Delegación Federal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en Hidalgo, por proporcionarnos información bibliográfica del embalse.

Al M. en C. Pedro de Jesús Ovalle Muñoz, de la Universidad Autónoma de Chiapas, por su apoyo en la realización y revisión de la encuesta socioeconómica.

ESTADO DE TLAXCALA (PRESA ATLANGATEPEC)

Al Biólogo José Luis Moreno Gómez, Jefe de la Unidad de Pesca y Acuacultura de la SAGARPA en Tlaxcala, y al personal técnico y administrativo. Así como a los Agrobiólogos José Salvador Hernández Moreno, Marco Antonio Susano Pérez y Benito Hernández Cariño y, al Biólogo Adrián Manuel Cuahquentzi Hernández, por las facilidades brindadas para la realización de los muestreos y por proporcionarnos la información estadística de pesca.

A los pescadores de las cuatro organizaciones pesqueras de la Presa de Atlangatepec: Zacapexco, La Trasquila, San José Atlangatepec y Ozumba, que nos permitieron realizar los muestreos a partir de sus capturas.

Al M. en C. Rogelio Rodríguez Maldonado, profesor e investigador de la Universidad Autónoma de Tlaxcala y a su grupo de alumnos.

A los estudiantes de la carrera de Agrobiología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala: Oscar Nájera Pérez, Rafael Enrique Leal Mendoza y Aldo Fernando Luna Peñaloza.

Al M. en C. Pedro de Jesús Ovalle Muñoz, catedrático e investigador de la Universidad Autónoma de Chiapas, en San Cristóbal de las Casas, por su apoyo en la realización y revisión de la encuesta socioeconómica.

ESTADO DE CHIAPAS (PRESA LA ANGOSTURA)

Al Licenciado Víctor Hugo Martínez González, subdelegado de Pesca de la SAGARPA en Chiapas, y a al personal técnico y administrativo por las facilidades brindadas para la



realización de los muestreos y proporcionarnos la información estadística de pesca.

A los pescadores de las numerosas organizaciones pesqueras de la Presa La Angostura, que nos permitieron realizar los muestreos a partir de sus capturas cotidianas.

Al Biólogo Ramón Alejandro Parrés Córdoba, de la Secretaría de Pesca del Gobierno del Estado de Chiapas, y al personal técnico adscrito a las actividades de pesca y acuicultura de la Región de la Frailesca en Villa Flores, Chiapas.

Al Biólogo Alonso Islas Moreno, anterior jefe del departamento de Acuicultura y Pesquerías de SAGARPA-Chiapas, por su valioso apoyo en el trabajo de campo y asesoría.

Al M. en C. Pedro de Jesús Ovalle Muñoz, catedrático e investigador de la Universidad Autónoma de Chiapas, en San Cristóbal de las Casas, por su apoyo en la realización y revisión de la encuesta socioeconómica.

A todos los directores generales del Instituto Nacional de la Pesca, se expresa un especial reconocimiento por su contribución en las revisiones y sugerencias vertidas a los informes técnicos finales de investigación que integran los capítulos.

A las M. en C. Patricia Toledo Díaz-Rubín y María Teresa Gaspar Dillanes, por su contribución a los proyectos de investigación.

Al Quím. Alejandro Liedo Galindo, por su contribución y apoyo en la elaboración de las bases de datos.

Asimismo, se agradece la colaboración de la Pasante de Biología Martha Ruiz Moraga, por su ayuda en el procesamiento y análisis químico de las muestras de agua del Lago de Tecocomulco y Presa Atlangatepec.

Finalmente, cabe destacar el apoyo brindado por el Instituto Nacional de la Pesca, para elaborar, impulsar y financiar esta obra, así como por el interés de divulgarla en los medios oficiales, académicos y entre el público interesado en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros de los embalses de México.



El más reciente inventario oficial publicado en la Carta Nacional Pesquera {Diario Oficial de la Federación del 28 de agosto del 2000} integra 13,936 cuerpos de agua, los cuales inundan un total de 1,165,051 ha en una distribución muy heterogénea y con gran disparidad en las superficies individuales ya que el 95.8% de los embalses se ubican en un intervalo de 1 a 100 ha, mientras los embalses de mayores dimensiones ocupan el 93.3% de la superficie total. Por otra parte, los estados de Chiapas, Jalisco, Michoacán y Tamaulipas registran más de 499,400 ha, lo que representa cerca del 50% del total nacional.

Estos cuerpos de agua son para la producción de alimento de alto valor nutricional. Tienen actualmente múltiples usos como son la generación de energía eléctrica y el suministro de agua para la agricultura, ganadería, asentamientos humanos y usos industriales. En lo general poseen organismos acuáticos de alto valor nutricional que soportan actividades de pesca comercial y/o pesca deportiva recreativa y/o de acuacultura.

De acuerdo con diversos autores, la fauna acuática de los embalses comprende unas 506 especies nativas e introducidas y, según la Carta Nacional Pesquera, 80 especies son explotadas mediante actividades pesqueras y acuícolas; de estas últimas, el 51% está en su máximo aprovechamiento y sólo un 11% tiene potencial de crecimiento.

A pesar de que México cuenta con una gran cantidad de embalses y que su importancia engloba aspectos económicos, sociales y ambientales, hasta el momento el conocimiento integrado de dichas actividades sigue siendo limitado en cuanto a su potencial e impacto. La pesca comercial y deportiva, así como la acuacultura en los embalses, son importantes alternativas generadoras de empleos para los pobladores de la región. La información sobre estas actividades, en los embalses mexicanos, requiere

ser ampliada y fortalecida para que puedan ser administrados y aprovechados en forma sustentable y no sólo en cuanto a la producción que de ellos se deriva, sino del esfuerzo pesquero aplicado y de las tecnologías de cultivo desarrolladas, así como del tipo de organizaciones sociales que utilizan estos recursos.

El presente trabajo es producto del esfuerzo del Instituto Nacional de la Pesca para contribuir técnicamente en la solución de las problemáticas que se presentan en los embalses. En su elaboración participaron, a invitación expresa, especialistas de instituciones de investigación superior que realizan investigación relacionada con la limnología, ecología y pesquerías en estos cuerpos de agua.

Los estudios de los tres embalses presentados en este libro fueron realizados en el marco del Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006, dentro del subprograma *Descentralización de la Investigación en Embalses y Cuerpos de Aguas Interiores*, que tiene como finalidad la transferencia a los gobiernos de los estados de la investigación científica y tecnológica en materia pesquera y acuícola. Por medio de la capacitación de personal local y la realización, orientación, evaluación y promoción de programas dirigidos al estudio de los recursos pesqueros y acuícolas en aguas continentales que promuevan su aprovechamiento sustentable.

El libro está dividido en cuatro secciones. La primera expone el estado general que guardan las aguas epicontinentales de México, así como un análisis sobre las componentes abióticas que determinan los sistemas acuáticos epicontinentales, y su relación con las pesquerías.

Las otras tres secciones incluyen los resultados y recomendaciones técnicas derivadas de estudios de casos efectuados en un lago natural (Tecocomulco), en un embalse pequeño (Atlangatepec) y en el mayor embalse artificial del país (La Angostura).

Deseamos que con la publicación de esta obra se contribuya a divulgar no sólo la importancia de estos cuerpos de agua, sino a fortalecer su aprovechamiento con propuestas



técnicas dirigidas a quienes toman las decisiones, encaminadas hacia la realización de un manejo racional y sustentable de los recursos acuáticos en beneficio de la sociedad.

Monterrey, Nuevo León, agosto de 2002.

DRA. LUCÍA ELIZABETH CRUZ SUÁREZ
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León





Capítulo I

LAS AGUAS EPICONTINENTALES DE MÉXICO Y SUS PESQUERÍAS



José Luis García-Calderón,
Guadalupe de la Lanza Espino
y
Ana Laura Ibáñez Aguirre



Capítulo I



LAS AGUAS EPICONTINENTALES DE MÉXICO Y SUS PESQUERÍAS

José Luis García Calderón,
Guadalupe de la Lanza Espino
y Ana Laura Ibáñez Aguirre

1. Introducción

La latitud y la altitud son factores de primera importancia que determinan la gran diversidad ambiental de México {García, 1996; Toledo, 1997}. La ubicación del país en la franja latitudinal que va de los 14° 32´ a los 32° 43´ en el trópico y el subtrópico, y las altitudes que alcanzan los 5610 m.s.n.m, condicionan una escala de temperatura con valores extremos entre los -29°C y los 56°C; mientras que, la precipitación abarca entre dos y cuatro órdenes de magnitud, de 22.3 a 5 179 mm, con un promedio de precipitación de 750 mm, los que en una superficie de dos millones de kilómetros cuadrados del país, equivalen a 1.5 billones de metros cúbicos, de los que sólo escurren 410 000 Mm³; mientras que, el 72%, 1.19 billones de metros cúbicos, se pierden por evaporación, percolación y flujo hacia el mar {Athié-Lambarri, 1987}, circunstancia que impone condiciones desde las cálido-húmedas hasta las secas y muy secas (Tabla 1).

Tabla 1

DISTRIBUCIÓN DEL TERRITORIO MEXICANO SEGÚN TIPO DE CLIMA.
FUENTE: INEGI, 1990.



Clima	Superficie (Km ²)	Por ciento
Cálido Húmedo	94 465	4.8
Cálido Subhúmedo	448 660	23.0
Templado	452 003	23.1
Seco	552 700	28.3
Muy Seco	405 300	20.8
TOTAL	1 953 128	100.0

Entre estos grandes extremos se encuentra un territorio ocupado por 320 cuencas hidrográficas, más de 14,000 cuerpos de agua, en su gran mayoría embalses, que inundan más de un millón y medio de hectáreas en una distribución muy irregular de aguas corrientes y lénticas. Y, aunque el país ocupa el 0.39 % de las tierras del planeta sólo recibe el 0.00003 % del agua de escurrimiento y cuenta con menos de 100 sistemas lacustres {Arredondo y Aguilar, 1983}. En un inventario realizado en 1993 y que sigue una categorización modificada de Bernacsek (1984) se puede apreciar la variedad de cuerpos de agua del país (Fig. 1).

Categoría	Número de cuerpos de agua	Superficie (ha)
Grandes >10 000 ha	23	632 530
Medianos 1 001-10 000	95	305 968
Pequeños 101- 1 000	457	146 243
Menores 11- 100	1 589	48 243
Microembalses 1- 10	11 771	30 077

Figura 1

NÚMERO Y SUPERFICIE DE CUERPOS DE AGUA EPICONTINENTALES DE ACUERDO CON SU MAGNITUD.

FUENTE: HERNÁNDEZ *ET AL*, 1993.

Los embalses de diferentes tamaños y usos, construidos no solamente sobre grandes corrientes permanentes, como en los sistemas Lerma-Santiago, Balsas, el Grijalva-Usumacinta o el Bravo, por mencionar algunos, donde se ubican grandes represamientos, sino también sobre cualquier caudal que permita embalsar el agua para satisfacer las necesidades de pequeños poblados tienen propósitos utilitarios como el riego; la generación de energía eléctrica; el control de avenidas; el suministro de agua potable, y otros fines, los que pueden permanecer como únicos, prioritarios o agregados, aunque difícilmente se integran en una estrategia de manejo. Uno de los últimos agregados lo constituye la pesca, actividad que adquiere importancia hasta la segunda mitad del Siglo XX, no obstante que desde la época prehispánica se practicaba en los lagos y ha estado asociada con el desarrollo cultural e histórico del país.

Los embalses construidos en la época prehispánica, junto con otras obras hidráulicas, tenían como propósito el riego y el manejo de caudales. El sistema hidráulico más notable es el desarrollado en la Cuenca de México {García-Calderón y De la Lanza, 2002}, donde se establecieron áreas de pesca, como las reservadas a Tlatelolco y Tenochtitlán, limitadas por las grandes calzadas, albarradones y canales dique {Valle, 2000}.

Durante la época colonial y el Siglo XIX se construyeron presas (Tabla 2), algunas de ellas, como la de Yuriria, Guanajuato, construida en 1550, todavía está en funcionamiento {SRH, 1976}, y aunque no se tienen constancias documentales concluyentes, algunas evidencias permiten vislumbrar que existieron áreas de pesca y de piscicultura asociadas sobretodo a conventos {Alzate, 1792}.

La gran mayoría de los embalses construidos se ubican preferentemente en un territorio donde existe un déficit de agua. Pero si se consideran todos los cuerpos de agua, tanto los naturales como los construidos, en la enorme variedad climática dada por la articulación de latitud/altitud a la que Lewis (1983) le denomina latitud ajustada, que considera, a su vez, para el territorio mexicano en general con un valor



entre 0.34 y 0.39° de latitud por cada 100 m de altura, la componente climática juega un papel preponderante en la variabilidad térmica de los sistemas acuáticos y, por tanto, en su productividad.

Tabla 2

ALGUNAS PRESAS CONSTRUIDAS DURANTE EL VIRREINATO Y EN EL SIGLO XIX.

FUENTE: SRH, 1976.

Presa	Año de Terminación	Volumen (Mm ³)
Yuriria, Gto.	1550	221
Saucillo, Ags.	1730	6
Huapango, Mex.	1765	1.9
El Tecolote, Oro.	1775	1
Jaral de Berrio, Gto.	1802	8
El Cuije 1815, Gto.	1815	1.2
El Salto, Zac.	1865	1.3
El Peinado, Chih.	1891	1.5
La Esperanza, Gto.	1894	1.6

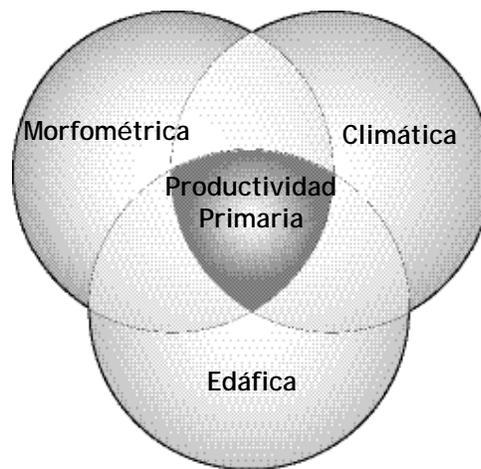


Figura 2

ESQUEMA CONCEPTUAL DE LAS COMPONENTES QUE DETERMINAN LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA EN UN ECOSISTEMA ACUÁTICO.

Así como la componente climática constituye un factor de variación en la productividad, a ésta hay que ensamblar las otras dos determinantes abióticas de la productividad de las aguas epicontinentales: las dimensiones de la cubeta lacustre (componente morfométrica) y los materiales disueltos (componente edáfica) {Rawson, 1939 y Cole, 1988} (Fig. 2).

Empero, esta interacción en la columna de agua no se da regularmente con la misma intensidad en cada componente, sino que es frecuente una asimetría {Ryder, 1982}, como ocurre con el clima, que condiciona a través de los fenómenos de precipitación pluvial y de evaporación, fluctuaciones en la cubeta lacustre, las cuales hacen que algunos cuerpos de agua tengan mayor dinamismo que otros, de tal modo que cada tipo de clima genera una unidad temporal de variación en una franja latitudinal, aunque pueda ser modificada por la altitud.

Dada esta diversidad ambiental, el análisis de los cuerpos de agua epicontinentales de México reviste especial interés, para su categorización y regionalización, no sólo en lo que se refiere al marco conceptual que sustenta la explicación sobre la estructura y el funcionamiento de esos sistemas, sino por la necesidad de contar con estrategias de manejo pesquero y acuícola que puedan, por lo menos, acortar significativamente la brecha entre la toma de decisiones sobre la manipulación, tanto del ciclo de vida de los organismos como de la columna de agua. Todo ello sustentado en el conocimiento científico, como base de la toma de decisiones.

Durante el último medio siglo, la necesidad de producir alimentos y bienes ha innovado el desarrollo tecnológico, con el consiguiente incremento del uso de la energía; el empleo de sustancias químicas para la producción de alimentos y el control de plagas y enfermedades; así como la manipulación del ciclo de vida de los organismos. Ello ha generado grandes problemas en el conocimiento y manejo de las aguas epicontinentales, como se presenta en la evaluación del potencial productivo de la columna de agua en un panorama en el que el deterioro de las cuencas y cuerpos de agua, por la contaminación doméstica e industrial que generan procesos



como la eutrofización y la acidificación, el azolve y el deterioro de la calidad del agua, dificulta la caracterización y regionalización de los cuerpos de agua con propósitos de manejo pesquero y acuícola.

El objetivo de este capítulo introductorio a los análisis de casos sobre la producción pesquera de un lago (Tecocomulco, Hidalgo), un gran embalse (La Angostura, Chiapas) y un embalse pequeño (Atlangatepec, Tlaxcala) pretende hacer un análisis de gran visión sobre las componentes abióticas que determinan los sistemas acuáticos epicontinentales: la morfométrica, la edáfica y la climática, y su relación con la situación actual de sus pesquerías.

2 Componente Morfométrica

La cubeta lacustre destaca como una unidad que posee, a diferencia de otras unidades ecológicas, dimensiones en el espacio de tal precisión (aunque a menudo la dimensión temporal sobre todo de los sistemas fluctuantes le da otro dinamismo) que permiten asociarla con figuras geométricas y como toda figura geométrica tridimensional posee magnitudes lineales, cuadradas y cúbicas o de relaciones, tasas o índices a través de las cuales es posible establecer dimensiones sobre el flujo de energía y el reciclado de materiales.

Entre las magnitudes que destacan se encuentran tres: una magnitud cuadrada, la superficie (A); una cúbica, el volumen (V) y una de tipo lineal, la profundidad media (Z), que es al mismo tiempo una relación:

$$\tilde{Z} = V A^{-1}$$

Tabla 3

MORFOMETRÍA DE ALGUNOS LAGOS Y EMBALSES MEXICANOS.

FUENTES: ARREDONDO, 1995; TORRES-OROZCO, 2001;

ALCO CER *ET AL*, 2002; DÍAZ-PARDO *ET AL*, 2002;IBÁÑEZ *ET AL*, 2002; IBÁÑEZ Y GARCÍA-CALDERÓN, 1999.

Lago o embalse	Área (ha)	Volúmen (Mm ³)	Prof. Media (m)
L. Alchichica, Pue.	181.0	69.0	38.6
L. Aljojuca, Pue.	44.0	11.0	26.3
P. La Angostura, Chis.	65 000.0	18 200.0	28.0
L. Atezca, Hgo.	26.8	3.0	11.2
P. Atlangatepec, Tlax.	1 200.0	59.9	5.0
L. Catemaco, Ver.	254.3	551.5	7.6
P. Cerro de Oro, Oax.	22 039.0	5 380.0	24.4
L. Chapala, Jal.	110 000.0	822.0	7.4
L. Cuitzeo, Mich.	42 076.0	484.0	0.9
L. Escondida, Ver.	18.3	2.3	12.9
L. Metztlán, Hgo.	450.0	20.0	4.4
L. Pátzcuaro, Mich.	10 980.0	505.0	4.6
L. La Preciosa, Mich.	78.0	16.0	20.7
L. Quechulac, Pue.	50.0	11.0	21.7
L. San Luis Atexcac, Pue.	29.0	6.0	25.7
L. El Sol, Méx.	23.0	1.6	14.4
L. Tecuitlapa, Pue.	26.0	0.4	1.36
L. Tecocomulco, Hgo.	1 769.0	6.1	0.34
P. Temascal, Oax.	33 771.0	4 025.0	11.9
L. Tequesquitengo, Mor.	800.0	128.0	16.0
L. Zacatal, Ver.	7.6	0.54	7.0
L. Zirahuén, Mich.	986.0	12.0	21.5

En lo que respecta a los lagos (Tabla 3), éstos han sido someros desde el Pleistoceno, aunque puedan tener extensiones que superen las 100 000 hectáreas. Lo poco profundo de los sistemas lacustres, en una gradación de Norte a Sur, da una idea del proceso de desecación progresiva. Tal vez esa sea una característica geomorfológica desde el Terciario para las latitudes que circunscribieron a México. Las evidencias hacen suponer



que el Lago de Cuitzeo sea uno de los más antiguos del mundo con cerca de ocho millones de años, los estudios paleoambientales suponen sistemas lacustres migrantes (Israde, Comn. Pers.) por la inestabilidad tectónica, con menos de 50 m de profundidad.

Aunque la desecación progresiva se ha dado durante varios miles de años, ésta se ha acentuado durante los últimos 500 años, a partir de la colonización europea. Y adquiere, durante el último cuarto del Siglo XX, dimensiones preocupantes; sin embargo, antes de ello, la desecación se ha alternado con etapas de gran humedad junto con los cambios tectónico-volcánicos como procesos geomorfológicos constructores del relieve y que condicionan los orígenes de los sistemas lacustres de la zona central de México y aún de las porciones del Altiplano Norte. Ésto con la característica de la alternancia entre endorreicidad y amplias comunicaciones, lo que parece que sirvió de escalonamiento invasivo de especies de peces que experimentaron una especiación, sobre todo por aislamientos reproductivos condicionados por eventos tectónicos que las aislaron.

El Altiplano Mexicano, sobre todo en la porción de su límite Sur, es una evidencia de lo mencionado. Las especies de aterínidos, así como de ciprínidos, muestran una correspondencia entre los cambios geomorfológicos y la distribución de especies {Barbour, 1973; Barbour y Miller, 1978}.

La presencia de aterínidos en el Altiplano Mexicano se ha considerado un indicador válido de las conexiones que se han tenido en el pasado para afirmar que ha habido comunicación en zonas muy extensas por medio de sistemas lacustres que llegaron a abarcar un gran paleolago o bien de lagos con extensiones cambiantes, de acuerdo con la inestabilidad tectónica y volcánica de la región {Barbour, 1973; Miller, 1978; Gasca, 1981}.

La presencia de un complejo de especies, así como diversos atributos ambientales hace necesario reconsiderar cuidadosamente, para todos los sistemas lacustres del país, las estrategias de manejo acuícola y pesquero que se han seguido, con base en la protección ambiental. De esta forma será necesario definir para cada cuerpo de agua las prioridades de manejo, con una precisión sobre cuáles lagos se deben, incluso, con-



siderar como reservas ambientales. Algunos de estos cuerpos de agua pueden ser los lagos de Cuatro Ciénegas, los de la Cuenca de Oriental y Zirahuén, por mencionar algunos de los más conspicuos. Asimismo, deben establecerse estudios prioritarios de especies nativas para seleccionar los mejores candidatos para el cultivo.

En el caso de los embalses, al ser estos sistemas acuáticos diseñados para propósitos de uso, representan en general otro tipo de riesgos ambientales. No obstante, aún no se realizan estudios con la precisión suficiente para establecer las asociaciones entre la morfometría y los rendimientos pesqueros, como ocurre en los embalses africanos en los que se han logrado identificar los casos en los cuáles la reducción, así como el incremento del nivel del agua, tienen efectos positivos y negativos en los rendimientos pesqueros.

Así se ha precisado cómo algunas pesquerías aumentan la captura en la reducción del volumen por efecto de la concentración de las poblaciones de peces. Aunque en reservorios donde existen pendientes muy pronunciadas, con disminución de más de 30 cm por día, se puede afectar la etapa reproductiva de especies como la tilapia, cuyas poblaciones al ser obligadas a abandonar sus nidos no sólo por desecación sino por efectos como calentamiento excesivo en áreas localizadas y abatimiento de oxígeno, tienen fuertes impactos en la pesquería. Los incrementos en el nivel del agua pueden condicionar aumentos en los rendimientos cuando las poblaciones de peces invaden áreas someras donde pueden obtener alimentos y sustratos adecuados para la reproducción.

No obstante la importancia que puedan representar estos estudios, aún por hacerse en México, está también por definir en qué medida los incrementos de pesca en la curva de capturas de un ciclo anual dependen más de la demanda comercial que a las variaciones morfométricas de los embalses, como ocurre en Temascal. Allí aumenta la captura por unidad de esfuerzo cuando se acerca la etapa de cuaresma y en el mes de diciembre, lo que constituye un factor de control de la pesquería, ya que buena parte del año los precios de compra son bajos.



En el Lago de Chapala, que se comporta más como un embalse que como un lago, la fluctuación de nivel de más de un metro ha introducido un factor de estrés a las poblaciones nativas. Queda por definir si las variaciones de demanda para el mercado o las fluctuaciones de nivel son las que determinan el pulso de la captura.

En cambio, la pesquería de Infiernillo, como proveedora de la ciudad de México, tal vez pueda acercarse al modelo de fluctuaciones de nivel, ya que la demanda es más consistente.

3. Componente Edáfica

Las aguas interiores pueden considerarse como una solución diluida de varios cationes y aniones. De acuerdo con su concentración, éstos pueden agruparse en cuatro conjuntos. El primero está formado por los compuestos de mayor abundancia: cuatro aniones y cuatro cationes. Los cationes más comunes en las aguas epicontinentales de latitudes medias son, en orden de abundancia: $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$, y los aniones $\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-} > \text{Cl}^{-}$. La gran diversidad de ambientes continentales pueden presentar otros arreglos como en el caso de cuencas con rocas ígneas cuyo orden de abundancia de cationes puede ser $\text{Ca}^{++} > \text{Na}^{+} > \text{Mg}^{+} > \text{K}^{+}$ {Wetzel, 1975}.

La presencia de materiales disueltos en la columna de agua es la expresión del equilibrio dinámico de éste con la litósfera, la atmósfera y la biosfera, reservorios a través de los cuales transita una gran variedad de tipos químicos. Mientras que las aguas lólicas mantienen una concentración total promedio de compuestos químicos, expresada como sólidos disueltos en alrededor de 120 mg l^{-1} . En las aguas lénticas esta concentración fluctúa entre 60 y 200 mg l^{-1} {Margalef, 1983}, aunque en los intervalos de variación es posible encontrar concentraciones tan bajas como en el agua destilada o, por el contrario, concentraciones elevadas en donde varios iones pueden alcanzar su nivel de saturación.

La concentración de sólidos disueltos, dentro de los cuales se encuentran los denominados nutrientes (sales inorgánicas del nitrógeno y fósforo), permiten definir la condición trófica de lagos y reservorios, y tiene un comportamiento espacial y estacional e incluso, actualmente, antropogénico. Cabe destacar ejemplos como la oligotrófia del Lago El Sol, en el nevado de Toluca {Banderas-Tarabay y González-Villela, 2002}; la de los cenotes yucatecos. Y la eutrofia del Lago de Chapala {Guzmán-Arroyo y Orbe-Mendoza, 2000} o la del Lago Metzitlan {Ibañez-Aguire *et al*, 2002}, por mencionar algunos.

En el caso de las presas, el estado trófico depende de su grado de madurez y las aguas que recibe, que a menudo dependen del manejo al que estén sujetas.

La cantidad de sólidos disueltos presenta contrastes, desde valores bajos para los lagos de El Sol {Banderas Tarabay y González Villela, 2002} y Atezca {Díaz Pardo *et al*, 2002} (< 10 mg/l y 28-42 mg/l de CaCO₃, respectivamente), medianamente duras como Chapala (40-146 mg/l) o duras como la de los Axalapascos de la Cuenca Oriental de Puebla.

La concentración de materiales disueltos en la columna de agua puede expresarse como conductividad, la cual se define como la capacidad de un medio líquido para transmitir la corriente eléctrica a través de un recipiente de un centímetro por lado, y que se da como el recíproco de la resistencia en micromhos cm⁻¹ o en microsiemens cm⁻¹. La conductividad también tiene una equivalencia con el total de sólidos, la que se expresa como: Total de sólidos disueltos: mg l⁻¹ = conductividad x 0.7.

Estas dos variables, a las cuales se les puede también hacer equivalente con la alcalinidad, se consideran como representativas de la llamada componente edáfica, de modo que los límites que se imponen a los organismos típicamente dulceacuícolas se encuentran entre los 3 y 10 000 mg l⁻¹ de STD (sólidos totales disueltos).

Los valores mínimos implican para los organismos un gasto energético adicional y deficiencias metabólicas, particularmente durante la reproducción, etapa en la que se pre-



sentan problemas de viabilidad del esperma o deficiencias de calcio para el desarrollo de los huevos; por su parte, los niveles altos representan limitantes de osmorregulación para especies estenohalinas.

Estos intervalos tan amplios se encuentran gobernados por la relación precipitación- evaporación y por las características de la roca y suelo, como se advierte en el modelo desarrollado por Gibbs (1970) (Fig. 3). En éste, la abscisa representa el balance entre los cationes sodio y calcio, por lo que un valor de 0.5 indica que hay un 50 % de calcio y 50 % de sodio. La escala logarítmica en la ordenada permite abarcar varios órdenes de magnitud en la concentración de materiales disueltos.

En la figura que semeja un “boomerang”, se pueden identificar tres porciones que tipifican a los ambientes acuáticos epicontinentales: en la porción intermedia se encuentran los sistemas en los cuáles la dominancia de la roca se expresa en la composición química de la columna de agua; en cambio, en los extremos del “boomerang” se encuentra una zona en donde el balance entre precipitación- evaporación es superavitario (extremo inferior) o deficitario (extremo superior). En el extremo inferior se ubican las regiones trópico- húmedas en donde el exceso de precipitación determina soluciones muy diluidas; mientras que la superior, muestra salinidades elevadas por un exceso de evaporación que concentra a los materiales disueltos.

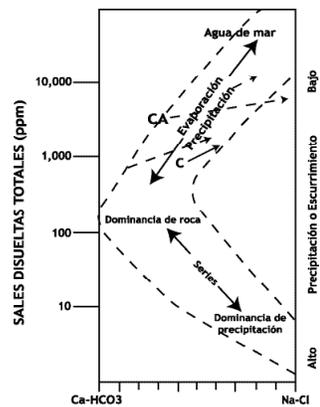


Figura 3
DIAGRAMA DE GIBBS

En un análisis realizado con más de 100 datos que incluyen tanto embalses como lagos mexicanos (Fig. 4), se muestra que la distribución difiere de los límites marcados por el diagrama de Gibbs, pues los datos presentan una distribución que tiende a formar un abanico con el vértice hacia los 100 mg l⁻¹ de sólidos disueltos. Además, es interesante notar que los ambientes que deberían ocupar la zona trófico-húmeda no se presentan en el brazo inferior del “boomerang”, en el intervalo entre 10 y 100 mg l⁻¹ y sí, en cambio, se presentan entre 100 y 1 000. Esto sugiere que la dominancia de la roca presenta una mayor expresión en los materiales disueltos, a pesar del efecto diluyente de la precipitación, como ocurre en la vertiente del Golfo de México por la presencia de calizas, sobre todo en la Sierra Madre Oriental con un efecto de incremento de un orden de magnitud, distribución que se acerca a la obtenida por Banens (1987) para lagos del Este de Australia y por Kilham (1990) para ambientes africanos.

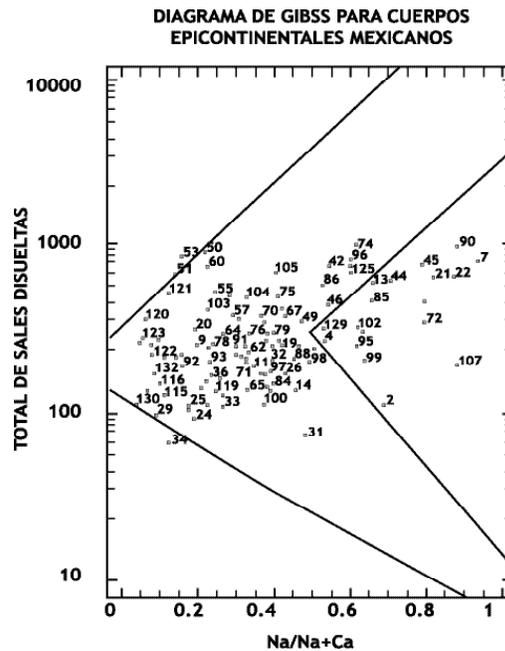


Figura 4
DIAGRAMA DE GIBBS PARA CUERPOS DE AGUA MEXICANOS

4. Componente Termoclimática

Los fenómenos de estratificación y mezcla de las aguas lénticas se encuentran relacionados con el contenido de energía de la columna de agua, que son condicionados por los cambios de densidad, temperatura y efectos mecánicos como la velocidad del viento en una dimensión espacio-temporal dada por la latitud y la altitud.

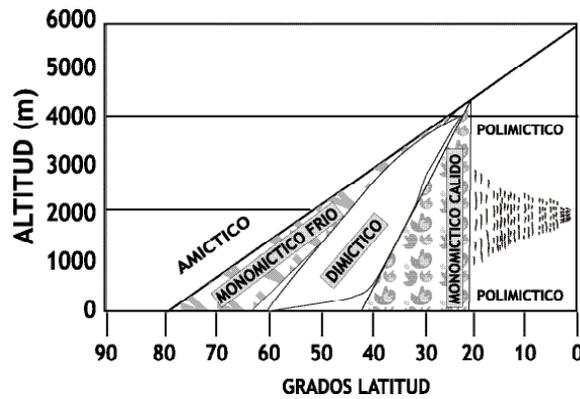


Figura 5
MODELO DE HUTCHINSON Y LOFFLER (1957)

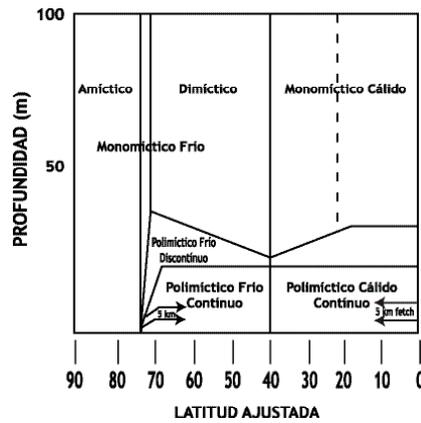


Figura 6
MODELO DE LEWIS (1973)

La propuesta de clasificación de Hutchinson y Löffler (1956) (Fig. 5), al excluir a los ambientes someros y no establecer límites entre latitud-altitud para ambientes oligomícticos y polimícticos, situados en las zonas tropicales, y que motivó la revisión realizada por Lewis (1983) (Fig. 6), destaca la importancia limnológica de los sistemas tropicales. En este último esquema se siguen considerando la latitud y altitud aunque incorporados en un nuevo factor que denomina la latitud ajustada, además de la profundidad del sistema, con lo que se incluyen a los ambientes someros bajo cuatro tipos de polimixis.

En cualquiera de las dos propuestas, para los sistemas mexicanos, es fácil definir la polimixis y difícil la estratificación, pues a menudo se presentan abatimientos de temperatura en la columna de agua, pero difícilmente se pueden concordar con el marco conceptual que afirma que una termoclina se da en "una disminución de por lo menos un grado por cada metro de profundidad". Problema que también ocurre en sistemas africanos, en los que los abatimientos térmicos que no alcanzan a cumplir la referencia, se les considera que poseen una "discontinuidad térmica". En México se presentan casos de este tipo como en Zirahuén, en el cual, si la discontinuidad térmica se considera válida, se trata de un sistema monomíctico {Bernal-Brooks, 1988} pero si no, es un ambiente polimíctico caliente discontinuo.

El establecimiento de un intervalo de cambio entre la circulación y la estratificación es un tema, no sólo de interés para los limnólogos preocupados por establecer un marco conceptual más claro, sino para definir el grado de salud del ecosistema, y así establecer estrategias de manejo para conservar o promover el incremento de la productividad.

5. Uso y manejo de la productividad de los cuerpos de agua en México

El desarrollo de la civilización mesoamericana ha estado aso-



ciada, como cualquiera otra, al agua. Empero, pocas lo han sido en relación con los sistemas lacustres y aunque existen múltiples casos relevantes, el más notable es el de la Cuenca de México, cuya ciudad asentada desde el Siglo XIV, en una isla, le dió el nombre a un país.

En el gran lago, que superaba las 100 000 ha en los inicios del Siglo XVI, ya se había diseñado un manejo hidráulico que puede compararse con el que se ha realizado durante varias centurias en Italia, en la laguna veneciana, bajo un esquema de repetir a “la laguna en la laguna” al utilizar la dinámica del ambiente {Ravagnan, 1995}. O bien con el manejo múltiple del ecosistema cuyos principios coinciden con el marco conceptual de los sistemas de elevada eficiencia ambiental tradicional. Aunque algunos investigadores sugieran que las actividades de las mismas poblaciones ribereñas prehispánicas pongan en duda el manejo tradicional de los recursos {O´Hara *et al*, 1993}, de cualquier forma se plantea un reto muy interesante para realizar investigaciones de paleolimnología sobre el manejo lacustre para una población estimada en el centro de México en los inicios del Siglo XVI, que era de 20 millones de habitantes, población que no se volvió a alcanzar hasta la década de 1950, en un ambiente de inestabilidad climática y tectónico-volcánica.

El país no ha sido ajeno al interés que existe, desde los últimos años del Siglo XIX, por los organismos acuáticos como proveedores de alimento {Cházari, 1884}. Este interés se vió acrecentado, sobre todo a partir de la década de 1940, por la construcción de embalses y la búsqueda de fines utilitarios a los sistemas lacustres. Desafortunadamente uno de estos fines fue destinarlos a la desaparición para incrementar la frontera agrícola. El ejemplo, que no sólo es ilustrativo, sino que es el primero de un proceso que marca el Siglo XX, es la construcción del Gran Canal del Desagüe, a través del cual se evacuaron más de 200 Mm³ para transformar 10 000 ha del Lago de Chalco en una zona agrícola.

La Revolución de 1910 interrumpió el proceso que se inició con el Siglo XX y difirió la desecación por más de 20 años. Sin embargo, la necesidad de ampliar la frontera agrí-

cola, así como el suministro de agua potable, motivó el represamiento y control de corrientes como la reestructuración, en la década de 1920, de 5 000 ha del Distrito de Riego de Metztitlán, Hidalgo, con la reducción del espejo de agua de 4 000 a 450 ha; la construcción de la Presa de Cointzio en Michoacán, con la consecuente alteración del equilibrio hidráulico y la desecación en 1940 así como la desaparición del aterínido *Chirostoma compressum*; la desecación de la Ciénega de Chapala y el control del Río Santiago, prácticamente convirtió al Lago de Chapala en un embalse; la desecación de la Ciénega de Lerma para el suministro de agua potable de la ciudad de México, ha continuado con la alteración de la Cuenca del Cutzamala. Ejemplos notables, pero que forman parte de un gran número de casos que ahora plantean *un siglo para reconstruir* {Tortolero, 2000}.

Tal vez los dos problemas más graves que sufren los lagos mexicanos son: la eutrofización y el abatimiento de los mantos freáticos. Ambos procesos relacionados con el deterioro ambiental, producto del crecimiento tecnológico.

Los ejemplos son numerosos y los esfuerzos de conservación y manejo integrado apenas han comenzado con estudios de diagnóstico {Arriaga, *et al.* 2000}, aunque se tienen expectativas de la multiplicación de esfuerzos en esta década. Sólo existen dos proyectos de manejo: el de Pátzcuaro y el de Chapala, aunque no se han obtenido hasta ahora resultados significativos en su recuperación.

La ubicación de México en una dimensión latitudinal y altitudinal, con una arrugada superficie a la que se sobrepone decenas de tradiciones culturales, ha constituido un reto para comprender la estructura de las comunidades bióticas, así como su funcionamiento para la elaboración de estrategias de manejo. Esto se ha practicado antes del conocimiento científico de la columna de agua, como ocurre con los procesos de perturbación, como la entrada de materiales en suspensión, lo que ha favorecido a la cadena de detritos sobre la de pastoreo, aunque cabría preguntarse si ésto es consecuencia de un proceso natural, acentuado con los cambios en el uso del suelo y que ha provocado aportes, cada vez mayores, de materiales en suspensión.



Existen evidencias de que la cadena de detritos en el Altiplano pueda ser de mayor importancia que la de pastoreo, como ocurre con el Lago de Chapala, en el que los materiales en suspensión se encuentran prácticamente colmatados por bacterias que proporcionan energía, sobre todo a los aterínidos, con lo que se explica la disparidad que existe entre elevados rendimientos pesqueros con productividades primarias bajas.

Además, la liberación de substancias químicas de los sedimentos y el aporte de materiales procedentes de las zonas agrícolas o urbano-industriales inhiben las comunidades de fitoplancton como se advierte en el Lago de Chapala, Jalisco {Dávalos-Lind, 1996} y en el Lago de Metztitlán, Hidalgo {Ibáñez, *et al.* 2002}. Paralelamente, la inhibición de los contaminantes y sólidos en suspensión supera al efecto de los nutrientes.

6. Las Pesquerías

Las especies con mayores volúmenes de captura en México en aguas interiores son la tilapia y carpa, las que desde la década de 1970 han superado la captura de las especies nativas dejando ahora en un tercer lugar nada prominente al charal (Fig. 7). La tendencia en los últimos 20 años ha sido al aumento de capturas, sin embargo, de cuatro años a la fecha se ha revertido esta tendencia y los volúmenes de captura empiezan a dar visos de alerta. Posiblemente una de las preguntas a plantearse sería ¿ésta reducción en las capturas se debe a un problema económico-social o es de tipo biológico? Al respecto se podrían mencionar algunas alternativas de análisis comentadas en lo general.

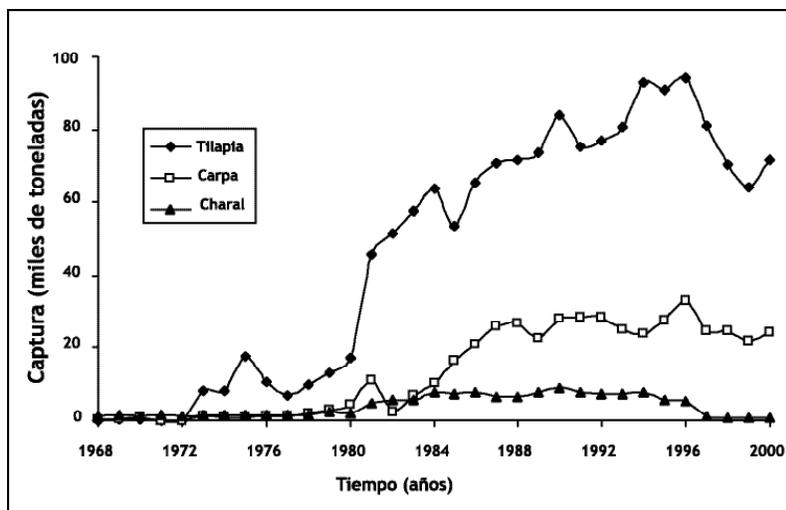


Figura 7

PRODUCCIÓN PESQUERA DE LAS TRES ESPECIES DE PECES MÁS IMPORTANTES.

Uno de los problemas de los cuerpos de agua son los altos niveles de diversos contaminantes presentes, que van desde agroquímicos usados en la agricultura hasta desechos domésticos urbanos o de tipo industrial. Éstos provocan elevadas perturbaciones aún poco evaluadas, pero se estima que es particularmente riesgoso en los casos de la tilapia y la carpa por sus hábitos alimenticios, aunque omnívoros, muestran una fuerte tendencia a la detritivoría, y, es el sedimento el que acumula en forma creciente contaminantes de alto riesgo para la salud. No obstante, este deterioro ambiental produce efectos crónicos más no agudos sobre las pesquerías, de modo que la alternativa de un incremento en la presión de pesca destaca como un factor de primera importancia.

Dentro del complejo de factores que conforman la presión de pesca, destaca el número de pescadores, que en las pesquerías artesanales, en general, sobrepasa el promedio recomendado de 1.5 pescadores por km² {Henderson, 1974}, a lo que se suma la reducción paulatina de la luz de malla. Estas consideraciones se refieren particularmente a los grandes embalses del país (Infiernillo, La Angostura, Temascal, Vicente



Guerrero, etc.) de donde proviene el 90% de las capturas registradas de tilapia y carpa. En presas como Temascal, se practica la siembra de crías con el objeto de apoyar la pesquería, de tal forma que estas capturas, en general, pretenden sustentarse con resiembras continuas. La evaluación del efecto de la siembras en las pesquerías de los grandes embalses es una tarea aún por realizarse en México.

Las siembras mencionadas han sido fundamentalmente de tilapia y carpa, especies que han sido intensamente cultivadas y, posteriormente, sembradas en la mayoría de los cuerpos de agua.

La carpa fue introducida en México en 1884, mientras que la tilapia fue introducida en 1964. Inicialmente, se sembraron en grandes embalses de manera indiscriminada y tiempo después se encontraban dispersas en numerosos cuerpos de agua menores. La tilapia en pocos años, a partir de su introducción, superó tanto la captura de carpa como su preferencia en el mercado urbano, llegando a ocupar el primer lugar en la producción pesquera de las aguas continentales mexicanas {Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986}.

Algunas de las ventajas de estas especies es que tienen altas resistencias a la presencia de contaminantes ambientales (tales como pesticidas y fertilizantes). Éstas muestran hábitos alimentarios muy variados, lo cual propicia su sobrevivencia en diferentes embalses y soportan grandes variaciones de temperatura y condiciones bajas de oxígeno. En una palabra, son especies con altas resistencias a los cambios ambientales, bajos requerimientos ecológicos y ventajas competitivas sobre otras especies.

En general, se ha enfatizado sobre las ventajas de fomentar a estas especies, sin embargo, no se han considerado los impactos ambientales y menos aún realizado estudios formales sobre el impacto ambiental de su distribución en amplias zonas del territorio nacional. Entre la poca información generada, destacan los trabajos de Zambrano (1999a, 1999b, 2001) el cual ha encontrado que la carpa produce elevados niveles de turbidez y actúa como un agente eutrofizador al resuspender nitrógeno y fósforo que remueve de los sedimentos en sus actividades alimentarias.



No obstante, se siembran alrededor de 150 millones de crías de peces al año en todo tipo de embalses, sin que se conozca el efecto de estas siembras. En los reservorios de otros países de América Latina y el Caribe las pesquerías, aunque también han sido explotadas con base en un sistema de ensayo y error {Quirós, 1995}, el impacto de las siembras se ha evaluado con el empleo de análisis de correlaciones con retrasos entre el número de crías sembradas vs. las capturas {Quirós, 1998; Fonticiella, 1990; Fonticiella *et al.* 1995}. Sin embargo, no se ha considerado el análisis del crecimiento de los organismos, las fechas en que se realizan las siembras, ni las artes de pesca empleadas en la captura comercial.

La presencia de hembras desovantes de carpa y tilapia en los lagos y embalses son indicios claros de que estos organismos llevan a cabo su reproducción en los ambientes. Las especies de peces que se reproducen libremente y sin restricciones en los ambientes naturales o artificiales (por ejemplo la tilapia) sufren menos la influencia de las repoblaciones para la modificación de las condiciones de su pesquería, que aquellas que necesitan de la reproducción artificial o inducida {Fonticiella, *et al.*, 1995}, este aspecto no ha sido evaluado en los lagos y embalses de México.

En los años de 1970 proliferaron en México las granjas de producción de tilapia y carpa, con el propósito de producir crías para siembra, la que se ha practicado en forma indiscriminada en los cuerpos de agua del interior del país, aspecto que puede ser particularmente riesgoso para lagos en donde existen complejos de especies endémicas, como en Pátzcuaro. Sólo recientemente se ha renovado el interés por el estudio, protección y fomento de la flora y fauna endémicas que se ve expresado en proyectos experimentales sobre todo en el área de cultivo e investigación, por parte de instituciones académicas.

En las presas de tamaños medianos y pequeños, en contraste con los grandes embalses, en donde se siembra la mayor parte de las crías producidas, la captura está pobremente expresada en las cifras de producción y en este apartado es donde se puede tener la mayor esperanza de incrementos o expansión en la producción pesquera, siempre y cuando se tomen en cuenta:



1.- LAS ÉPOCAS ÓPTIMAS DE SIEMBRA.

En las cuales es importante considerar las mejores condiciones climáticas que produzcan bajas tasas de mortalidad y mayores tasas de crecimiento, particularmente en los juveniles. Es bien sabido que los cambios en el volumen de los embalses guardan una importante relación con los volúmenes de captura de tilapia {Bernacsek, 1984}. Asimismo, se ha propuesto que durante la fase de desecación de un embalse generalmente se detiene el crecimiento de *Oreochromis spp.*, y el desove se presenta a una edad más temprana {Dudley, 1972}. Welcomme (1985), por su parte, ha señalado que, en los trópicos, la importancia de la temperatura como regulador del desove es menor que la del régimen de inundación. También, las bajas temperaturas que imperan en embalses durante los meses fríos (entre septiembre y febrero) condicionan un escaso crecimiento durante los primeros meses que siguen a las siembras. La temperatura parece ser un factor importante en la condición y sobrevivencia de los juveniles {Ibáñez en prep.}. En lo general, los calendarios de siembra, más que depender de una programación, dependen de la disponibilidad de crías en los centros de producción.

2.- LA SELECTIVIDAD DE LOS ARTES DE PESCA.

Es común observar en los muestreos comerciales que las artes de pesca empleadas capturan individuos de tallas pequeñas y, en muchas ocasiones, en el intervalo de tallas capturado se toma aproximadamente la mitad de la población desovante, lo cual no permite mantener una adecuada tasa de reclutamiento. Por otro lado, debido a los bajos requerimientos ambientales de estas especies, lo común es que encuentren condiciones para llevar a cabo la reproducción. Por lo tanto, es muy probable que no sea necesario realizar resiembras sino solamente hacer un manejo adecuado de la pesquería a través del empleo de artes de pesca de mayor abertura de malla, que permita un reclutamiento exitoso en la mayoría de la población desovante en condiciones naturales.

3.- LA CALIDAD GENÉTICA DE LOS REPRODUCTORES.

Después de varios decenios no se habían realizado evaluaciones que certificaran la calidad genética de reproductores en las decenas de centros de producción acuícola, con excepción de un estudio realizado con muestras de tilapia en los centros Los Amates, Veracruz y Zacatepec, Morelos, los resultados evidenciaron alto grado de endemismo y baja recombinación genética {Barriga, *et al.*, en prensa}. Esto puede expresarse, entre otras cosas, en bajas tasas de crecimiento, enanismos y mayor susceptibilidad a enfermedades. Una atenuante es el hecho de que en un mismo embalse se siembran sucesivamente organismos de muy diversos centros piscícolas, lo cual da como consecuencia mayor variabilidad genética.

4.- LAS VARIEDADES A SEMBRAR DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y AMBIENTALES DE LOS CUERPOS DE AGUA.

Se afirma en los centros acuícolas que existen líneas con nombres que las ubican, más por la apariencia de coloración y de algunas características visuales que a evaluaciones formales que las certifiquen {Barriga, *et al.* en prensa}. En ambientes acuáticos con predominancia de temperaturas bajas son también bajas las tasas de crecimiento de especies de origen tropicales como las tilapias, lo cual cuestiona si es la tilapia el organismo más adecuada para estas zonas. En su lugar sería recomendable utilizar otras especies que muestren mejor crecimiento en ambientes templados.

Finalmente, es importante comentar que existen evidencias de que la producción en aguas interiores se podría incrementar en México si existiera un serio plan de *manejo pesquero*.

Evidentemente, la problemática social es un aspecto muy importante en pesquerías. Prácticamente cualquier decisión de modificación de artes de pesca, especies a emplear, vedas, etc. traería consecuencias sociales en el corto plazo. Sin embargo, a pesar de que las medidas hasta ahora tomadas por las autoridades pesqueras propician un panorama de aparente estabilidad social en las pesquerías artesanales, es necesario realizar acciones para incrementar las capturas por



un lado y, por el otro, darle un valor agregado a los productos, medida que es imprescindible para mejorar la calidad de vida de los pescadores y evitar sobrepesca.

7 Tipificación de cuerpos de agua y pesquerías.

La expansión de la producción pesquera en las aguas interiores de México se ha fincado en los grandes embalses; sin embargo, esta expansión no ha sido acompañada de suficientes estudios formales, tanto en el campo limnológico como el pesquero. No obstante la información sobre cuerpos de agua africanos y el acervo disponible para sistemas mexicanos, permite proponer algunas consideraciones sobre la tipificación de cuerpos de agua en, al menos, tres tipos que pueden denominarse por los cuerpos de agua que presentan características que los distinguen:

EMBALSES TIPO TEMASCAL

Los embalses situados en la zona trópico-húmeda, con precipitaciones pluviales que superan los 3,000 mm, poseen tasas de renovación de agua muy elevadas, que no permiten que se concentren los materiales disueltos, de tal modo que la componente edáfica es la limitante de la productividad, aunque la abundancia de material calizo en la vertiente del Golfo de México provoca que los materiales disueltos no se sitúen en la parte inferior del diagrama de Gibbs (ver Fig. 4).

Las elevadas tasas de renovación del volumen al diluir y evacuar los nutrientes que se liberaban de la gran cantidad de materia orgánica que quedó sumergida cuando se construyó la presa de Temascal, y que no eran renovados por la cuenca, provocaron que la producción pesquera -que en menos de un lustro alcanzó cifras cercanas a las 7 000 toneladas (Fig. 8)- mantuviera hasta la actualidad, montos entre 1 000 a 1 200 toneladas, a pesar de que se llegó a considerar que podría alcanzar las 10 000 toneladas de captura máxima sostenible.

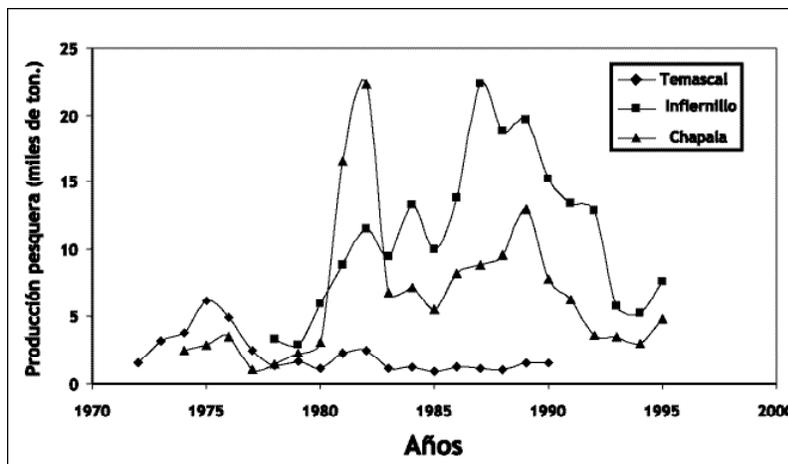


Figura 8

PRODUCCIÓN PESQUERA DE TRES CUERPOS DE AGUA.

EMBALSES TIPO INFIERNILLO

En zonas donde existe un déficit de agua y hay un proceso de concentración de materiales, se presentan producciones pesqueras elevadas, aunque las tasas de recambio de agua sean también elevadas (1 a 1.5 veces el volumen por año). La producción pesquera de la Presa de Infiernillo mantuvo cifras de producción que se pueden considerar de las más elevadas en el mundo (Fig 8), y los descensos pueden atribuirse a problemas de administración pesquera más que a limitantes en la renovación de nutrientes. No obstante, la construcción de la Presa El Caracol, aguas arriba de la Presa de Infiernillo, pudo afectar esta renovación, con la consiguiente afectación de la producción pesquera.

CUERPOS DE AGUA TIPO CHAPALA

La producción primaria, limitada por la elevada turbidez de las aguas del Lago de Chapala, contrastada con una producción pesquera muy alta {Dávalos-Lind, 1996}, permitió considerar a la cadena heterotrófica como la base de la producción pesquera. La presencia de material en suspensión, colmatado de bacterias, mantiene una elevada disponibili-



dad de alimento natural. Asimismo, los sedimentos con concentraciones muy elevadas de materia orgánica (>15%), como ocurre en el Lago de Metztitlán, Hidalgo {Ibáñez *et al*, 2002}, en donde también se presentan producciones pesqueras elevadas; o en numerosos embalses y microembalses del Altiplano Mexicano con visibilidades del disco de Secchi limitadas a una docena de centímetros, cifras de producción pesquera que se sitúan en los cultivos extensivos.

La expansión de la producción pesquera a la luz de una tipificación y regionalización de los cuerpos de agua epicontinentales, articulada con estrategias de administración pesquera sobre bases científicas, permite vislumbrar una nueva etapa que contribuya tanto a la generación de empleos como al incremento de la disponibilidad de alimento.



LITERATURA CITADA

- ALCOCER, J., A.I. Lugo y M. G. Oliva, 2002.**
Los lagos del Valle de Santiago, Guanajuato.
193-212 En: De la Lanza, G. y J. L. García-Calderón
(Comps.). *Lagos y Presas de México.* AGT Editor. México.
- ALZATE Y R., J.A., 1792.**
Estanques para pescado. *La Naturaleza*
(1884) 6:198-199.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L., 1995.**
Los axalapascos de la Cuenca de Oriental, Puebla.
65-87. En: De la Lanza, G. y J. L. García-Calderón
(Comps.). *Lagos y Presas de México.* Centro de Ecología y
Desarrollo.
México.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L., y C. AGUILAR D., 1983.**
*Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas rea-
lizadas en lagos mexicanos, con especial énfasis en su
ictiofauna 91-133* En: Gómez A, S. y V. Arenas F. (Comps.).
Contribuciones en Hidrobiología. Instituto de
Biología-UNAM. México.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. y M. Guzmán-Arroyo, 1986.**
*Actual situación taxonómica de las especies de la tribu
Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México.*
Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Au-
tónoma de México. Serie Zoología 56 (2): 555-572.
- ARRIAGA C, L., V. AGUILAR y J. ALCOCER D., 2000.**
Aguas continentales y diversidad biológica de México.
CONABIO. México. 326 p.
- ATHIE-LAMBARRI, M., 1987.**
Calidad y cantidad de agua en México.
Universo 21. México.



- BANDERAS TARABAY, A. y GONZÁLEZ VILLELA R., 2002.**
Limnología de El Sol, un lago alpino tropical.
63-79. En: De la Lanza, G. y J. L. García-Calderon (Comps.).
Lagos y Presas de México. AGT
Editor, S.A.
- BANNENS, R. J., 1987.**
*The geochemical character of upland waters of northeast
New South Wales.*
Limnol. Oceanogr. 32(6):1291-1306.
- BARBOUR, C., 1973.**
*A biogeographical history of Chirostoma
(Pisces: Atherinidae): A species flock from the Mexican Pla-
teau.* Copeia 3:533-556.
- BARRIGA-SOSA, I.A., L. JIMÉNEZ-BADILLO, A. L. IBÁÑEZ AND
J. L. ARREDONDO-FIGUEROA, (en prensa).**
*Variability of tilapia (Oreochromis spp.) introduced in Mexico:
morphometric, meristic and genetic characters.* Journal of
Applied Ichthyology.
- BARBOUR, C.D. and R.R. MILLER., 1978.**
A revision of the mexican cyprinid fish genus Algansea. Misc.
Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan 155:1-72.
- BERNACSEK G.M., 1984.**
*Guidelines for dam design and operation to optimize fish
production in impounded river basins (based on a review of
the ecological effects of large dams in Africa).*
CIFA Thechnical Paper (11), 98 pp.
- BERNAL-BROOKS, F. W., 1988.**
Limnology of Lake Zirahuen relative to cultural impacts.
Tesis Maestría en Ciencias. Univesity of Guellph. 132 p.
- CHÁZARI, E., 1884.** *Piscicultura en agua dulce.*
Secretaría de Fomento. México 828 p.
- COLE, G. A., 1988.** *Manual de Limnología.*
Hemisferio Sur S.A. Montevideo. 389 pp.

DÁVALOS-LIND, L., 1996.

Phytoplankton and bacterioplankton stress by sediment-borne pollutants. J. Aquat. Ecos. Health 5:99-105.

DÍAZ PARDO, E., G. VÁZQUEZ y C. GUERRA MAGAÑA, 2002.

Lago Atezca. 109-127. En: De la Lanza, G. y J. L. García Calderon (Comps.). Lagos y Presas de México. AGT Editor, S.A.

DUDLEY, R.G., 1972.

Biology of Tilapia on the Kafue floodplain, Zambia: predicted effects of the Kafue Gorge Dam. Ph D. Dissertation, University of Idaho, Moscow, USA. 50 pp.

FONTICIELLA, D. W., 1990.

Modelo para la evaluación de la eficiencia de cultivo. 1ª Conferencia Latinoamericana de Matemáticas y Computación Aplicada en la Biología. Revista Investigaciones. 7 pp.

FONTICIELLA, D.W., Z. ARBOLEYA y G. DÍAZ PÉREZ, 1995.

La repoblación como forma de manejo de pesquerías en la acuicultura de Cuba. Comisión de Pesca de America Latina. Documento Ocasional. No. 10. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. 45 pp.

GARCÍA, E., 1996. *Diversidad climático vegetal en México.*

15-25. En: Llorrente, J., A. García y E. González (Comps.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos en México, hacia una síntesis de su conocimiento. Instituto de Biología, CONABIO, Facultad de Ciencias UNAM. México.

GASCA D., A., 1981.

Algunas notas de la génesis de los lagos cráter de la Cuenca Oriental. INAH. México.

GIBBS, R. J., 1970.

Mechanisms controlling world water chemistry. Science. 170:1088-1090.



GUZMÁN ARROYO, M.y A. ORBE-MENDOZA, 2002.
El Lago de Chapala. 171-193. En: De la Lanza Espino G. y J. L García-Calderon. (Comps.). *Lagos y Presas de México.* AGT Editor, S.A.

HENDERSON, H. F., 1974.
Programa de evaluación de recursos para apoyar el desarrollo en las aguas continentales de México. Contribución al estudio de las pesquerías de México (CEPM). FAO. México. 42p.

HUTCHINSON, G. E. y H. LÖFFLER., 1956.
The thermal classification of lakes. Proc. Nat. Acad. Sci. 42:84-86.

IBÁÑEZ AGUIRRE, A.L., GARCÍA-CALDERON, J.L., PÉREZ ROJAS A., ALVARES HERNANDEZ S., ALVARES SILVA C. y NÚÑEZ PORTUGAL E., 2002.
El Lago de Metztitlan. 253-268. En: De la Lanza Espino G. y J. L García Calderon. (Comps.). *Lagos y Presas de México.* AGT Editor, S.A.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática), 1990.
Agenda estadística 1990. INEGI. Aguascalientes. 293 p.

KILHAM, P., 1990.
Mechanisms controlling the chemical composition of lakes and rivers: Data from Africa. Limnol. Oceanogr. 35(1):80-83.

LEWIS, W. M., 1983.
A revised classification of lakes based on mixing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40:1779-1787.

MARGALEF, R., 1983.
Limnología. Ed. Omega. Barcelona. 1010 p.

O´HARA, S., F. A. STREET-PERROT and T. P. BURT., 1993.
Accelerated soil erosion around a Mexican highland caused by prehispanic agriculture. Nature 362:48-51.

QUIROS, R., 1995.
Relationships of fish yield to fishing effort and stocking rate in reservoirs of Latin America and the Caribbean. In: American Fisheries Society 125th Annual Meeting, Tampa Florida August 27-31, 1995: 172.

QUIROS R., 1998.
Reservoir stocking in Latin America, an evaluation. In: Inland fishery enhancements. Food and Agriculture Organization of the *United Nations*. Fisheries Technical Paper No. 374. 463 pp.

RAWSON, D. S., 1939.
Some physical and chemical factors in the metabolism of lakes. 9-26. En: Moulton, E. R. (Comp.). Problems of lake biology. 10 A.A:A:S: Washington.

RYDER, R.A., 1982.
The morphoedaphic Index. Use, abuse and fundamental concepts. Trans. Am. Fish. Soc. 111:154-164.

SCHMITTER-SOTO, J.J., E. ESCOBAR-BRIONES, J. ALCOCER, E. SUÁREZ-MORALES y L.E. MARÍN, 2002 .
Los cenotes de la Península de Yucatán. 337-381 En: De la Lanza, G. y J. L. García-Calderón (Comps.). Lagos y presas de México. Ed. AGT. México.

SRH (Secretaría de Recursos Hidráulicos), 1976.
El agua y su aprovechamiento a través de la historia. SRH. México. 638 p.

SUGUNAN, V. V., 1997.
Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular 933. FAO. Roma. 149 p.



TAVERA S., R. L., 1996.

Phytoplankton of the tropical Lake Catemaco. Tesis doctorado. Universidad de Bohemia del Sur. Ěeské Budejovice, Czech Republic. 63 p.

TOLEDO, V. M., 1997.

La diversidad ecológica de México 1:111-138. En: Florescano, E. (Comp.). El patrimonio nacional de México. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Fondo de Cultura Económica. México.

TORRES-OROZCO B., R. E., 2001.

Estudios limnológicos en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis Maestría en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias. UNAM. México. 40 p.

TORTOLERO V., A., 2000.

El agua y su historia. México y sus desafíos hacia el siglo XXI. Siglo XXI Editores. México. 167 p.

VALLE, P., 2000.

Ordenanza del Señor Cuauhtémoc. Gobierno del Distrito Federal. México. 167 p.

WELCOMME, R.L., 1985.

River Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 262. 330 pp.

ZAMBRANO, L. y D. HINOJOSA, 1999.

Direct and indirect effects of carp (Cyprinus carpio L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central Mexico. Hydrobiologia 408/409:131-138.

ZAMBRANO, L., M.R. PERROW, C. MACÍAS-GARCÍA y V. AGUIRRE-HIDALGO, 1999.

Impact of introduced carp (Cyprinus carpio) in subtropical shallow ponds in Central Mexico. J. Aquat. Ecosyst. Stress Recovery 6:281-288.

ZAMBRANO, L. , M. SCHEFFER y M. MARTINEZ-RAMOS, 2001.
*Catastrophic response of lakes to benthivorous fish
introduction.* Oikos 94:1-7.



Capítulo II

LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO



Figura 1

PANORÁMICA DEL EMBALSE LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO

Rosa María Gutiérrez Zavala,
Esteban Cabrera Mancilla,
Enrique Arturo Bermúdez Rodríguez y
Pablo Alejandro Pérez Velázquez



LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO

ROSA MARÍA GUTIÉRREZ ZAVALA,
ESTEBAN CABRERA MANCILLA,
ENRIQUE ARTURO BERMÚDEZ RODRÍGUEZ Y
PABLO ALEJANDRO PÉREZ VELÁZQUEZ

1. Introducción

Hidalgo cuenta, entre sus recursos naturales, con un considerable potencial acuícola de manantiales, aguas termales, ríos, lagos y presas. De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera {Diario Oficial de la Federación, 2000}, en la entidad se encuentran 23 cuerpos de agua, dos de ellos son embalses naturales.

El estado se encuentra en la parte central del país, entre los 19°35´52" y 21°25´00" de latitud Norte 97°57´27" a 99°51´51" de longitud Oeste, con una superficie territorial de 20,905.12 km². Está integrado en siete regiones económicas, de las cuales, las regiones económicas de Pachuca y Tulancingo comprenden la Cuenca de Tecocomulco, en donde se localiza la región de Tepeapulco a la que pertenece el lago en estudio.

La región de Tepeapulco es un poblado antiguo que perteneció a la cultura Tolteca y hasta 1886 fue declarado municipio del estado de Hidalgo. Antaño fue una región rica en recursos naturales, sobre todo forestales, pesqueros y de avifauna. Actualmente queda poco de la vegetación original y la extensión del lago de Tecocomulco ha sido disminuida en superficie debido a diversos factores, dentro de los que destacan la expansión de tierras para actividades agropecuarias, asentamientos humanos e industrias establecidas en la cuenca -de diversas ramas-, que en su momento son una fuente de descarga y generadores de residuos peligrosos para la cuenca y sus alrededores {SEMARNAP, 1997}.



Sus habitantes se dedicaban a la recolección de aguamiel de sus magueyes y a la siembra anual de cebadales, dando como resultado un avance en el complejo industrial de Ciudad Sahagún. Hasta hace poco, la región se dedicaba únicamente a la siembra de la cebada y maguey, dadas las vastas extensiones territoriales.

Esta cuenca es una subdivisión regional hidrológica de la Cuenca del Valle de México, misma que cubre una extensión de 49,300 ha, con un volumen promedio de 2718.24 Mm³. El lago tiene forma alargada, orientada de Noroeste a Suroeste, con 8.5 km de largo y 3.6 km en su parte más ancha y su capacidad máxima es de 6,099,912 m³, inundando un área de 1,769 hectáreas (FIRCO, 1992).

Actualmente sus usos son la pesca comercial y la cacería deportiva de aves migratorias; sin embargo, otro uso no menos importante, es la extracción de agua en determinadas épocas a través de canales artificiales para el riego agrícola, y también se utiliza como abrevadero de ganado ovino y vacuno.

Durante los meses de mayo a octubre de 2001, Gutiérrez y colaboradores (2002) realizaron un estudio en el lago de Tecocomulco, Hidalgo, cuyo objetivo fue obtener un diagnóstico de los principales aspectos limnológicos, de biología pesquera y tecnológicos de los sistemas de captura, orientados a la caracterización de las artes de pesca y embarcaciones, además de la realización de un estudio socioeconómico aplicado a los grupos de pescadores que operan en el embalse.

El interés por realizar un estudio integral del embalse se debió a la necesidad de conocer los aspectos relacionados con la actividad pesquera, con la finalidad de apoyar a las autoridades y sociedades pesqueras para la mejor toma de decisiones en la administración adecuada de los recursos.

2 Importancia y problemas asociados

La importancia del lago se justifica por varias razones, entre

ellas, está su función como recarga del acuífero de Tecocomulco y como hábitat de especies de fauna silvestre, algunas de ellas en peligro de extinción, como el pato real (*Cairina moschata*) y cinco especies con protección especial, definidas por la NOM-ECOL-059 {Diario Oficial, 1994}, entre las que destaca el ajolote, *Ambystoma velasci*, que forma parte de la dieta tradicional de los ribereños y por su uso medicinal. A pesar de que está prohibida su captura y comercialización, resulta ser un recurso que tiene un alto valor económico para los pobladores de las márgenes del lago; su precio por kilogramo llega hasta \$80.00.

Este lago era más extenso que en la actualidad pero, de 1952 a 1953, el gobierno mandó construir el canal de Tultengo, para drenaje, en el lado Sur, de manera que se le ha ido secando artificialmente. Además, algunos habitantes de localidades aledañas al embalse han contribuido también a la reducción artificial de su superficie, por medio del recorrido de los monumentos que marcaban los límites históricos del lago, además de que se han construido diques artificiales, bordes y canales de desagüe para la extracción del agua por bombeo, con el objeto de ganar terrenos para la actividad agrícola, lo anterior se viene realizando muy a pesar de lo que algunos estudios y dictámenes técnicos han señalado que se deben respetar las cotas del nivel del agua del lago para poder conservar dicho ecosistema como un humedal de lo que antaño eran los lagos de Anáhuac {Herrera Cabañas, 1987, FIRCO, 1992, Juárez *et al*, 1996 y Arrechea, 1996}.

Hoy existe una tendencia al crecimiento de los escurrimientos, debido a la deforestación de las regiones circundantes al lago, lo que ha propiciado el proceso de deterioro de la cuenca, que por lavado y escurrimiento de su superficie ha traído como consecuencia que el sistema paulatinamente se eutrofice y envejezca a una velocidad mayor de la que naturalmente lo haría si no estuviera impactada por las consecuencias de la actividad humana, como son las descargas de aguas residuales, domésticas, industriales y agrícolas, entre otras {Huizar-Álvarez, 2000}.



Aunado a esto, actualmente el lago se enfrenta a graves problemas como el azolvamiento, reducción de la superficie del espejo de agua, su capacidad de almacenamiento y su calidad {SEMARNAP, 1997}.

Por otro lado, se presentan algunos problemas en las pesquerías, ya que en algunos casos no se respeta la normatividad vigente en cuanto a las artes y métodos de pesca que se han implementado localmente, además de considerar que existe pesca furtiva y el bombeo de agua a los terrenos cercanos a las riberas.

3 Antecedentes

Algunas instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, Sociedad Mexicana de Ornitología y otras, como son, el FIRCO y *The Wild Life Society de México, A.C.*, han realizado diversos trabajos.

Algunos se han enfocado a estudios de aves acuáticas {Arellano y Rojas, 1956}; a la calidad del agua del embalse {García-Calderón, 1976}; y aspectos de su productividad primaria; Lot-Helgueras y Novelo-Retana (1978) enfocaron sus estudios a la vegetación lagunar.

También se han generado algunas propuestas para planes de conservación del embalse {Jiménez-Fernández 1996, Juárez-López, 1996 y Arrechea, 1996}; promoción turística del lugar (Jiménez-Fernández *et al*, 1996); composición hidroquímica y características geológicas de la cuenca {Huizar-Alvarez, 1997, 1998, 1999 y 2000}; problemática general del lago {FIRCO, 1992; SEMARNAP, 1997}; paleolimnología, {Caballero *et al*, 1999} y un "Programa Integral de Protección, Conservación, Restauración y Aprovechamiento de la Cuenca de Tecocomulco, Hidalgo", efectuado en 2001 por la Delegación Federal SEMARNAT en el estado de Hidalgo.



4 Descripción general

4.1 LOCALIZACIÓN

El lago de Tecocomulco es uno de los embalses más importantes del estado de Hidalgo desde el punto de vista social, económico, ecológico, económico y pesquero. Se encuentra al Sureste del estado (Fig. 2), en la cuenca hidrológica del mismo nombre, entre los $19^{\circ}50'00''$ y $19^{\circ}74'00''$ °N y $98^{\circ}21'00''$ y $98^{\circ}26'00''$ °W y a una altitud de 2,250 msnm {Lot-Helgueras y Novelo-Retana, 1978}. Queda comprendido entre dos regiones de integración territorial: al Norte con la región II Tulancingo; con la parte Sur en el municipio de Cuautepéc; y dentro de la región XI Apan, con el municipio de Tepeapulco. El lago se localiza a 17 km al Noreste de Ciudad Sahagún, en la confluencia de los municipios de Tepeapulco, Cuautepéc y Apan {Sec. Gob. y Gob. del Edo., 1988}. Sus aguas han sido aprovechadas desde tiempos de la época precolombina, con especies de importancia como el ajolote, el charal y la rana.

4.2 HIDROLOGÍA

La Cuenca de Tecocomulco, desde el punto de vista biogeográfico, es una subdivisión regional hidrológica de la Cuenca del Valle de México, que está ubicada en su parte Noreste y en el borde Sur de la Mesa Central, y queda comprendida en el centro de una gran zona volcánica que atraviesa la República Mexicana de Oeste a Este. Se le considera dentro del grupo de las "cuencas cerradas", que pertenecen a la Región Hidrológica número 26 (de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua). En referencia a la clasificación hidrológica, se le ha caracterizado por tener un drenaje de naturaleza endorreico {Huizar-Álvarez *et al*, 2000}.





Figura 2

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO

El lago se localiza a una altitud de 2,514.3 msnm. Está delimitado hacia el Norte y el Este, por los cerros que corresponden a las estribaciones de la Sierra del Norte del Estado de Puebla. Al Sur y Suroeste por los cerros de Carlota, Xihuingo, San Miguel y otros más, que sirven igualmente de límite de las cuencas vecinas de Tlanalapa y Apan. Es considerada como un humedal que forma parte de la cuenca hidrográfica del Valle de México y representa actualmente uno de los cuerpos de agua más importantes del estado, no sólo por su extensión, sino por lo poco contaminado de sus aguas y la buena conservación de su flora acuática.

Sus aguas provienen de manantiales de la Cañada de Alcantarillas, cuyos cauces cubren una longitud de 2.0 km; además, es alimentada por los ríos Coatlico, Toronjil y Tepozan, de los cuales, prácticamente fluye toda el agua en época húmeda {Huízar-Álvarez *et al*, 2000}. Existen otras corrientes de menor importancia que bajan de los cerros Viejo de Tultengo, Viejo de la Palma y volcán Coatzetzingo {Jiménez *et. al.*, 1996}. Durante la época de secas, sólo los ríos Cuatlaco

y la parte alta del río Tepozan conducen agua por lo que el embalse es severamente afectado por la temporalidad {Juárez-López, 2000}. Las inundaciones en el área circundante al lago ocurren en el periodo de lluvias (julio-septiembre), que abarcan una superficie de 1,498.8 ha aproximadamente. El área máxima después de lluvias intensas alcanza 5,500 ha, mientras que la mínima es de 2,800 hectáreas {FIRCO, 1992}.

La demarcación de la zona federal del vaso del lago está señalada por la curva de nivel de 2,514.3 msnm, cuyo perímetro está determinado por 86 monumentos. Fuera de esta curva se delimita la zona federal de 10 m, a pesar de que la superficie máxima cubierta original ascendía, aproximadamente, a 1,769 hectáreas. La profundidad promedio del embalse es de 1.50 m y su profundidad máxima es de 2.50 m en el centro de la misma; durante las lluvias suele alcanzar los tres metros, ya que el nivel del agua sube con rapidez, pero desciende en poco tiempo debido a la salida de las aguas por el canal de Tultengo. En temporadas de extrema sequía el lago tiende a secarse, por lo que suele quedar como un pantano con una profundidad media de 0.80 m {Lot-Helgueras y Novelo-Retana, 1978}. El volumen de agua promedio anual de la cuenca es de 2,718.24 Mm³ con gasto promedio de 1,028 m³ por segundo.

Las ciudades de Sahagún y Apan se abastecen del acuífero de Tecocomulco, además de que, directamente del embalse, se benefician más de 90 mil habitantes de los municipios de Tepeapulco y Cuauteppec. Al agua que se drena y la que se obtiene de los pozos se les da uso agrícola, agua potable y textil {INEGI, 2001} (Tabla 1).

Tabla 1

POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS QUE SE
BENEFICIAN DEL LAGO DE TECOCOMULCO.

FUENTE: INEGI, 2001

(SIGUIENTE PÁGINA)



MUNICIPIO	Tasa media de crecimiento anual 1990-2000 (%)	Total entidad	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)
CUAUTEPEC DE HINOJOSA.	2.2	45.110	48.4	38.2	55.9
TEPEAPULCO.	0.5	49.539	48.3	30.3	63.9
APAN.	1.1	39.513	48.1	32.9	60.7
TOTAL		134.162			

4.3 CLIMA

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (julio-septiembre), caracterizado por una precipitación pluvial anual de los 600 a 700 mm y una precipitación anual promedio de los 658 mm {Huizar-Alvarez *et al*, 1999}. La temperatura media anual oscila entre los 12 a 18° C, pero durante las noches de invierno se registran temperaturas hasta de -3 °C. La temperatura del mes más cálido es de 22 °C. El tipo de clima, según el sistema de clasificación Köepen modificado por García (1968), está representado por la fórmula C(w₁)(w)b(i¹). La estación Presa Tezoyo, operada por la SARH en 1990, reportó que los vientos en la región son débiles, con dirección Norte, en los meses de enero a julio; y débiles a moderados, con dirección Sureste, de julio a agosto {SEMARNAP, 1998}.

4.4 VEGETACIÓN

La vegetación acuática corresponde a la que existió en los antiguos lagos prehispánicos de Anáhuac y comprende a 35 especies acuáticas de 21 familias distintas {Jiménez *et al*, 1996}, entre las cuales destacan, en la porción central del lago, el tule (*Scirpus lacustris*) que alcanza de dos a cuatro metros de altura, en donde forma densas masas. También existen plantas hidrófilas emergentes, de hojas flotantes y sumergidas, además de hidrófitas flotantes, entre ellas, algunas destacan por su importancia medicinal (cuatro especies), forrajera (16 especies) y comestible (dos especies) {SEMARNAP, 1997}.

La vegetación original de las laderas y cerros era de encinos y pinos, aún reportada como escasa por García Calderón en 1976, mismos que fueron talados incontroladamente y en su lugar han crecido juníperos, magueyes, matorrales y nopales {Jiménez *et al*, 1996}.

4.5 FAUNA

Entre la fauna acuática del embalse destacan los charales (*Chirostoma sp.*); los ajolotes (*Ambystoma velasci*) que han sido parte de la alimentación local desde la época de los aztecas, y la rana (*Rana moctezumae*). Además hay aves acuáticas, entre ellas, 20 especies de patos, ocho especies de garzas, corbejones o ibis; varias especies de gallaretas, cercetas, el teozanate, pelicanos y los chichicuilotos {Jiménez-Fernández *et al*, 1996}. El embalse es hábitat para especies protegidas, entre ellas se tienen por lo menos seis especies de patos, además del ajolote. Asimismo, al lago llegan especies migratorias de aves neárticas y de Norteamérica {SEMARNAP, 1997}.

4.6 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

En la zona de la subcuenca de Tecocomulco existen alrededor de 15,000 habitantes distribuidos en diez localidades que son: Tultengo, Paredón, Tres Cabezas, Tepozan, Tecocomulco, Coyuco, Francisco Sarabia, Cocinillas, Alcantarillas y San Miguel de Allende {Huizar-Álvarez *et al*, 2000}. La principal actividad de la región es la agricultura, que se complementa con la ganadería; también hay otras actividades como son la cacería y la pesca.

La agricultura se realiza en las zonas aledañas al lago, en donde el uso de suelo para esta actividad es predominante, con un 46% de la superficie total. Los principales cultivos son la cebada, el trigo y el maíz. La ganadería es una actividad secundaria, con una explotación bovina, porcina y aves de corral a nivel familiar (FIRCO, 1992).

Hasta hace unos 25 años el lago producía suficiente tule para su procesamiento en tejidos artesanales en las ciudades de Tlaxcala y Puebla, actualmente se ha abandonado el aprovechamiento del recurso debido a la reducción del



humedal, sin embargo, se están generando propuestas para el rescate de esta actividad {Jiménez y Juárez, 1996}.

Aprovechando los ciclos migratorios de algunas aves, hay una temporada -en octubre- de cacería de patos y cercetas. La actividad se realiza bajo la supervisión de la SEMARNAT de Hidalgo. Por tal motivo, al lago también se le ha considerado como un lugar con importancia turística.

El turismo es una de las actividades de importancia local ya que representa ingresos económicos a las localidades cercanas al lago. Dentro de este rubro se conjuntan tres actividades principales que son la caza, la gastronomía propia de la región, a base de recursos como la rana, ajolote, pato y carpa, que son producto de la pesca y de la caza que constituyen una fuente de comercio local en menor proporción que la agricultura y ganadería ovina. Derivado de lo anterior, se han establecido restaurantes en las cercanías del lago, para ofrecer a los paseantes platillos preparados a base de estos recursos {Huizar-Alvarez *et al*, 2000}. Por último están los paseos o recorridos turísticos en su interior.

El principal aprovechamiento que se obtiene del lago es la pesca comercial. Entre las especies que se capturan están las carpas *Cyprinus carpio* (común) y *Carassius auratus* (carasio) que fueron los primeros ciprínidos introducidos {Lot-Helgueras y Novelo-Retana, 1978}; además, en los últimos 10 años se han sembrado las carpas Israel, barrigona, negra, plateada y herbívora.

4.7 NORMATIVIDAD

El lago de Tecocomulco es el punto de llegada de aves migratorias provenientes de Norteamérica. Dicho fenómeno ha dado origen a reuniones internacionales del *Comité Tripartita México-E.U.-Canadá para Conservar los Humedales y Aves Acuáticas Migratorias*, *Consejo para la Conservación de los Humedales de Norteamérica* y del *Consejo de Protección de Aves Migratorias y Mamíferos de Caza de México y E. U.*, por mencionar algunas {Jiménez-Fernández y Juárez-López, 1996, Juárez-López *et al*, 1996}, por lo que se han adoptado medidas locales de aprovechamiento y protección, como son cuotas de caza y calendario cinegético.



Respecto a la actividad pesquera, no existe ningún tipo de normatividad oficial sobre el aprovechamiento de las especies de carpas en el lago, pero entre ambas organizaciones y la Subdelegación de Pesca de la SAGARPA en Hidalgo, se ha establecido un esquema de utilización de los recursos del lago, por medio del uso de seis redes de enmalle de 10.16 cm (4 pulgadas) de abertura de malla, como máximo, y una embarcación tipo cayuco, impulsada con remos de vara, por socio; a los pescadores no se les permite entrar al lago a realizar su actividad con otras personas que no estén en el padrón de registro, ni con lanchas impulsadas por motor fuera de borda. Asimismo, se determinaron las zonas de siembra en el embalse, en los sitios de arribo de cada organización, y una zona de crianza en la zona de arribo de la organización de San Miguel, ésta última, también está designada como área de protección para el desarrollo de crías y juveniles. Para la operación de los equipos de pesca, ambas organizaciones han establecido una "división" natural (Fig. 3) del embalse y efectúan sus actividades pesqueras de acuerdo al número de socios e infraestructura disponible.



Figura 3

UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE CAPTURA, SIEMBRA Y PROTECCIÓN EN EL LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO.



5. Producción pesquera y repoblamiento

5.1. ORGANIZACIÓN Y ESFUERZO PESQUERO

De acuerdo con la información oficial, actualmente operan dos organizaciones de pescadores, legalmente reconocidas por las autoridades, que son la SSS PP de Tecocomulco de Juárez y la SSS PP de San Miguel de Allende (Tabla 2). En conjunto, tanto las autoridades como los pescadores de ambas sociedades, se han organizado para la aplicación de algunas medidas administrativas en el lago.

La asociación de San Miguel tiene dos sitios de desembarque, la Rinconada (al Norte) y Barrio 94 (al Noroeste). La sociedad de Tecocomulco cuenta con un sitio de desembarque. Actualmente están registrados 68 socios de los cuales operan 57, quienes utilizan 342 redes de enmalle. El número de embarcaciones registradas, tipo cayucos de madera, es a razón de una por pescador. Las actividades de pesca se realizan todos los días de la semana y durante casi todo el año, dedicándoles de tres a seis horas diarias.

Tabla 2

DESCRIPCIÓN DEL ESFUERZO PESQUERO EN EL LAGO DE TECOCOMULCO EN 2001.

FUENTE: SUBDELEGACIÓN DE PESCA DE LA SAGARPA-HIDALGO, 2002.

Organización	Municipio	No. de Socios Registrados	No. de Socios que operan	No. de embarcaciones	No. de redes enmalle
SSS PP San Miguel de Allende	Tepeapulco	25	39	39	234
SSS PP Tecocomulco de Juárez	Cuautepec	43	18	18	108
	Total	68	57	57	342

Ambas organizaciones lograron un total de 24.3 toneladas para el año 2001 (Tabla 3). Asimismo, de acuerdo con la información de la producción pesquera disponible y su relación con el repoblamiento, indica que está determinada principalmente por la siembra de peces.

Tabla 3

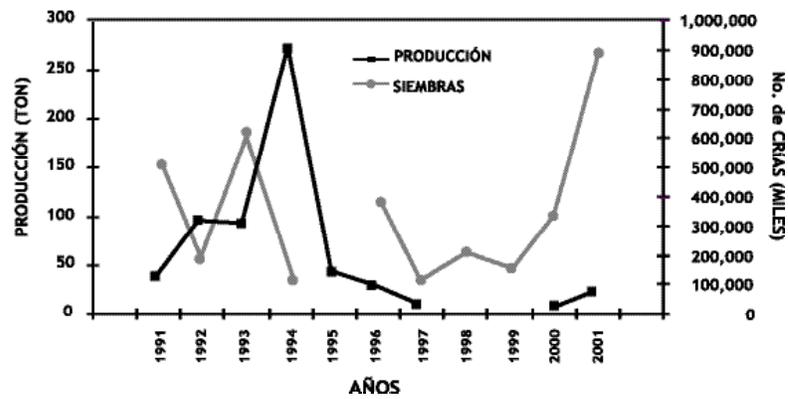
VALOR ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN PESQUERA DURANTE EL AÑO 2001.
FUENTE: SUBDELEGACIÓN DE SAGARPA-HIDALGO, 2002.

ORGANIZACIÓN	VOLUMEN (Kg)	VALOR (\$)
SSS PP San Miguel de Allende	12 001.0	184 495.0
SSS PP Tecocomulco de Juárez	12 343.0	218 710.0
Total	24 344.0	403 205.0

5.2. RELACIÓN CAPTURAS Y REPOBLAMIENTO

En la Fig. 4, se comparan las capturas y siembras en un período de 10 años (1991 a 2001), donde se observan dos etapas. La primera, de 1991 a 1995, con una relación directa entre las siembras y la producción; la segunda, de 1996 a 2001, sin una correspondencia directa. Lo anterior se debió a la falta de siembras en 1995 y a la influencia de los fenómenos de sequía e inundación en los años de 1998 y 1999 respectivamente, por lo que en esta última etapa las capturas están muy por debajo del máximo obtenido en 1994.





AÑO	PRODUCCIÓN	SIEMBRA
1991	38.4	510 000
1992	97.5	200 000
1993	93.4	594 000
1994	274.0	126 000
1995	40.0	N.S
1996	24.6	400 000
1997	13.4	120 000
1998	N.R	199 000
1999	N.R	150 000
2000	7.4	355 000
2001	24.4	885 000

N.R. No hay registro.
 N.S. No hubo siembra.

Figura 4

GRÁFICA Y DATOS DE SIEMBRAS Y PRODUCCIÓN PESQUERA
 DEL LAGO DE TECOCOMULCO DE 1991 A 2001.

FUENTE: SUBDELEGACIÓN DE SAGARPA EN HIDALGO, 2002.

En el embalse no se han hecho estudios en torno a las siembras por lo que es necesario realizarlo a través de métodos de captura-recaptura, marcando un lote de animales seleccionados para conocer su distribución natural en el cuerpo de agua, proporción de sexos, patrones de crecimiento, mortalidad y sobrevivencia. Sus resultados permitirán relacionarlos directamente con la producción y considerar que se deberá sembrar una mayor proporción de especies de rápido crecimiento y conversión nutricional, como la carpa herbívora, que las siembras sean programadas en una época anterior a la llegada de las aves migratorias acuáticas, esto con la finalidad de minimizar el efecto de mortalidad por depredación.

Para resolver los problemas relacionados a la pesca en el embalse, se deben mejorar los sistemas de obtención de información sobre captura y esfuerzo aplicados en ambas organizaciones, mediante el reporte oportuno de los datos de producción, además de que las actividades de inspección y vigilancia se deben implementar conjuntamente con los pescadores.

6 Resultados

ESTUDIO REALIZADO POR EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

Este trabajo es el primero que presenta información actualizada sobre las condiciones del aprovechamiento de los recursos pesqueros relacionados con otras actividades económicas como son el ecoturismo y la caza de aves.

METODOLOGÍA

Las muestras de agua para la determinación de nutrimentos, alcalinidad total, dureza total y clorofila se colectaron por medio de una botella Van Dorn a dos niveles de profundidad, superficie y fondo.

La transparencia se determinó por medio del disco de Secchi. La temperatura y oxígeno disueltos se midieron con un multisensor marca YSI 85, mientras que el pH se midió por medio de un potenciómetro marca Hanna.



La alcalinidad y dureza totales se determinaron en campo, utilizando para ello las técnicas volumétricas de los indicadores (APHA, 1969), en tanto que las muestras para nutrientes y clorofilas, se conservaron en hielo para su transporte y análisis en el Laboratorio Central de Química y Microbiología.

La técnica empleada para determinar fósforo reactivo soluble y fósforo total (digestión con persulfato), fue la de cloruro estañoso (APHA, 1989).

La concentración de nitritos, se cuantificó por el método de la sulfanilamida (APHA, 1989), mientras que nitratos y nitrógeno total (digestión con persulfato), se determinaron por espectroscopía ultravioleta de la segunda derivada (Crumpton *et al*, 1992).

Para las clorofilas se usó el método espectrofotométrico con extracción en acetona al 90% (APHA, 1989).

En las zonas de arribo se analizaron las capturas comerciales para identificar la composición por especie por embarcación, así como la toma de datos merísticos (longitudes total y estándar y altura, en centímetros y peso en gramos) por medio de un ictiómetro y cinta métrica; para registrar el peso se usó una balanza de reloj con precisión de 5 gramos. Con estos resultados se elaboraron bases de datos, con los cuales se hicieron análisis correspondientes a histogramas de talla, peso y abundancia de las especies colectadas.

Los muestreos tecnológicos se realizaron en las zonas de pesca de cada una de las organizaciones pesqueras, para obtener información directamente de los equipos de pesca y de los recursos que inciden en las capturas. Los datos obtenidos para la caracterización y descripción de los sistemas de captura, se basaron en los criterios de la FAO (1975). Las medidas que se tomaron fueron: Longitud de la Relinga Superior (Lrs); Longitud de la Relinga Inferior (Lri); Tamaño de malla, Número de mallas de caída, Número y peso de Plomos Número y tipo de Flotadores. Las dimensiones de las embarcaciones que se tomaron fueron: Es-lora, manga, puntal y material de construcción. Con base en lo anterior se realizó el análisis de la información obtenida de las redes con diferentes tamaños de malla, los datos se agruparon en frecuencias relativas comparando las modas para determinar su eficiencia de captura conforme al método de Gulland (1983).

La descripción del esfuerzo pesquero se realizó comparando la información proporcionada por los registros oficiales y con la información obtenida directamente de las encuestas a los pescadores. La estimación de la captura por unidad de esfuerzo fue definida en términos de los rendimientos en kilogramos por embarcación por día de trabajo (kg/día/pescador).

Para cubrir los aspectos socioeconómicos se contó con la metodología y asesoría propuestas por Ovalle-Muñoz (2001).

6.1 LIMNOLOGÍA

El lago es un sistema somero, cuya profundidad promedio para este estudio es de 1.18 ± 0.40 m. Es un cuerpo de agua cristalino, con un promedio de visibilidad al disco de Secchi de 0.52 ± 0.88 m, la cual disminuye en la temporada de lluvias, debido al aporte de agua de los ríos y arroyos que en ella confluyen. La alta visibilidad que presenta el sistema se debe a la presencia de las macrofitas acuáticas sumergidas que impiden la resuspensión del sedimento. Con respecto a la temperatura, el lago presenta un comportamiento termal de tipo polimíctico caliente continuo, con un periodo de ligera tendencia a la estratificación de mayo a julio (Fig. 5). La circulación se ve favorecida en los meses de mayor precipitación pluvial y fuertes vientos del Norte.

La temperatura promedio para superficie es de 17 ± 1.9 °C, y para fondo de 16 ± 1.9 °C, con una diferencia termal entre ambos estratos de un grado centígrado.

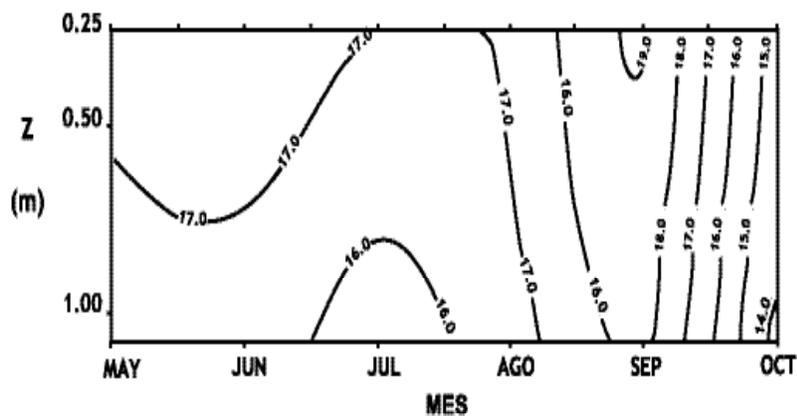


Figura 5

DIAGRAMA PROFUNDIDAD-TIEMPO DE LA TEMPERATURA (°C) DEL LAGO DE TECOCOMULCO.

Los valores promedio de oxígeno disuelto son de $4.25 \pm 2.03 \text{ mg l}^{-1}$ en superficie y de $3.10 \pm 2.18 \text{ mg l}^{-1}$ para fondo. La pobre oxigenación que presenta el lago (Fig. 6) se debe a la descomposición de la materia orgánica proveniente de las macrofitas acuáticas sumergidas y emergentes. Y, a la presencia de tule, el cual cubre aproximadamente el 80% del lago, esto impide la mezcla de la columna de agua por el viento, ya que actúa como una barrera rompevientos, lo que causa que las concentraciones de oxígeno se encuentren por debajo del límite óptimo de 5 mg l^{-1} que establecen Swingle (1969) y Boyd (1971), para el buen desarrollo de las carpas.

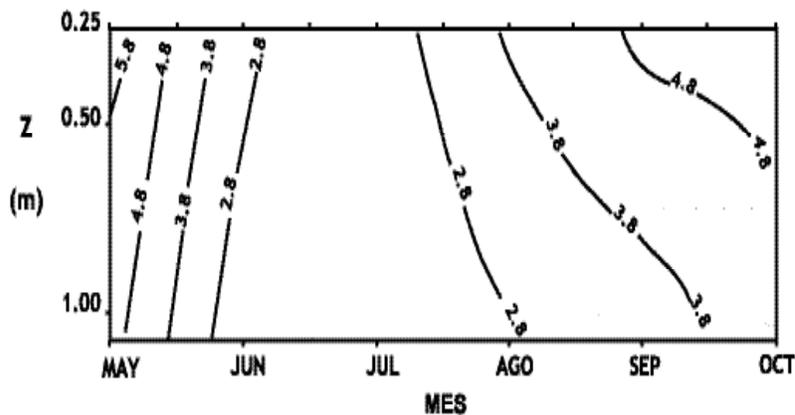


Figura 6

DIAGRAMA PROFUNDIDAD-TIEMPO DEL OXÍGENO (MG L^{-1}) DEL LAGO DE TECOCOMULCO.

El pH es variable de neutro (7.01), hasta básico (10.96) tanto para superficie como para fondo, con valores promedio en ambos estratos de 8.79 ± 1.22 , por lo que el agua quedaría clasificada como básica. Ésta estuvo compuesta por bicarbonatos y carbonatos, donde la variación en sus concentraciones es debida a la estacionalidad. El contenido promedio

para ambos estratos es de $141 \pm 40 \text{ mg l}^{-1} \text{ CaCO}_3$, lo cual clasifica al lago como de alcalinidad media. La variación entre la proporción de bicarbonatos y carbonatos, lo mismo que para el pH, es debida, como lo establecen Wetzel (1981) y Cole (1988), a los procesos fotosintéticos de las macrofitas acuáticas.

La alcalinidad es mayor que la dureza total, lo que implica que una parte de los iones bicarbonatos y carbonatos no están ligados a los iones calcio y magnesio, sino muy probablemente al sodio, lo que explica los altos niveles de pH. Las concentraciones promedio para la dureza total son de $87 \pm 43 \text{ mg l}^{-1} \text{ CaCO}_3$ en ambos estratos, catalogándose el agua como blanda.

En la Tabla 4 se presentan las concentraciones de los nutrimentos, los cuales no manifestaron variación vertical pero sí estacional. Los compuestos del nitrógeno no presentan cambios estacionales tan conspicuos como el fósforo, lo que indica que la productividad primaria depende más de este nutrimento que del nitrógeno.

Tabla 4

VALORES PROMEDIO, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS COMPUESTOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO.

	NITRITOS $\mu\text{g l}^{-1}$	NITRATOS $\mu\text{g l}^{-1}$	NITROGENO TOTAL $\mu\text{g l}^{-1}$	FOSFORO REACTIVO $\mu\text{g l}^{-1}$	FOSFORO TOTAL $\mu\text{g l}^{-1}$
PROMEDIO SUPERFICIE	1.4	600	1 180	21.65	89.9
MÍNIMO SUPERFICIE	N.D.	110	320	N.D.	N.D.
MÁXIMO SUPERFICIE	6.1	1 250	2 900	70	320
PROMEDIO FONDO	2.6	590	1 180	25.9	94.81
MÍNIMO FONDO	N.D.	110	320	N.D.	N.D.
MÍNIMO	34.2	1 250	2 450	70	242

N.D. NO DETECTADO.



Según la clasificación propuesta por Rast y Holland (1988) y Smith *et al* (1999), con base en los compuestos de fósforo, el lago de Tecocomulco quedaría clasificado como mesotrófico.

La clorofila *a*, tiene su máximo en el mes de mayo, con una concentración promedio en superficie de $4.9 \pm 7.6 \mu\text{g l}^{-1}$ y en fondo de $7.7 \pm 10.7 \mu\text{g l}^{-1}$, lo que lo cataloga como un sistema mesotrófico según los criterios de Rast y Holland (1988) y Smith *et al* (1999), siendo la primavera la estación más productiva.

La principal fuente de productividad primaria del lago de Tecocomulco se debe a las macrofitas, tanto sumergidas como emergentes y flotantes, y no al fitoplancton. A este respecto Doukoulil (1973) y Wetzel (1981) mencionan que debido a la competencia por la luz y los nutrimentos, las macrofitas acuáticas provocan una inhibición en el crecimiento del fitoplancton.

A causa de su estado mesotrófico, el lago, según Rosas (1981), sería medianamente productivo para la producción de pescado.

Con base en todo lo anterior, la especie de cripínido más recomendable para ser sembrada en el lago es la carpa herbívora.

6.2 BIOLOGÍA PESQUERA

El esfuerzo pesquero lo realizan dos organizaciones pesqueras (Fig. 3) que en su conjunto lo conforman 39 pescadores, quienes ocupan 342 redes agalleras; además, cuentan con 57 embarcaciones menores.

Las capturas comerciales del muestreo estuvieron constituidas por siete especies de ciprínidos:

Carpa barrigona	<i>Cyprinus carpio rubrofuscus</i>
Carpa herbívora	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>
Carpa carasio o dorada	<i>Carassius auratus</i>
Carpa Israel o espejo	<i>Cyprinus carpio specularis</i>
Carpa negra	<i>Mylopharyngodon piceus</i>
Carpa plateada	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>
Carpa brema	<i>Amblycephala megalobrema</i>



En la Tabla 5, se observa que la longitud total promedio menor corresponde a la carpa barrigona, seguida de la carasio e Israel, y la mayor a la negra. Mientras que el peso mínimo promedio corresponde a la carasio y el máximo a la negra. Cabe aclarar que para el peso, se utilizó como medida de tendencia central la mediana, debido a que se encontraron valores extremos.

Tabla 5

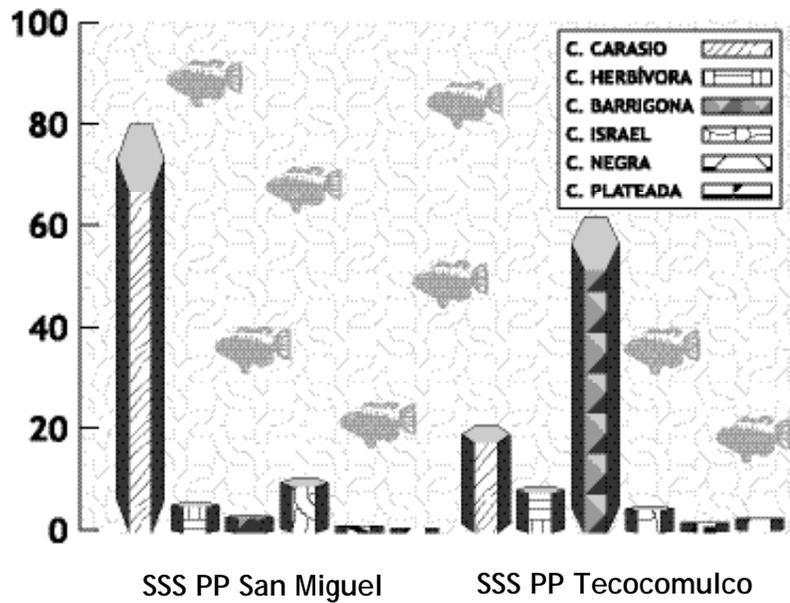
TALLAS Y PESOS MÍNIMOS, MEDIOS Y MÁXIMOS DE LAS CARPAS, DURANTE LOS MUESTREOS EN EL LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO.

ESPECIE	LONGITUD TOTAL			PESO		
	MÍNIMA	MEDIANA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIANA	MÁXIMA
CARASIO	20.0	26.8	37.5	185	360	1 500
HERBÍVORA	20.0	35.0	44.5	210	580	1 100
BARRIGONA	21.0	25.4	32.0	184	325	1 000
ISRAEL	20.0	26.9	41.0	232	460	1 100
NEGRA	40.0	44.0	48.0	740	920	1 100
PLATEADA	25.5	29.3	30.0	310	370	380

NOTA: Debido a que únicamente se capturó un individuo de la carpa brema, durante este estudio, la especie no aparece en la Tabla.

En la Fig. 7 se observa la composición específica de las carpas, en donde la carpa carasio o dorada (*Carassius auratus*) representa el mayor porcentaje y frecuencia en las capturas de la organización denominada San Miguel de Allende con el 82%, mientras que la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) es la más abundante en la organización de Tecocomulco, con el 62 por ciento.





ESPECIE	PORCENTAJES	
	SSS PP San Miguel de Allende	SSS PP Tecocomulco de Juárez
C. CARASIO	82.0	21.7
C. HERBÍVORA	5.0	8.15
C. BARRIGONA	3.9	61.9
C. ISRAEL	9.1	4.3
C. NEGRA	0.4	1.6
C. PLATEADA	0.0	2.1

Figura 7

PROPORCIÓN DE ESPECIES EN LA CAPTURA TOTAL DURANTE LOS MUESTREOS EN EL LAGO DE TECOCOMULCO.

De acuerdo con los resultados por organización, de la composición y abundancia de las especies de carpa, se observa una zonación de las especies predominantes. Mientras que la carpa carasio es capturada en mayor proporción por la sociedad de San Miguel de Allende, que opera en el lado Norte y Noreste



del lago, la carpa barrigona es la especie más capturada por la sociedad de Tecocomulco que opera al Noreste del lago, región que está despejada de tule y los vientos predominantes son en sentido Norte-Sur; esta condición favorece más la aireación del agua provocando mayor concentración de oxígeno disuelto, lo que propicia la preferencia de las carpas barrigona y plateada para desarrollarse en ese lugar. Lo anterior también puede ser el reflejo de las siembras en esta zona, que han sido básicamente de carpa barrigona durante los últimos años.

Las carpas herbívora y negra son las que alcanzan los mayores pesos en la zona de pesca de San Miguel de Allende, esto se debe a que sus hábitos alimenticios están relacionados con la alta densidad de macrófitas en el lugar. Asimismo, la presencia de tule permite que especies como la carpa carasio la utilicen como zona de refugio y alimentación, además, de que dificulta su captura, ya que se rompen las redes y es más difícil su recuperación.

Es necesario implementar otras actividades alternativas a la pesca, tales como el cultivo de las especies nativas del lago como son el ajolote y la rana. Además, realizar el estudio de cultivos de pescado blanco y el charal, ya que aparte de tener un valor alimenticio favorable, el precio de venta es hasta de cuatro a cinco veces mayor que el de la carpa.

6.3 TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE CAPTURA

Las principales artes de pesca utilizadas son las redes de enmalle, con una abertura de malla de 10.16 y 10.79 cm (4 y 4 1/4 pulgadas), con longitudes en la relinga superior de 15 a 55 m, con una altura de trabajo de aproximadamente 1.20 a 2.20 m. Son de confección industrial y construidas con base en la experiencia práctica de cada pescador y de las características de ubicación de las zonas de pesca. Los porcentajes de encabalgado fluctúan del 40 al 60%, influyendo en los rendimientos de las capturas y selección de tallas.

De acuerdo con las características de instalación y al nivel de la columna de agua en la que trabajan las redes, éstas operan al nivel de superficie. La Fig. 8 describe las principales



características técnicas de una red de enmalle utilizada en las operaciones de pesca en el lago de Tecocomulco, Hidalgo.

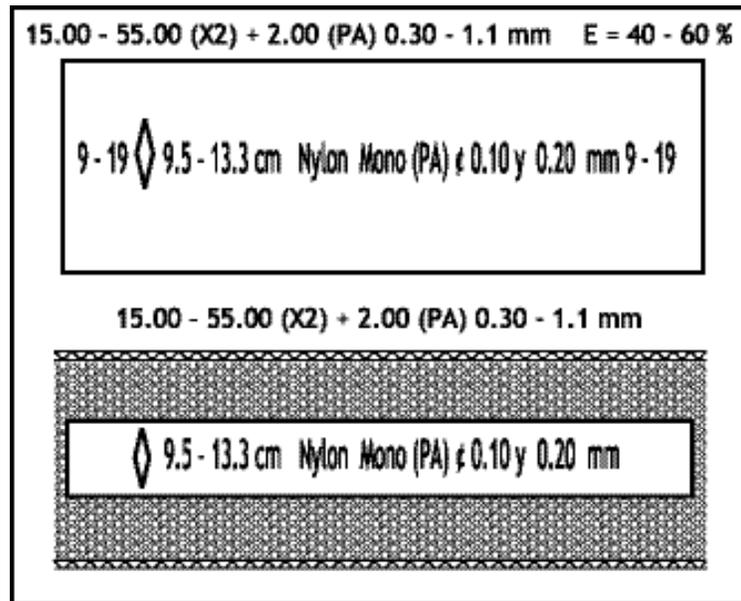


Figura 8

ESQUEMA DE RED DE ENMALLE (AGALLERA) EN EL LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO.

Para la instalación de estos equipos no se requiere ningún tipo de flotador o lastre; ésta se realiza a partir de la fijación de ambos extremos de la relinga superior a varas o varillas de hierro que son incrustadas en el fondo del lago, de tal forma que la red adquiere su conformación de trabajo, formando una muralla vertical de red o barrera de paño que es perpendicular a la dirección migratoria de los peces.

Comparativamente las redes de 10.16 cm (cuatro pulgadas) capturan mayores porcentajes de organismos con tallas de 21.5 a 27.5 cm en longitud total, con una moda de 24 cm, mientras que la red de 10.79 cm (4 + pulgadas) captura menores porcentajes de organismos en el mismo intervalo de tallas, pero con una moda de 22 centímetros (Fig. 9).

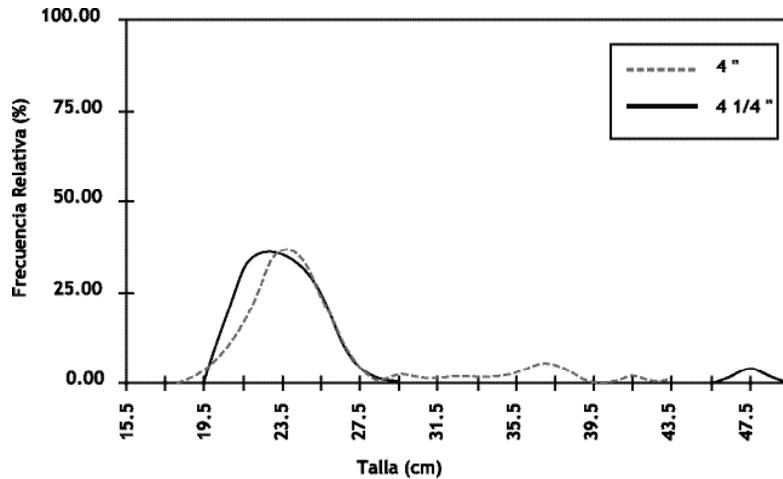


Figura 9

CURVAS DE FRECUENCIA RELATIVA PARA LA CARPA EN EL LAGO DE TECOCOMULCO, HIDALGO.

En la mayor parte de las redes existe una instalación inadecuada de sus elementos básicos, y la modificación o sustitución de éstos, así como bajos porcentajes de encabalgdo o armadura, que intervienen limitando su forma operacional de trabajo, por medio del método de agalle y, a su vez, en la eficiencia de la captura de organismos de talla comercial por este método.

Las embarcaciones empleadas en las operaciones de captura son del tipo artesanal, comúnmente denominados "cayucos", estos son construidos con diferentes tipos de madera de la región, principalmente de madera de pino. Estas embarcaciones son reforzadas en su parte inferior (quilla) por tramos de madera rectangulares de diferentes dimensiones y tienen un intervalo aproximado de dos a cuatro metros de largo (eslora) y de 0.40 a 0.60 m de altura (punta).

Es necesario que los pescadores acudan a cursos de capacitación y asesoría sobre los aspectos tecnológicos de los equipos pesqueros, enfocados al armado y construcción e instalación de los equipos, a fin de que los integrantes de las



agrupaciones adquieran los conocimientos que les permitan un uso adecuado. Lo anterior permitiría, con base en los criterios de selección de tallas, poder determinar las tallas óptimas de captura por tamaño de malla, así como las tallas mínimas de captura para el adecuado aprovechamiento de los recursos.

Se recomienda hacer un estudio utilizando redes de enmalle experimentales de diferentes aberturas y porcentajes de armadura de malla para poder obtener muestras de organismos que representen toda estructura de selección de tallas de la población, para realizar un estudio para la selectividad de los equipos de captura, ya que el presente estudio estuvo limitado a las artes de pesca comerciales que son utilizadas por los pescadores.

6.4 CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) DEL MUESTREO

De acuerdo con los datos obtenidos de en el año 2001, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio, para ambas organizaciones, es de 2.73 Kg/pescador/día, lo que genera una ganancia de \$41.95 diarios por pescador, considerando que el kilogramo de carpa lo venden a \$15.00.

Con base en lo anterior, es recomendable no incrementar el número de redes ni otorgar más permisos de captura, mientras no se realicen evaluaciones confiables de las poblaciones pesqueras.

6.5 ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO

Actualmente la producción pesquera del lago ha disminuido, lo que ha motivado a que algunos pescadores abandonen la actividad; otros la combinan con labores agrícolas (San Miguel de Allende) y de construcción (Tecocomulco). Todavía el 50% de ellos depende de la pesca. Alternativamente, los pescadores de la organización de San Miguel de Allende combinan sus actividades con el turismo.

En términos generales, los pescadores tienen un nivel de educación de primaria terminada o no concluida y son de escasos recursos. La mayoría de las casas en las

que viven son propias, pero muchas no cuentan con todos los servicios como drenaje y agua potable. En cuanto a la infraestructura de las organizaciones, sólo la de San Miguel tiene una caseta, en condiciones precarias debido a que las ganancias no son suficientes para darle mantenimiento.

La antigüedad que tiene la mayoría de los socios en la actividad pesquera es entre los 10 y 20 años. Le dedican de tres a cinco días de la semana, con una jornada de trabajo de tres a seis horas diarias.

El precio por kilogramo de carpa es de \$15.00 a \$20.00, el resto de la captura la destinan al autoconsumo. El producto de la captura lo comercializan vivo a los compradores ocasionales, restaurantes de la región o venta en otras localidades. No tienen ninguna forma de procesamiento del producto, por lo que no le dan valor agregado. Los ingresos obtenidos de la pesca, por mes de trabajo en el año 2001, fueron de uno a dos salarios mínimos.

En opinión de ellos mismos, la razón principal por la que son socios es la de tener mejores ingresos económicos y alimento para su familia. La mayoría de los pescadores se enfrenta a problemas financieros, debido a la falta de apoyo para comprar embarcaciones y artes nuevas de pesca. Además, la baja producción no les reditúa grandes ganancias para poder mantener adecuadamente a sus familias.

7. Conclusiones

El lago de Tecocomulco es un embalse natural de gran importancia en el estado de Hidalgo. En él, y en su entorno, se desarrollan actividades económicas de diferente naturaleza, tales como la agricultura de temporal, la ganadería, la pesca, la caza y el turismo. Dentro de éstas, la pesca es una de las actividades más importantes desde el punto de vista social, y por los ingresos económicos que aporta a los usuarios.

El potencial del lago se considera en tres categorías: ecológico, económico y social, ya que, además de generar



parte del volumen de producción de la pesca estatal es uno de los principales medios de vida de un determinado número de pescadores, agrupados en dos organizaciones, que se dedican a esta actividad.

Este embalse es un cuerpo de agua somero y con una alta visibilidad al disco de Secchi, misma que disminuye en la temporada de lluvias. Presenta dos periodos térmicos, uno de ligera estratificación y otro de circulación, clasificándose como polimíctico caliente continuo. La dinámica del lago es influenciada por las épocas de lluvia y sequía, y por la abundancia de la vegetación acuática, donde las variaciones en los distintos parámetros se deben a los cambios estacionales y no espaciales. Con base en las concentraciones de fósforo, el lago se clasifica como mesotrófico. La alcalinidad del agua está dada por carbonatos y bicarbonatos, clasificándose como de alcalinidad media y, con respecto a la dureza como blanda.

Debido a la densidad de la vegetación el pH es alcalino y puede oscilar entre los 7.01 a 10.96, lo cual es característico de ambientes productivos. Con base en las concentraciones de clorofila *a*, el lago se clasifica como mesotrófico. Con respecto a la productividad primaria, las macrofitas son la parte de la vegetación acuática más importante, que sostienen a las pesquerías, y el fitoplancton del lago queda en segundo término.

Con base en las condiciones limnológicas y los vientos predominantes se propicia una zonación en la distribución y abundancia de las especies pesqueras, además de que éstas aprovechan la zona del tular como refugio para evitar la captura y depredación por aves acuáticas. La captura comercial está representada por siete especies de carpa. De éstas, para la SSS PP San Miguel Allende, la que más abunda es la carpa carasio y, para la SSS PP Tecocomulco de Juárez, es la carpa barrigona. Durante el periodo de lluvias se registran las mejores capturas y con organismos de mayor talla de las tres especies más representativas (carasio, barrigona e Israel).

Las artes de pesca utilizadas por los pescadores de esta localidad, se clasifican dentro del grupo de aparejos de pesca pasivos, por su método de captura, destacando las redes de enmalle construidas con material de confección in-



dustrial. Su armado es en forma manual y empírica, de acuerdo con la experiencia de los pescadores, quienes utilizan diferentes porcentajes de armadura o encabalgado, que varían del 40 al 60%, además de diversas modificaciones, lo que influye en el rendimiento de captura y en la selección de tallas. Existe una diferencia en las capturas de estas redes con diferente tamaño de malla, de las cuales, la red de 10.16 cm (cuatro pulgadas) es la más eficiente para las capturas.

Los pescadores invierten en la actividad de tres a seis horas al día, saliendo a pescar de tres a cinco días a la semana durante casi todo el año. El 50 % depende directamente de la pesca. El ingreso económico de la mayoría de los socios es de uno o dos salarios mínimos. La actividad principal del otro 50% es la agricultura y en ella participa toda la familia. El precio de venta fluctúa en \$15 .00 a \$20.00 por kilogramo de producto vivo y su venta es inmediata a los compradores ocasionales, restaurantes de la región o en otras localidades. Una parte de la captura la destinan al autoconsumo.

De acuerdo con lo anterior, resta por establecer un plan de manejo integrado del embalse, que considere la interacción de la pesca comercial con las demás actividades productivas. Para dar mejor soporte técnico a dicho plan, se requiere fortalecerlo a través de la realización de estudios enfocados a la dinámica poblacional pesquera en el lago, que constaría de los siguientes aspectos:

Un estudio de las siembras de peces, por medio de métodos de captura-recaptura, de lotes de organismos para conocer su distribución natural en el cuerpo de agua; su proporción de sexos; patrones de crecimiento; mortalidad natural; mortalidad por pesca y su sobrevivencia. Los resultados permitirían relacionarlos directamente con la producción pesquera del embalse, determinado montos de las siembras; épocas más favorables de éstas y determinar las especies más apropiadas a las características del embalse; especificar las tallas de capturas óptimas de las especies objetivo de la pesca, etcétera.



Hacer un estudio utilizando redes de enmalle experimentales, de diferentes luces de malla para poder obtener muestras de organismos que representen todas las tallas de la población pesquera. Lo anterior se debe a que el presente estudio estuvo limitado a las artes de pesca utilizadas por los pescadores. Paralelo a este estudio se sugiere probar con otros sistemas de captura como las trampas para peces, que se emplean en otros embalses del país.

Con base en las condiciones y características que han sido detectadas, específicamente de los sistemas de pesca, se plantea necesario la realización de cursos de capacitación y asesoría, preferentemente sobre el armado, construcción e instalación de equipos pesqueros, a fin de que los pescadores adquieran los conocimientos que permitan la construcción, instalación y su uso adecuado.

Es necesario implementar otras actividades alternativas a la pesca, tales como efectuar cultivos o semicultivos de las especies nativas de la laguna, como son el ajolote y la rana. Además de realizar un estudio de cultivo del pescado blanco y del charal, ya que tienen un valor alimenticio favorable y se obtienen mejores beneficios económicos derivados de su comercialización, comparados con los de la carpa. Lo anterior ya había sido recomendado por otros autores.

Optimizar el sistema de obtención de información sobre la captura y el esfuerzo aplicados por las organizaciones pesqueras que operan en el embalse, por medio de la captación de información a través de formatos. Finalmente, las actividades de inspección y vigilancia se deben implementar conjuntamente con los pescadores.

LITERATURA CITADA

APHA, 1985.

Standard methods. For the examination of water and Wastewater. 16th ed. Am. Public Health Assoc., Washington, D.C.

ARRECHEA, G., 1996.

Proyecto para la conservación de la Lago de Tecocomulco Estado de Hidalgo. Resumen ejecutivo. The Wildlife Society de México, A.C. 25 p.

ARELLANO, A.M. y P. ROJAS M., 1956.

Aves acuáticas migratorias de México. Vol. I. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A.C. México.

BOYD, C.E., 1979.

Water quality in warmwater fish ponds. Auburn, University of Alabama. USA. 345 p.

CABALLERO, M; S. LOZANO; B. ORTEGA; J. URRUTIA y J.L. MACÍAS, 1999.

Environmental characteristics of Lake Tecocomulco, northern basin of Mexico, for the last 50,000 year. Journal of Paleolimnology. 22: 399-411.

COLE, A.G., 1988.

Manual de Limnología. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina 405 pp.

CRUMPTON, W.G., T.M. ISENHART and P.D. MITCHELL., 1992.

Nitrate and organic N Analysis with second derivatide spectroscopy. Limnol. Oceanogr. 37:907-913.



DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1994.

NOM-059-ECOL-1994. Que determina a las especies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, raras, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial. 16 de mayo de 1994. México.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2000.

Carta Nacional Pesquera. Tomo DLXIII, Número 20. 28 de agosto del 2000. México.

DOKULIL, M., 1973.

Planktonic primary production within the phragmites community of lake Neusiedlersee (Austria). Pol. Arch. Hydrobiol. 20:175-180.

FAO, 1975.

Catálogo de artes de pesca artesanal. England, FAO. Dirección de Industrias Pesqueras.

FIRCO, 1992.

Ordenación de la cuenca de Tecocomulco. Pachuca, Hidalgo. Tomo 1.

GARCÍA CALDERÓN, J.L., 1976.

Calidad del agua y recurso pesquero Lago Tecocomulco, Hidalgo. Informe preliminar. Departamento de Evaluación. UAM Ixtapalapa. 12 p.

GARCIA, E., 1988.

Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. México. 217 p.

GULLAND, J.A., 1983.

Fish stock assessment. A manual of basic methods. Wiley and Sons.

GUTIÉRREZ ZAVALA, R.M., E. CABRERA MANCILLA, P.A. PÉREZ VELÁZQUEZ y E.A. BERMÚDEZ RODRÍGUEZ, 2002. *Evaluación biológico-pesquera de las principales pesquerías de la Lago de Tecocomulco, Hidalgo (mayo a octubre y diciembre de 2001)*. Informe Final de Investigación Anual 2001, Documento interno. Instituto Nacional de la Pesca. 52 p.

HERRERA-CABAÑAS, A., 1987. *La Lago de Tecocomulco*. Inédito. 25 p.

HUÍZAR-ÁLVAREZ, R., 1997. *Hydrochemistry of the aquifers in the Rio Las Avenidas Basin, Pachuca, Hidalgo, México*. Water, Air, and Soil Pollution. 96:185-201.

HUIZAR-ALVAREZ, R.; J.O. CAMPOS-ENRÍQUEZ; J. LERMO-SAMANIEGO, O. DELGADO-RODRÍGUEZ y A. HUIDOBRO-GONZALEZ, 1997. *Geophysical and hydrogeological characterization of the sub-basin of Apan and Tochac (México basin)*. Geofísica Internacional Vol. 36(4): 217-233.

HUÍZAR-ALVAREZ, R.; T. MÉNDEZ G. y R. MADRID R., 1998. *Patterns of groundwater hydrochemistry in Apan-Tochac sub-basin, México*. Journal des Sciences Hydrologiques. 43(5): 669-685.

HUÍZAR-ALVAREZ, R.; T. MÉNDEZ G. y R. MADRID R., 1999. *Hidrogeoquímica del agua subterránea de la subcuenca de Apan-Tochac, Hidalgo, México*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 16(1): 89-96.

HUÍZAR-ALVAREZ, R.; T. CAMPOS E.O., y L.M. MITRE S., 2000. *Evaluación hidrogeológica de la subcuenca de Tecocomulco, Estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, México*. UNAM 1-30.

INEGI, 2001. *XII Censo general de población y vivienda 2000*.



JIMÉNEZ- FERNÁNDEZ, E.J. y J.C. JUÁREZ-LÓPEZ, 1996.
Resumen de proposiciones para la conservación y el aprovechamiento integral de la Lago de Tecocomulco. Laboratorio de Vertebrados Terrestres. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 13 p.

JIMÉNEZ- FERNÁNDEZ, E.J., J.C. JUÁREZ-LÓPEZ y C. CEDILLO-ALVAREZ, 1996.
Guía para la primera expedición del taller de fauna silvestre y acuática del neártico y neotrópico a la Lago de Tecocomulco, Hidalgo. Relicto ecológico dulceacuícola de la Cuenca de México. Laboratorio de Vertebrados Terrestres. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 36 p.

JUÁREZ-LÓPEZ, J.C, E.F. JIMÉNEZ y G.H. BERLANGA, 1996.
Daño ecológico al ecosistema de la Lago de Tecocomulco. Dictamen. SEMARNAP. 10 p.

JUÁREZ-LÓPEZ, J.C., 2000.
Problemática ambiental e importancia ecológica del Lago de Tecocomulco. En: E.J. Jiménez-Fernández y J.C. Juárez-López (compiladores), Primera Reunión de la Comisión Interinstitucional para la Conservación del Lago de Tecocomulco. Recopilación de Publicaciones sobre el Lago de Tecocomulco. Pachuca, México. 7 y 8 de octubre de 2000. Inédito.

LOT-HELGUERAS, A. y A. NOVELO-RETANA, 1978.
Lago de Tecocomulco: Guías botánicas de excursiones en México. Sociedad Botánica de México, A.C. México, 19 p.

OVALLE MUÑOZ, P DE J., 1999.
Estudio del mercado del camarón en la costa de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 114p.

RAST, W., HOLLAND, M., 1988.
Eutrophication of lakes and reservoirs: a framework for making management decisions. AMBIO 17 (1): 2-12.

ROSAS, M.M., 1981.

Biología acuática y piscicultura en México. SEP. México. 379 pp.

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN y GOBIERNO DEL ESTADO, 1988.

Municipios de Hidalgo. Enciclopedia de los municipios. México, D.F. 1ª. edición.

SEMARNAP, 1997.

Diagnóstico sobre la Problemática de la Lago de Tecocomulco. Delegación Federal de Hidalgo. Subdelegación de Recursos Naturales. Pachuca, Hidalgo.

SEMARNAP, 1998.

Diagnóstico socioeconómico y pesquero de la Lago de Tecocomulco. Delegación Federal de Hidalgo. Subdelegación de Recursos Naturales. Pachuca, Hidalgo.

SEMARNAP, 2000.

Anuario estadístico de pesca 1999. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, junio del 2000, 271 p.

SEMARNAT, 2001.

Programa Integral de Protección, Conservación, Restauración y Aprovechamiento de la Cuenca de Tecocomulco, Hidalgo. Delegación Federal de Hidalgo. 55 p.

SMITH, V.H., TILMAN, G.D., NEKOLA, J.C., 1999.

Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, 100:179-196.

SWINGLE, S.H., 1969.

Methods for analysis for waters, organic matter and bottom soils in fisheries research. Auburn University of Alabama, USA. 345 p.

WETZEL, G.R., 1981.

Limnología. Ed. Omega, Barcelona, España. 679 p.



Capítulo III

PRESA ATLANGATEPEC, TLAXCALA



Figura 1

PANORÁMICA DE LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA

Enrique Arturo Bermúdez Rodríguez,
Esteban Cabrera Mancilla,
Pablo Alejandro Pérez Velázquez
y Rosa María Gutiérrez Zavala.



Capítulo III



PRESA ATLANGATEPEC, TLAXCALA

ENRIQUE ARTURO BERMÚDEZ RODRÍGUEZ, ESTEBAN CABRERA MANCILLA,
PABLO ALEJANDRO PÉREZ VELÁZQUEZ Y ROSA MARÍA GUTIÉRREZ ZAVALA

1. Introducción

Tlaxcala es el estado de menor extensión territorial del país, 4,060.93 kilómetros cuadrados, lo que representa el 0.2 % de la superficie nacional. Sus climas varían de templado-subhúmedo, semifrío-subhúmedo con lluvias en verano y semiseco templado y frío {INEGI, 1999}.

Las actividades agrícolas, pecuarias y pesqueras que se desarrollan en el estado constituyen la base de la economía de un gran número de ejidatarios y comunidades que funcionan como grandes y pequeños propietarios para satisfacer las necesidades de la población, que en su mayor parte es rural. En apoyo a la agricultura, esta entidad cuenta con una infraestructura hidro-agrícola conformada por 26 presas de almacenamiento y 410 pozos de riego. Dentro de los principales recursos hidrográficos se encuentra la cuenca de Atoyac-Zahuapan y la Presa de San José Atlangatepec {INEGI, 1999}.

Durante los meses de mayo a octubre de 2001, Bermúdez y colaboradores (2002) efectuaron un trabajo de investigación, cuyo objetivo fue realizar un diagnóstico de las principales pesquerías y su relación con la limnología, biología pesquera y la tecnología de capturas, así como de los aspectos socio-económicos del lugar.

El propósito de realizar un estudio integral de este cuerpo de agua, se debió a la necesidad de contar con información del estado actual de las pesquerías, con la finalidad de apoyar a las autoridades estatales y federales con elementos técnico-científicos para la administración de las actividades de pesca.



2. Problemas asociados al embalse

De acuerdo con Pérez Rodríguez y Badillo Solís (1996), la Presa de Atlangatepec se abastece de tres corrientes principales siendo el Río Zahuapan la más importante, tanto por su volumen como por su carácter permanente, el cual recibe las aguas negras del poblado de Tlaxco, que es una fuente de contaminación para la presa y, por lo tanto, un factor de riesgo para la actividad pesquera

La captura de la carpa se permite durante todo el año, por lo que el esfuerzo pesquero aplicado es constante, lo que causa una baja en el volumen y tallas de capturas con sus consecuentes repercusiones económicas. A lo anterior, se suma la utilización de redes de arrastre, charaleras y redes de enmalle de diferentes aberturas de malla, de las cuales se desconoce su impacto sobre las poblaciones pesqueras.

Por otro lado, no se han realizado estudios de investigación o trabajos técnicos que permitan la regulación de la actividad, además de que existe una carencia en la vigilancia y supervisión por parte de las autoridades y organizaciones pesqueras.

Finalmente, no se ha establecido un seguimiento del programa de repoblamiento, que permita conocer y comparar la relación entre las siembras realizadas y el rendimiento obtenido en las capturas.

3. Antecedentes

En este embalse se han efectuado trabajos de investigación relacionados con el ambiente acuático, en los cuales han participado grupos de investigadores de instituciones locales y foráneas, como la Universidad de Tlaxcala, UNAM-Iztapalapa y UAM-Xochimilco. Entre estos se encuentran los de Pérez-Rodríguez (1987a, 1987b) con resultados sobre los aspectos ecológicos de la fauna de gasterópodos asociados a dicho embalse; Pérez-Rodríguez *et al* (1989), con un estudio de la relación entre los sedimentos y la fauna bentónica; Pérez-



Rodríguez (1990) y Pérez-Rodríguez (1995) en el que se realizaron las caracterizaciones de los moluscos bénticos y epífcos del embalse. Finalmente, Pérez-Rodríguez y Badillo-Solís (1996), analiza las poblaciones de aves acuáticas y el entorno ecológico de la Presa Atlangatepec.

Con respecto a los aspectos pesqueros del embalse Ritter-Ortiz *et al* (1992), realizaron un trabajo sobre el crecimiento de las carpas *Cyprinus carpio*, determinando aspectos poblacionales relativos al crecimiento individual, mortalidad, sobrevivencia y aporte de biomasa poblacional.

Otros trabajos son resultado de las prácticas de campo efectuadas por grupos de estudiantes de las universidades antes mencionadas, en donde se describen los componentes del plancton con relación a los parámetros físico-químicos del cuerpo acuático.

4. Descripción general

4.1 LOCALIZACIÓN

La construcción de la Presa Atlangatepec se realizó entre los años 1957 y 1961, y fue inaugurada en 1963. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua de la entidad, su principal utilización es para el riego agrícola.

La Presa de Atlangatepec se ubica, en el municipio del mismo nombre y se localiza entre los 19° 32´ 50" de latitud Norte y los 98° 12´ 10" de longitud Oeste a una altitud de 2,480 msnm (Fig. 2).

4.2 HIDROLOGÍA

Este embalse es el cuerpo con mayor superficie acuática en el estado y representa la parte más importante del distrito de riego conocido como Sistema Atoyac Zahuapan, el cual recorre la parte Norte, Centro y Sureste de esta entidad. El cuerpo de agua tiene tres afluentes, de los cuales, dos son de temporal y uno permanente (Río Zahuapan), que pasa por el poblado de Tlaxco {Pérez-Rodríguez, 1995}.



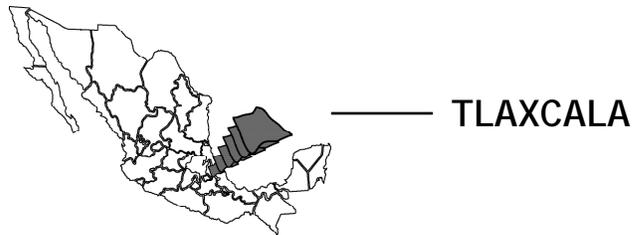


Figura. 2
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA.

La capacidad volumétrica de almacenamiento es de 54.5 Mm^3 y ocupa una superficie equivalente de 1150 a 1200 ha, extendiendo su cuenca de captación hasta 220 km^2 , a una altitud de 2486.4 msnm. La Tabla 1, resume los datos generales del embalse.

Tabla 1CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC,
TLAXCALA.

FUENTE: CNA, 2000.

VARIABLE	VALOR
Área de la cuenca	220 Km ²
Capacidad del cauce	180 Km ²
Capacidad de almacenamiento de conservación	54.5 Mm ³
Nivel de almacenamiento máximo extraordinario (NAME)	59.9 Mm ³
Elevación del NAME	2 486.87 msnm
Nivel de almacenamiento máximo ordinario (NAMO)	54.5 Mm ³

Principalmente durante los meses de abril a agosto, el nivel del embalse tiene un descenso gradual en su capacidad de almacenamiento. Esto obedece, en buena parte, al consumo obligado para los fines agrícolas de la región. Estos meses corresponden a la época en que el embalse presenta sus menores porcentajes de llenado; el volumen del embalse se vuelve a recuperar hacia finales de los meses de lluvias del verano (septiembre-octubre). En ocasiones su nivel ha ascendido de tal forma que los terrenos de cultivo aledaños han quedado inundados. Cabe destacar que el 10 de octubre de 1999 registró el máximo llenado de almacenamiento histórico con 59.65 Mm³. Por otro lado, su almacenamiento mínimo histórico fue de 22.53 Mm³ y su nivel de almacenamiento normal es de 40.49 de millones de metros cúbicos.



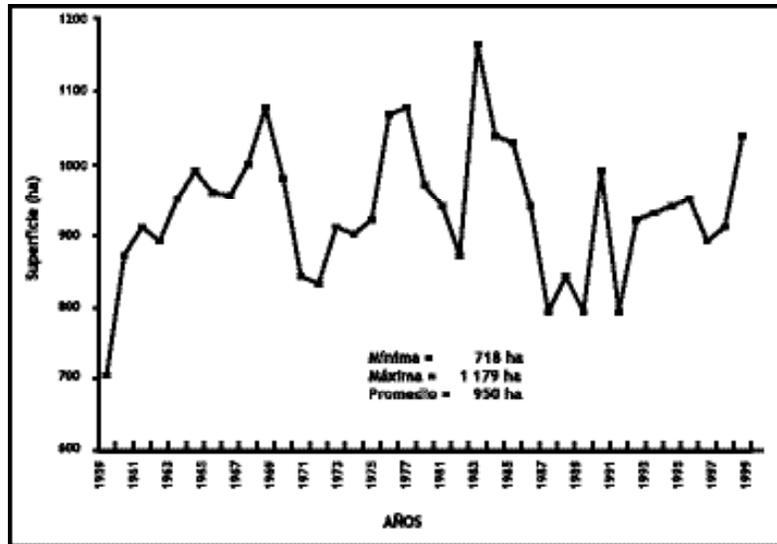


Figura 3

VARIACIÓN ANUAL DE LA SUPERFICIE DE LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA DURANTE EL PERÍODO 1959-2000.

FUENTE: CNA, 2000.

La Fig. 3, describe la variación anual promedio de la superficie en hectáreas de la Presa Atlangatepec, Tlaxcala durante los años 1959 a 2000, donde su mínima correspondió al año 1959, con 718 ha; su máxima, en 1984, con 1,179, y un valor promedio para todos estos años de 950 ha. Estos datos indican que la superficie del embalse fluctúa entre los 700 a casi 1,200 hectáreas.

4.3 CLIMA

Debido a su situación geográfica y altitud, la región del embalse presenta un clima templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano de humedad media C(w1), con una temperatura anual promedio de 14°C, siendo la mínima de 12.5°C y la máxima de 24°C. Sus aguas son templadas con una temperatura promedio entre 17 a 18°C, y con una mínima de 10°C y una máxima de 24°C. En el invierno se llegan a alcanzar

temperaturas de - 4 a 21°C y en el verano, de 13 a 24°C. La precipitación pluvial anual promedio es de 670.5 mm con una tasa de evaporación anual de 1,992.6 mm {INEGI, 1999}. Los vientos dominantes proceden del Norte en dirección Sur durante gran parte del año.

4.4 VEGETACIÓN

La vegetación natural asociada al embalse es la propia de climas fríos o templados, con especies resistentes a las bajas temperaturas. La vegetación terrestre está constituida por bosque escaso de coníferas representado fundamentalmente por *Juniperus sp* y *Cupress sp*, que crecen sobre terrenos de pastizal poco abundante. También existen diversas familias de angiospermas herbáceas como: *Leguminosae*, *Labiatae*, *Asclepiadaceae*, y *Malvaceae*, entre otras principales.

Es importante mencionar que gran parte de esta vegetación constituye un subsidio importante de materia orgánica de tipo alóctono, que llega a la cuenca de captación de la Presa de Atlangatepec.

La especie acuática que, por su abundancia y distribución, destaca corresponde al tule de la especie *Scirpus lacustris linnaeus*. Ello constituye la zona de abrigo más importante de las comunidades que ahí se desarrollan, la cual coincide con los ambientes sedimentarios del tipo pantanoso. Otros vegetales acuáticos son el helecho acuático *Marsilea mexicana* y fanerógamas como *Lemna gibba*, *L. minor*, *Nymphaea sp*, entre otras.

4.5 FAUNA

La fauna acuática está formada por una serie de especies de invertebrados pertenecientes a los grupos de platelmintos (planaria); crustáceos, entre ellos, los isópodos, ostrácodos, anfípodos y decápodos; moluscos (gastropoda y bivalvos); así como también larvas de insectos, ácaros acuáticos y anélidos hirudíneos (sanguijuelas).

Las especies principales que forman parte de la pesquería de la presa son seis especies de carpa: la carpa común (*Cyprinus carpio comunis*), carpa espejo o de Israel (*Cyprinus*



carpio specularis), carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*), carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), carpa criolla o dorada (*Carassius auratus*) y la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*). También están las especies introducidas de charal (*Chirostoma sp*), así como el acocil (*Cambarellus montezumae*) y el ajolote (*Ambystoma tigrinum velasci*).

Otros vertebrados son los anuros del género *Rana* {Pérez-Rodríguez, 1995}. Además se han registrado, por lo menos, 87 especies de aves, de las cuales 65 están consideradas como asociadas a ambientes acuáticos y 22 de ambientes terrestres {Pérez-Rodríguez y Badillo Solís, 1996}.

4.6 SEDIMENTOLOGÍA

En gran parte del embalse se presentan áreas de sedimento arcilloso-limoso, además de otras de grava y guijarros color café rojizo oscuro. En las áreas donde es susceptible la influencia de los aportes de agua que traen consigo arena fina, la coloración es combinada, debido a que son producto de la erosión originada por lluvias {Pérez Rodríguez *et al*, 1989}. Lo anterior trae como consecuencia tres ambientes sedimentarios:

Al Este de la presa (con marcada influencia de desagüe del Río Zahuapan que lleva aguas residuales del poblado de Tlaxco) son variables las proporciones de material sedimentario durante el estiaje y las lluvias.

Zona de pantano marginal, de mayor importancia trófica por el alto flujo de energía, en donde hay vegetación semisumergida de tule (*Scirpus lacustris*). Se considera como el principal subsidio de energía del embalse. En la parte central de la presa las condiciones de depósito son relativamente uniformes, debido a que no se presentan cambios bruscos en el proceso de sedimentación.



Las porciones de la presa donde existen parcelas de agua semicerradas muestran condiciones de protección a las corrientes y al viento. Y se pueden considerar como más estables, en ellas se observan estratos de más de 12 cm de materia orgánica de origen vegetal.

4.7 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Las actividades agrícolas, pecuarias y pesqueras que se desarrollan en el estado son la base de la economía de un gran número de ejidatarios y comunidades que funcionan como grandes y pequeños propietarios, para satisfacer las necesidades de la población, que en su mayor parte es rural. De acuerdo a la extensión territorial del estado el 59.86% es susceptible de uso agrícola, 14.5% de uso forestal y 5.8% para el uso ganadero {INEGI, 1999}.

La agricultura en esta entidad es una actividad de suma importancia por ser el medio de subsistencia de muchas familias. En apoyo a esta actividad el estado cuenta con una infraestructura hidroagrícola conformada por 26 presas de almacenamiento y 410 pozos de riego. Los principales recursos hidrográficos son la cuenca de Atoyac-Zahuapan y la Presa de San José Atlangatepec. El maíz y la cebada destacan como los principales productos de la producción agrícola seguidos por el frijol, haba, papa, trigo, alfalfa y otros cultivos cíclicos. Las principales explotaciones pecuarias son: bovinos porcinos, equinos, caprinos, aves y colmenas.

Las características ambientales e hidrológicas de esta entidad han permitido que exista un enfoque de aprovechamiento acuícola aunado al pesquero, el cual se ha desarrollado gradualmente. Para el año 1995 había 252 cuerpos de agua y para el año 2000 contaban con 520. Entre estos destacan cuatro presas, un lago, un gran número de jagüeyes y una cantidad variable de estanques rústicos. En su conjunto este desarrollo permitió, para el año 2000, una producción anual promedio de 400 toneladas de pescado {SEMARNAP-Tlaxcala, 2000}.



En este sentido la acuicultura más que la pesca (que en los últimos años se ha practicado en el estado) se ha transformado gradualmente en una actividad orientada básicamente a elevar el nivel nutricional de la población y, por otro lado, se ha consolidado gradualmente como una fuente alterna de ingresos económicos para las familias de los productores. En la producción destacan principalmente las especies de carpas barrigona, herbívora e Israel, así como el charal, el acocil y otras especies menores.

4.8 NORMATIVIDAD

En particular, se carece de normas oficiales que regulen las actividades pesqueras en el embalse. Sin embargo, la autoridad pesquera (SAGARPA) aplica algunas medidas administrativas locales, como son la implementación de una veda parcial para el recurso charal; una veda permanente para la captura del ajolote, con base en la NOM-ECOL-059 (Diario Oficial de la Federación, 1994). Por otro lado, localmente se han determinado tallas mínimas de captura para la carpa.

Es importante que se designen zonas específicas de aprovechamiento en el embalse delimitando zonas destinadas a la reproducción natural y crianza de las carpas, con ello se pretende garantizar el crecimiento natural y la protección de los organismos. Aunado a lo anterior, es recomendable establecer zonas dedicadas a la pesca comercial y fortalecer las acciones de supervisión y vigilancia.

5. Producción pesquera y repoblamiento

5.1 ORGANIZACIONES Y ESFUERZO PESQUERO

De acuerdo con la información oficial, existen cuatro organizaciones pesqueras y son: San Jose Atlangatepec, Zacapexco, La Traslquila y Pescadores de Ozumba; todas ellas están registradas como Sociedad de Solidaridad Social de Pescadores (SSS PP), por lo que cuentan con autorización para la captura comercial de especies de escama, sumando en total 40 pescadores.



En la Tabla 2 se describen algunos datos del esfuerzo pesquero por organización, allí se observa el número de embarcaciones registradas para las operaciones de captura que asciende a 28 unidades menores tipo “cayucos”, construidas de madera y propulsadas por remos. Las actividades de pesca las realizan todos los días del año.

Tabla 2

REGISTROS OFICIALES DEL ESFUERZO PESQUERO EN LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA, POR ORGANIZACIÓN.
FUENTE: DELEGACIÓN FEDERAL SAGARPA-TLAXCALA, 2001.

Nombre del permisionario	Municipio	No. de Socios	No. de embarcaciones	No. de Redes	
				agalleras	charaleras
SSS San José Atlangatepec	Atlangatepec	8	6	27	2
SSS Zacapexco	Atlangatepec	12	12	64	4
SSS la Trasquilla	Atlangatepec	10	5	52	2
SSS Pescadores	Atlangatepec	10	5	43	2
	TOTAL	40	28	186	10

5.2 Producción pesquera

De acuerdo con la información oficial, la producción total de las cuatro organizaciones, para los años 1997-2000, fue de un máximo de 35 toneladas en el año 2000 y, un mínimo, de cinco toneladas en 1998. El promedio anual para este periodo fue de 20 toneladas (Fig. 4).



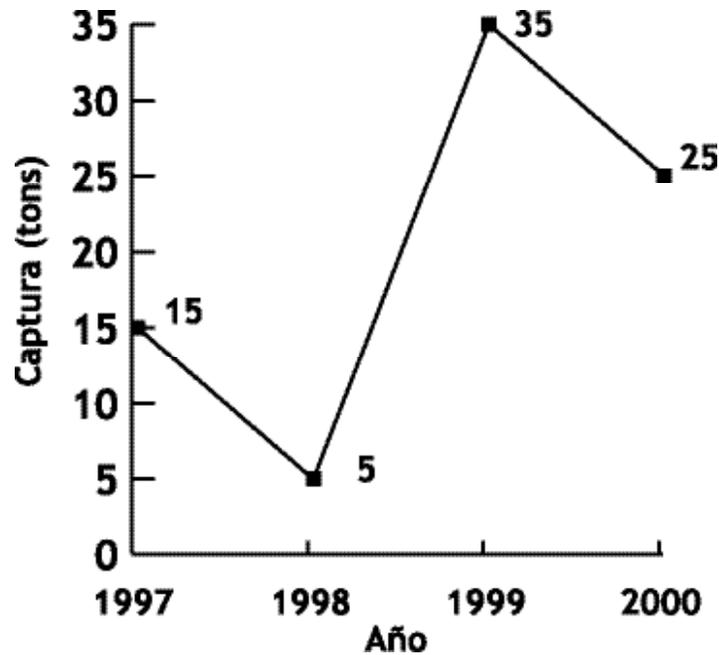


Figura 4
 PRODUCCIÓN PESQUERA EN TONELADAS EN LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA EN EL PERIODO 1997-2000.
 FUENTE: SAGARPA-TLAXCALA, 2001.

De acuerdo con las autoridades pesqueras de la localidad, la producción del embalse esta sustentada en la siembra de crías de carpas producidas en el Centro Acuícola de Atlangatepec, cuya especie principal es la carpa barrigona.

En la Fig. 5 se presenta la composición específica de las capturas comerciales durante el período de 1997 al 2000. En esta figura se observa el predominio de la especie de la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofusca*), la cual se siembra regularmente y sostiene a estas pesquerías.

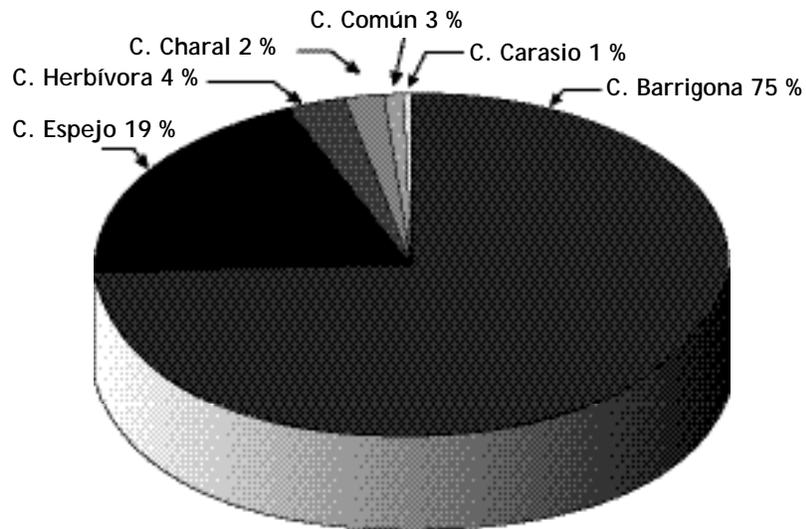


Figura 5
 PROPORCIÓN DE LAS ESPECIES QUE CONSTITUYEN LA PESQUERÍA EN LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA DURANTE EL PERIODO 1997-2000.
 FUENTE: SAGARPA-TLAXCALA, 2001.

5.3 REPOBLAMIENTO

La Tabla 3 contiene información del número de crías que se han sembrado durante los años de 1989 al 2001. En la misma Tabla se observa que las especies predominantes son de la familia de los ciprínidos. En los últimos años se sembraron tilapia y un lote de crías de acúmara; este último proveniente del Lago de Pátzcuaro, con el propósito de elevar la producción pesquera.



Tabla 3

HISTÓRICO DE SIEMBRAS 1989-2001.

FUENTE: SAGARPA-TLAXCALA, 2002.

AÑO	ESPECIES	No de crías
1989	Carpa espejo, carpa barrigona y carpa herbívora	372.00
1990	Carpa espejo, carpa barrigona y carpa herbívora	559 000
1991	Sin Siembra	-----
1992	Sin Siembra	-----
1993	Carpa barrigona	70 000
1994	Carpa barrigona, carpa espejo	852 000
1995	Carpa barrigona, carpa espejo	910 000
1996	Carpa barrigona	1 100 000
1997	Carpa espejo, carpa barrigona y carpa herbívora	1 000 000
1998	Carpa espejo, carpa barrigona, carpa herbívora y tilapia	1 115 000
1999	Carpa barrigona, carpa espejo	1 500 000
2000	Carpa espejo, carpa barrigona, carpa herbívora y tilapia	264 000
2001	Carpa espejo, carpa barrigona, carpa herbívora y acúmara	1 464 000

Se sugiere realizar un estudio y seguimiento técnico del efecto del repoblamiento, por medio de métodos de captura y recaptura que permitan conocer los parámetros de distribución natural en el cuerpo de agua; proporción de sexos; patrones de crecimiento mortalidad y sobrevivencia; ya que la siembra es el sustento de la producción pesquera.



6 Resultados

ESTUDIOS REALIZADOS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

Álvarez-Torres *et al*, (2000) llevaron a cabo el primer estudio de los recursos pesqueros en el embalse, éste generó un diagnóstico orientado a los aspectos de biología pesquera y de los sistemas de captura. El presente trabajo es la continuación del anterior estudio, donde ya se incluyen los aspectos limnológicos y socio-económicos.

METODOLOGÍA

Las muestras de agua para la determinación de nutrimentos, alcalinidad total, dureza total y clorofila se colectaron por medio de una botella Van Dorn a dos niveles de profundidad, superficie y fondo.

La transparencia se determinó por medio del disco de Secchi. La temperatura y oxígeno disueltos se midieron con un multisensor marca YSI 85, mientras que el pH se midió por medio de un potenciómetro marca Hanna.

La alcalinidad y dureza totales se determinaron en campo, utilizando para ello las técnicas volumétricas de los indicadores (APHA, 1969), en tanto que las muestras para nutrientes y clorofilas, se conservaron en hielo para su transporte y análisis en el Laboratorio Central de Química y Microbiología.

La técnica empleada para determinar fósforo reactivo soluble y fósforo total (digestión con persulfato), fue la de cloruro estañoso (APHA, 1989).

La concentración de nitritos, se cuantificó por el método de la sulfanilamida (APHA, 1989), mientras que nitratos y nitrógeno total (digestión con persulfato), se determinaron por espectroscopía ultravioleta de la segunda derivada (Crumpton *et al*, 1992).

Para las clorofilas se usó el método espectrofotométrico con extracción en acetona al 90% (APHA, 1989).

En las zonas de arribo se analizaron las capturas comerciales para identificar la composición por especie por embarcación, así como la toma de datos merísticos (longitud total y estándar y altura, en centímetros y peso en gramos) por medio de un ictiómetro y cinta métrica; para regis-



trar el peso se usó una balanza de reloj con precisión de 5 gramos. Con estos resultados se elaboraron bases de datos con los que se hicieron análisis correspondientes a histogramas de talla, peso y abundancia de las especies colectadas.

Los muestreos tecnológicos se realizaron en las zonas de pesca de cada una de las organizaciones pesqueras, para obtener información directamente de los equipos de pesca y de los recursos que inciden en las capturas. Los datos obtenidos para la caracterización y descripción de los sistemas de captura se basaron en los criterios de la FAO (1975). Las medidas que se tomaron fueron: Longitud de la Relinga Superior (Lrs); Longitud de la Relinga Inferior (Lri); Tamaño de malla, Número de mallas de caída, Número y peso de Plomos Número y tipo de Flotadores. Las dimensiones de las embarcaciones que se tomaron fueron: Eslora, manga, puntal y material de construcción. Con base en lo anterior se realizó el análisis de la información obtenida de las redes con diferentes tamaños de malla, los datos se agruparon en frecuencias relativas comparando las modas para determinar su eficiencia de captura conforme al método de Gulland (1983).

La descripción del esfuerzo pesquero se realizó comparando la información proporcionada por los registros oficiales y con la información obtenida directamente de las encuestas a los pescadores. La estimación de la captura por unidad de esfuerzo fue definida en términos de los rendimientos en kilogramos por embarcación por día de trabajo (kg/día/pescador).

Para cubrir los aspectos socioeconómicos se contó con la metodología y asesoría propuestas por Ovalle-Muñoz (2001).

6.1. LIMNOLOGÍA

La presa es un sistema somero, con una profundidad promedio de 3.5 m aproximadamente y profundidad máxima de 12.0 m en el centro de la presa. En temporadas de extrema sequía registra una profundidad máxima de nueve metros. Encontrándose rodeada de tule en las zonas menos profundas.

Pérez Rodríguez, *et al* (1987a y 1987b) mencionan que el agua de La Presa Atlangatepec presenta una coloración



café-chocolate debido a la presencia de sólidos en suspensión, con partículas de arcillas muy finas entre 0.24 micras; de limos con 31.3 micras; además observaron, una baja penetración de luz en la columna de agua, entre seis a 14 centímetros.

Los presentes resultados, al igual que los de Pérez Rodríguez *et al* (1987a y 1987b), indican que la Presa Atlangatepec es un cuerpo de agua turbio (visibilidad al disco de Secchi < 30 cm), con una alta concentración de sólidos inorgánicos suspendidos. Esto es consecuencia de que en la mayor parte del terreno donde está asentado el embalse es de origen arcilloso-limoso, sumándose la arena fina que se deposita del Río Zahuapan, al viento y oleaje que impiden la sedimentación inmediata de las partículas finas.

Esta alta concentración de material suspendido puede ser perjudicial para los peces, ya que causa la muerte de los huevecillos por asfixia. A este respecto, en la piscifactoría local se informó que para poder efectuar la incubación de los huevos de la carpa se tiene que precipitar todo el material suspendido del agua, debido a que el huevecillo de las carpas es de tipo adherente y se le incorporan fácilmente las partículas finas, lo que les causa muerte por asfixia.

Aunado a lo anterior, la elevada concentración de sólidos suspendidos limita la penetración de la luz en la columna de agua, lo que impide una adecuada producción primaria y, por lo tanto, piscícola, por lo que la alta turbidez es un factor que impide la reproducción natural de los ciprínidos en el embalse y, como consecuencia, la pesquería de la carpa siempre dependerá de la siembra artificial.

Los resultados de la temperatura para los meses de mayo a octubre indican que la Presa de Atlangatepec se clasifica como un embalse polimíctico caliente continuo; en virtud de que únicamente se estratifica durante primavera-verano y otro, de circulación a finales de verano y principios de otoño, asociado a los meses de intensas lluvias y fuertes vientos (Fig. 6).



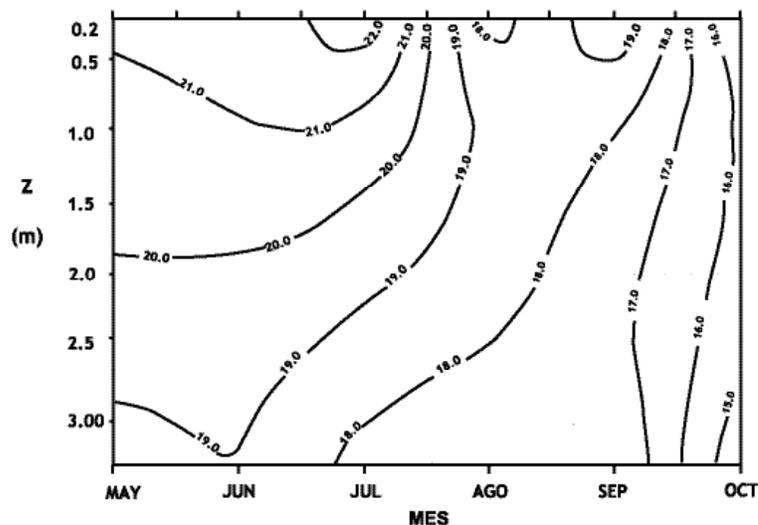


Figura 6

DIAGRAMA PROFUNDIDAD-TIEMPO DE LA TEMPERATURA °C DE LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA.

La diferencia termal entre superficie y fondo puede ser de 4 °C con una temperatura superficial promedio de 19.8 ± 2.6 °C y de 17.6 ± 1.7 °C para fondo. Con base en los valores promedio de temperatura se puede catalogar como un cuerpo de agua templado, apto para el desarrollo de los peces de las familias *Cyprinidae* y *Atherinidae*, en donde los óptimos para la sobrevivencia, desarrollo y reproducción de esta clase de peces Rosas (1981) los ubica entre los 22-24 grados centígrados.

Debido a una escasa carga de materia orgánica y la influencia de los vientos dominantes del Norte, a partir del verano, el embalse exhibe buena oxigenación tanto en superficie como en fondo, con una concentración promedio de 6.0 ± 0.8 mg l⁻¹ en ambos estratos, no variando las cantidades en forma importante tanto espacial como temporalmente (Fig. 7).



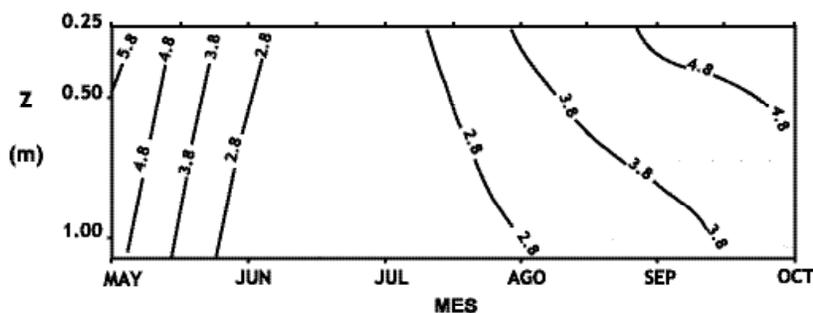


Figura 7

DIAGRAMA PROFUNDIDAD-TIEMPO DEL OXÍGENO DISUELTTO (mg L^{-1}) DE LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA.

Lo anterior se ve en los porcentajes de saturación, los que estuvieron cercanos al 100%, lo que indica, como lo establece Wetzel (1981), que la principal fuente de oxígeno se debe a los procesos físicos y no a los biológicos.

Con base en la dinámica tanto espacial como temporal, la concentración de oxígeno en la Presa Atlangatepec no es un factor limitante para la carpa, ya que Rosas (1981) y Boyd (1979) establecen que los óptimos para su supervivencia, desarrollo y reproducción se encuentran dentro de los $6\text{-}8 \text{ mg l}^{-1}$.

El agua de la Presa Atlangatepec es de un pH alcalino, con un valor promedio para superficie y fondo de 8.05 ± 0.30 , y una distribución uniforme y tendencia a disminuir con el tiempo, posiblemente a una dilución causada por la época de lluvias. Estos niveles se ubican en los límites óptimos, reportados por Rosas (1981) y SEPESCA (1988) para los ciprínidos.

El embalse se puede clasificar como de alcalinidad media, dominada por los bicarbonatos con concentraciones muy similares entre superficie y fondo, cuyo promedio es de $93 \pm 15 \text{ mg l}^{-1} \text{ CaCO}_3$. Los valores disminuyen estacionalmente (mayo a octubre) debido a la dilución que provocan las lluvias



La dureza es similar a la alcalinidad, por lo que los iones calcio y magnesio están ligados a los bicarbonatos. La concentración promedio es semejante en ambos niveles ($86 \pm 7.1 \text{ mg l}^{-1}$ de CaCO_3 en superficie y $87 \pm 8.1 \text{ mg l}^{-1}$ CaCO_3 en fondo), catalogándose el agua como blanda. Al igual que la alcalinidad, varía estacionalmente por efecto de las precipitaciones pluviales.

La eutrofización se puede definir como el enriquecimiento natural o artificial del agua en materias nutritivas y es uno de los problemas que aqueja a muchos lagos, ríos y zonas costeras del mundo. Este proceso se inicia como una etapa de enriquecimiento, que se caracteriza por un incremento en la biomasa de la flora. Posteriormente, da lugar a un cambio en la composición de las especies; seguida de la proliferación de fitoplancton tóxico y, por último, se generan condiciones anaerobias y muerte en masa de organismos, lo que provoca una caída en los volúmenes de la pesca, con sus consecuencias económicas y sociales.

En la Tabla 4 se muestran las concentraciones de los nutrimentos, que pueden presentar una variación estacional; con dos máximos para el fósforo, en mayo y octubre. Los nitratos y los nitritos, al igual que el fósforo, presentan una marcada variación estacional, lo que corrobora la eutrofización.

Con base en la clasificación propuesta por Rast y Holland (1988) y Smith *et al* (1999), la Presa Atlangatepec queda clasificada como eutrófica.

La clorofila *a* presenta dos máximos, el primero en primavera y en el estrato profundo; el segundo durante el verano, manifestando al igual que los nutrimentos, homogeneidad a lo largo de la columna y, estacionalmente, heterogeneidad.

Con referencia al promedio de clorofila, la Presa Atlangatepec queda clasificada según Rast y Holland (1988) y Smith *et al* (1999), como un ambiente mesotrófico, cuyo promedio anual fue $<8 \text{ mg L}^{-1}$, con una carga baja de materia orgánica autóctona, lo que podría explicar que los valores del oxígeno estén cercanos al 100% de saturación y el pH sea ligeramente alcalino.



Tabla 4

VALORES PROMEDIO, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS COMPUESTOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO.

	NITRITOS $\mu\text{g l}^{-1}$	NITRATOS $\mu\text{g l}^{-1}$	NITROGENO TOTAL $\mu\text{g l}^{-1}$	FOSFORO REACTIVO $\mu\text{g l}^{-1}$	FOSFORO TOTAL $\mu\text{g l}^{-1}$
PROMEDIO SUPERFICIE	5.39	600	970	136.34	163.83
MÍNIMO SUPERFICIE	N.D.	N.D.	N.D.	81.2	110
MÁXIMO SUPERFICIE	31.0	770	1 750	491.5	493
PROMEDIO FONDO	5.31	630	1 030	133.2	157.9
MÍNIMO FONDO	N.D.	380	460	80	92
	23.0				

N.D No Determinado

Aunque los valores de nitrógeno y fósforo muestran al embalse como eutrófico, los de clorofila lo señalan como mesotrófico, lo anterior se debe a la alta turbidez inorgánica del agua, la que actúa como el principal factor limitante.

Al igual que la mayoría de los embalses mexicanos, la dinámica hidrológica de la Presa Atlangatepec está influenciada por las épocas de sequía y lluvias.

Debido al carácter mesotrófico de la presa, la productividad, según Rosas (1981), es moderada para la producción de peces, siendo más productivo el periodo primaveral.

Se recomienda efectuar un análisis bacteriológico del agua con el fin de garantizar la calidad de los productos pesqueros, ya que se reporta que en el río Zahuapan se tienen afluentes de aguas negras que llegan finalmente al embalse.

6.2 BIOLOGÍA PESQUERA

La captura comercial de la Presa Atlangatepec se compone de cinco especies de ciprínidos:



Carpa barrigona	<i>Cyprinus carpio rubrofruscus</i>
Carpa espejo o Israel	<i>Cyprinus carpio specularis</i>
Carpa carasio	<i>Carassius auratus</i>
Carpa herbívora	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>
Carpa común	<i>Cyprinus carpio communis</i>

Aunque también se pesca el charal (*Chirostoma* sp.), no se obtuvo información de este recursos debido a la implementación de una veda parcial.

En la Fig. 8 se puede observar que, de acuerdo con los datos obtenidos de las capturas comerciales, la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofruscus*) es la especie dominante, alcanzando hasta un 75% de abundancia. Por otro lado, la carpa Israel es la segunda especie más abundante con un 23%; el porcentaje restante lo comparten las demás especies. Lo anterior es el reflejo de las siembras que se realizan del recurso carpa y que básicamente lo compone la carpa barrigona.

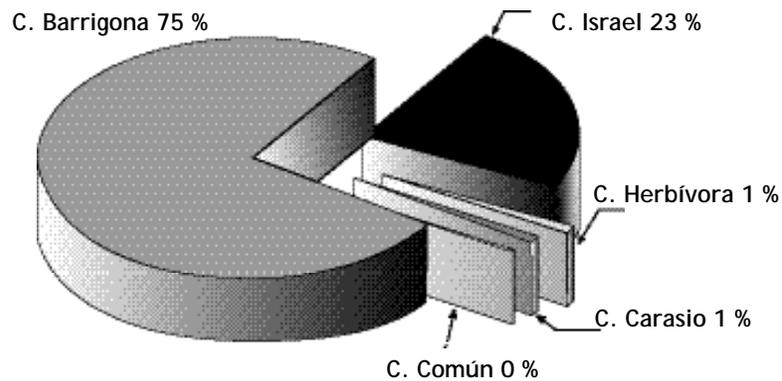


Figura 8

PROPORCIÓN DE LAS ESPECIES QUE CONSTITUYEN LA PESQUERÍA COMERCIAL EN LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA DURANTE LOS MUESTREOS (ABRIL-OCTUBRE 2001).

La Fig. 9 integra la variación de las longitudes totales promedio de las especies. Allí durante el mes de septiembre destacan la carpa carasio y la carpa herbívora con las mayo-



res tallas promedio, 39.5 cm y 33.5 cm, respectivamente. En apariencia, la carpa herbívora y la carasio son las especies que alcanzan mayores tallas con respecto a las demás.

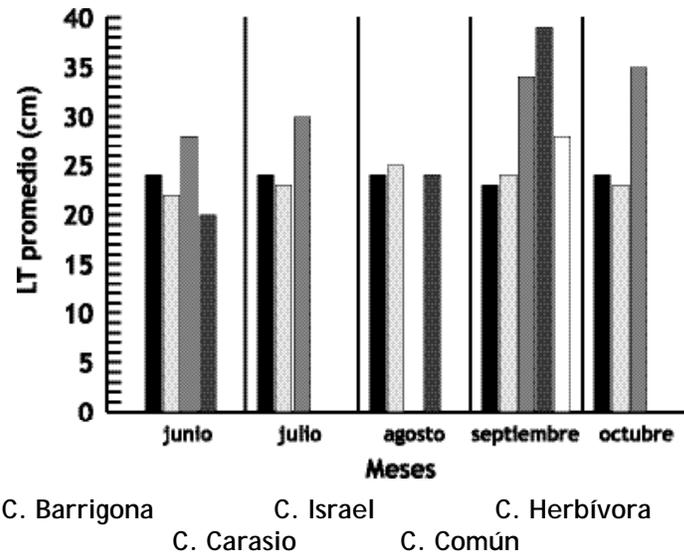


Figura 9

VARIACIÓN DE LAS LONGITUDES TOTALES PROMEDIO DE LAS ESPECIES EN LA PRESA ATLANGATEPEC (JUNIO-OCTUBRE 2001).

El máximo de captura se registra en los meses de agosto y septiembre, que corresponden a la época de lluvias de la región, en donde hay una mayor circulación del agua por acción de los vientos dominantes y por los aportes de agua de los afluentes.

Para mejorar las condiciones económicas de los pescadores es importante que se impulse el cultivo, de manera controlada, de los recursos ajolote y acocil, ya que son especies nativas que alcanzan un buen precio en el mercado, esto permitiría a los pescadores obtener mejores ingresos.

6.3 TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE CAPTURA

Los equipos utilizados en las operaciones de captura son las redes de enmalle (agalleras) y el chinchorro de arrastre



(charalero). Ambos equipos son armados manual y empíricamente con base en la experiencia de cada pescador. En la Fig. 10 se muestran las características técnicas de las redes de enmalle.

Las redes se determinan por estar construidas principalmente con materiales de confección industrial y, en menor proporción, artesanal. Los paños, en su mayoría, son construidos con materiales de hilos de monofilamento. La longitud de estos equipos fluctúa entre los 30 a 100 metros de largo que depende de la experiencia de cada pescador y de las características de las zonas de operación al interior del embalse.

Para su operación, los pescadores instalan de tres a 10 botellas de plástico como flotadores y en la relinga inferior de tres a cinco piedras como lastre. En algunos casos no utilizan ningún tipo de lastre o flotadores, únicamente amarran de cada uno de los extremos del cabo de relinga superior a unas varas o varillas de hierro que son fijadas al fondo de la presa, o al propio tule que se encuentra dentro de la misma, lo que permite que la red adopte la forma de trabajo.

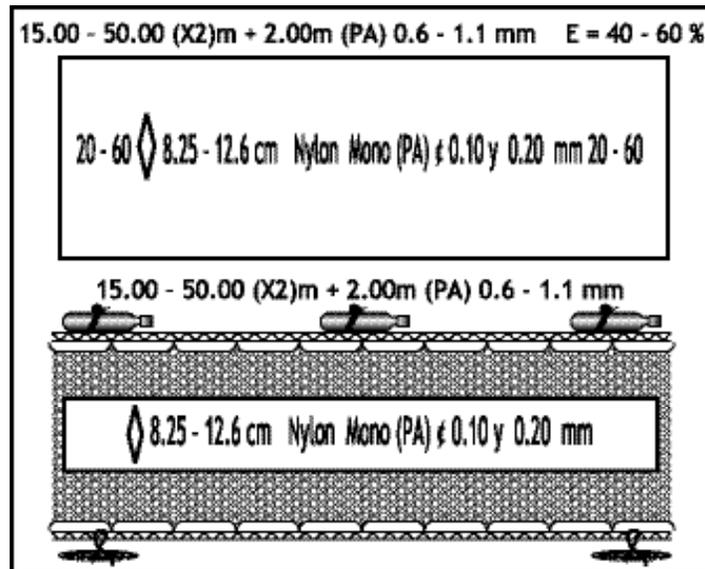


Figura 10
ESQUEMA DE RED DE ENMALLE (AGALLERA) EN PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA.

Para las operaciones de captura, las redes se dejan instaladas en el agua de forma constante. Durante el transcurso del día, los pescadores se desplazan a la zona de pesca a revisar los equipos y extraer los organismos capturados. Generalmente se revisan los equipos dos veces al día.

La eficiencia de las redes de enmalle se basa en los principios de acción o de captura y/o método de operación de los pescadores, por lo que comparativamente las redes de 10.1 cm (4 pulgadas) capturan los mayores porcentajes de organismos con tallas de 17.5 a 39.5 cm en longitud total, con una moda de 25.5 cm; mientras que las redes con abertura de malla 8.8 cm (3 + pulgadas), capturan menores porcentajes de organismos en este mismo intervalo de tallas, pero con una moda de 22 cm (Fig. 11).

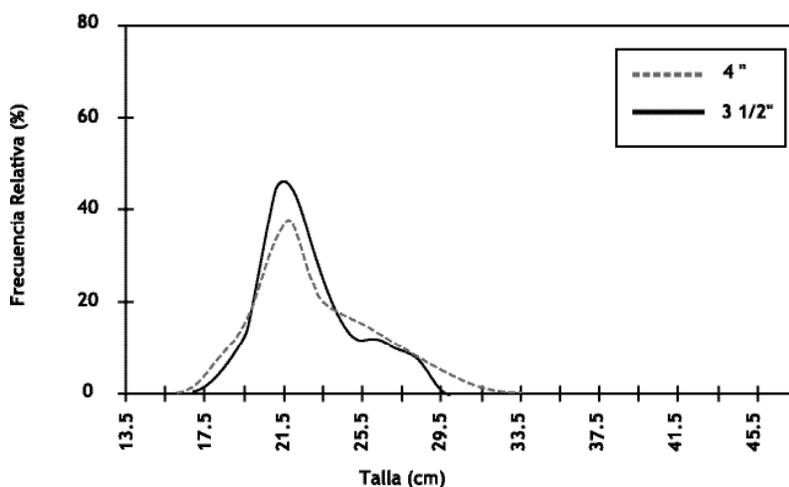


Figura 11

CURVAS DE FRECUENCIA RELATIVA PARA LA CARPA EN LA PRESA DE SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA.

La eficiencia de las redes se debe, principalmente, a que la mayor parte de estos equipos se construyen con bajos porcentajes de armadura, provocando que las mallas disminu-



yan su abertura de trabajo y en lugar de que el pez sea apri-
 onado por las agallas, éste quede enredado (Gulland, 1983).
 Lo anterior causa que los equipos con malla de 8.8 cm (3 +
 pulgadas) capturen organismos menores a la talla comercial.

El chinchorro de arrastre (charalero) es construido de
 material de paño industrial (multifilamento poliamida). Los
 tamaños de malla estirada de los paños fluctúan de 0.8 a 1
 cm. En la parte superior se instalan 33 a 63 flotadores indus-
 triales de plástico tipo corcho y en la parte inferior, instalan
 de 23 a 58 plomos de diferente peso.

En la Fig. 12 se describen las principales característi-
 cas técnicas de un chinchorro charalero que opera en este
 embalse.

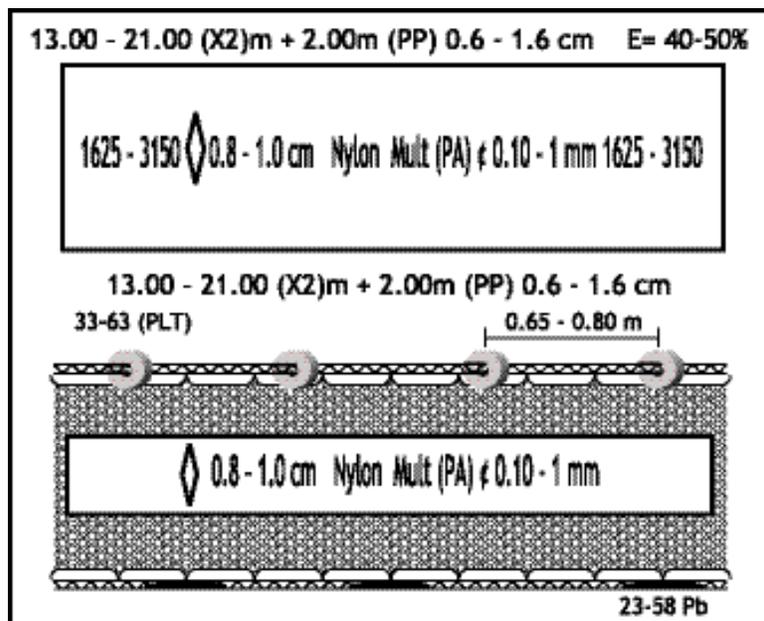


Figura 12

RED CHINCHORRO CHARALERO DE LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC,
 TLAXCALA.



El chinchorro de arrastre armado fluctúa de los 26 a 52 m de relinga superior, dependiendo de las características de la zona de operación y de la experiencia práctica de cada pescador. La altura de trabajo de estos equipos depende del tamaño de malla y de las zonas de pesca, normalmente esta altura fluctúa de 2.60 a 3.30 m. Su tiempo de operación depende de los lances que se realicen y del tiempo en el que sea extraído el equipo del agua en cada lance. La operación de captura con chinchorro está en función a la temporada establecida para su uso, ya que es utilizado para la pesca de charal.

Las embarcaciones empleadas en la pesca son de tipo artesanal denominados cayucos, de madera, reforzados, en su parte inferior, por tramos de madera propulsados por remos o varas.

Es recomendable implementar un programa de capacitación teórico práctico dirigido a los pescadores para la construcción, armado y operación de los equipos pesqueros, con el propósito de que adquieran los conocimientos para el uso adecuado de los mismos y permitan incrementar la eficiencia en la captura de organismos de talla comercial. Aunado a lo anterior, se debe brindar asesoría técnica a los pescadores de las diferentes organizaciones con el propósito de subsanar necesidades orientadas hacia el manejo adecuado y aprovechamiento de sus recursos, ya que actualmente se carece de todo tipo de esquemas de manejo.

A pesar de no contar con suficiente información biológica y tecnológica de los chinchorros de arrastre, charaleros, se sugiere que estos equipos no sean utilizados hasta no determinar el impacto que están provocando a las poblaciones de las especies que no son objeto de captura, ya que con base en las experiencias adquiridas en otros cuerpos de agua, y a las recomendaciones internacionales, estas artes de pesca impactan de manera negativa a las poblaciones de peces y al ecosistema acuático.

6.4 CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) DEL MUESTREO

Para las asociaciones de Zacapexco y Trasquila la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la carpa, es de 5 y 5.4 kg/día/pescador, respectivamente. Y, para las asociaciones de Ozumba y San José Atlangatepec, de 3 y 2.7 kg/día/pesca-



dor. Estas diferencias en los rendimientos reflejan la forma de aprovechamiento de los recursos pesqueros del embalse por cada organización.

Las producciones promedio anuales del embalse están actualmente en el orden de las 20 toneladas y se estima que podrían incrementarse al eficientizarse los sistemas de captura, si estos son construidos y armados de forma adecuada a fin de capturar organismos de mayores tallas y pesos, sin que ello signifique incrementar el esfuerzo pesquero actual.

6.5 ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO.

En la Tabla 5, se muestran las sociedades pesqueras y el número de socios que fueron encuestados, así como al número de integrantes beneficiadas en sus familias.

Tabla 5

SOCIEDADES QUE OPERAN EN LA PRESA SAN JOSÉ ATLANGATEPEC, TLAXCALA.

NOMBRE DE LA SOCIEDAD	No. DE SOCIOS REGISTRADOS	No. DE SOCIOS ENCUESTADOS	No. DE PERSONAS BENEFICIADAS
SSS PP San José Atlangatepec SSS PP	8	6	25
Santa Clara Ozumba SSS PP Zacapexco	10	11	70
SSS PP Trasquilla	12	10	54
	10	6	38
	40	33	187

El mayor porcentaje de las familias está constituido por tres a siete miembros, en ellas el jefe de familia es el esposo o padre. El menor porcentaje de los pescadores cursó la primaria, mientras que el mayor porcentaje tiene estudios incompletos o bien carecen de instrucción.

Para la mayor parte de ellos, la pesca es una actividad complementaria que les ha permitido mayores ingresos y alimento para sus familias; sin embargo, la principal actividad a la que se han

dedicado es a la agricultura, en la que participan casi todos los integrantes del núcleo. Esto no sucede con la pesca, que está destinada sólo a los hombres y a la mayoría de jefes de familia.

Con respecto a los ingresos, el mayor porcentaje de pescadores obtiene de uno a dos salarios mínimos. Esto los ha orientado a buscar otra actividad para la obtención de ingresos complementarios a esta actividad.

De acuerdo con la información, la mayor parte de ellos cuenta con viviendas propias, las cuales son construidas de concreto y tabique, y cuenta con la mayoría de los servicios básicos.

Con respecto a la venta del producto, normalmente se paga a \$20.00 el kilogramo y éste se incrementa en la época de cuaresma, cuando el precio alcanza hasta \$35.00 el kilo, lo que origina mejores ganancias a los pescadores a diferencia de otras épocas del año. El mayor número de pescadores dedica a esta actividad de una a seis horas, con jornadas de tres a siete días a la semana. El producto se comercializa en vivo y su venta es local e inmediata; el resto de la captura la destinan al autoconsumo. Las organizaciones no le dan ningún tipo de procesamiento al pescado para su conservación con el fin de darle un valor agregado, aunque en los días que no venden el producto, lo conservan en jaulas sumergidas a la orilla de la zona de desembarque en donde lo mantienen vivo hasta que lleguen los clientes a comprarlos.

Sólo un reducido número de pescadores es propietario de un cayuco para la pesca, el resto, requiere que le sea prestado o alquilado, por lo que generalmente se asocian para salir a pescar y los productos de la pesca se los dividen.

Los aspectos sobre el cooperativismo son un reflejo de sus condiciones socioeconómicas, ya que únicamente se han limitado a la captura del producto y a su venta inmediata. Los otros aspectos, como son la organización y desarrollo de las sociedades, se han estancado por la falta de organización y administración.

Por último, el aprovechamiento de este embalse se debería orientar hacia un manejo combinado entre pesquero y acuícola extensivo, instruyendo a los pescadores en capacitación sobre técnicas relativas a aplicar buenas prácticas de acuicultura, con lo que se posibilitaría la obtención de mayores beneficios económicos para ellos y sus familias.



7. Conclusiones

La Presa de San José Atlangatepec es uno de los principales recursos hidrológicos con los que cuenta el estado de Tlaxcala. Este cuerpo de agua es el más importante de la entidad debido, principalmente, a que irriga una gran cantidad de zonas agrícolas de la región que son base de la economía de la mayoría de ejidatarios y comuneros. Hasta el momento, esta presa no ha presentado riesgos de quedarse sin agua, su máximo almacenamiento histórico fue en octubre de 1999 con un volumen de 56.65 millones de metros cúbicos.

Las actividades pesqueras que se desarrollan en la presa han permitido la generación de fuentes de empleo para 40 pescadores registrados en cuatro organizaciones pesqueras, así como abastecer de alimento de alto contenido proteico a las comunidades de esta región.

El cuerpo de agua es un sistema acuático templado, polimíctico caliente continuo, de aguas turbias y medianamente profundo con concentraciones de oxígeno disuelto por arriba del óptimo para el cultivo, además del desarrollo y crecimiento de ciprínidos. De acuerdo al pH 8.09 - 8.1, las aguas son alcalinas y aptas para la acuicultura y pesquerías. La alcalinidad del agua es consecuencia de los bicarbonatos, clasificándose como de alcalinidad media y conforme a los resultados de dureza, se clasifica como blanda. Con base en las concentraciones de fósforo y nitrógeno total, este embalse se clasifica como eutrófico, siendo el fósforo el nutrimento limitante para la productividad primaria.

Debido a la alta turbidez, y su influencia negativa en la reproducción, la producción pesquera siempre depende de las siembras periódicas, por lo que la vocación del embalse es hacia un manejo de acuicultura.

Por orden de importancia, las especies que aportan, en su conjunto, el mayor porcentaje de las capturas son la carpa barrigona y la carpa Israel. La mayor incidencia de las capturas corresponde a la época de lluvias y vientos, siendo ésta durante el mes de agosto. Las tallas promedio mayores también se registraron en este mes.



El sistema de pesca utilizado en el embalse se define dentro del grupo de aparejos de pesca de tipo pasivo, fijos o semifijos, cuyo principio de operación es el enmalle. La mayor parte de los pescadores construye las redes de forma empírica, lo que limita la forma operativa de los equipos y el nivel de eficiencia de las capturas. Su armado influye en la selección de tallas, lo que hace que en su mayoría sean poco eficientes y de bajos rendimientos en las capturas, por lo que desde el punto de vista técnico se requiere que se mejoren.

La captura comercial de la Presa de Atlangatepec la llevan a cabo cuatro sociedades cooperativas que fue, para el año 2001, del orden de 19.43 toneladas de pescado, lo que les generó ingresos por un monto de \$485,775.00, producto de la venta de carpa, a razón de \$25.00 el kilogramo, para un recurso pesquero que en otras localidades del país alcanza valores más reducidos.

Las actividades pesqueras y de acuacultura comercial en el embalse representan el 50% de los ingresos familiares de los pescadores. La segunda actividad importante es la agricultura. Actualmente las condiciones económicas de los pescadores se han visto muy afectadas, dicha situación los ha llevado a buscar otras alternativas de trabajo como participar en actividades agrícolas de la región y, en segundo término, en la ganadería. Los rendimientos diarios que obtienen de la pesca comercial, oscilan entre dos a cinco kilogramos y dedican, en promedio, entre cuatro a seis horas a las operaciones de pesca.

En términos generales se recomienda que se instrumenten acciones administrativas que permitan, por un lado, mejorar los volúmenes de producción pesquera con un programa de monitoreo de siembras y seguimiento de las capturas bien establecido. Y, por el otro, disminuir la constante degradación del embalse, ya que se podría afectar seriamente la capacidad de carga y renovación natural de los recursos pesqueros que ahí se aprovechan



Literatura Citada

ÁLVAREZ-TORRES, P., E.A. BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ, P.A. PÉREZ-VELÁZQUEZ y A.R. COLÍN-MONREAL, 2000.

Análisis biológico-pesquero en la presa San José Atlangatepec, Municipio de Atlangatepec, Tlaxcala. Informe Técnico. Instituto Nacional de la Pesca. Documento Interno.

APHA, 1985.

Standard methods. For the examination of water and Waste water. 16th ed. Am. Public Health Assoc., Washington, D.C.

BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ, E.A; E. CABRERA-MANCILLA; P.A. PÉREZ-VELÁZQUEZ y R.M. GUTIÉRREZ-ZAVALA, 2001.

Evaluación biológico-pesquera de las principales pesquerías de la presa San José Atlangatepec, Tlaxcala. Instituto Nacional de la Pesca. Informe Técnico. 60 p.

BOYD, C.E., 1979.

Water quality in warmwater fish ponds. Auburn, University of Alabama. USA. 345 p.

C.N.A., 2000.

Sistema de despliegue de información diaria de los principales vasos de la República Mexicana. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Aguas Superficiales e Ing. de Rios. México, C.D.

CRUMPTON, W.G., T. M. ISENHART AND P. D. MITCHELL., 1992.

Nitrate and organic N Analysis with second derivatide spectroscopy. Limnol. Oceanogr. 37:907-913.



DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1994.

NOM-059-ECOL-1994. Que determina a las especies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, raras, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial. 16 de mayo de 1994. México.

FAO, 1975.

Catálogo de artes de pesca artesanal. England, FAO. Dirección de Industrias Pesqueras.

GARCIA, E., 1988.

Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. México. 217p.

GULLAND, J.A., 1983.

Fish stock assessment. A manual of basic methods. Wiley and Sons.

INEGI, 1999.

Cuaderno estadístico municipal: Atlangatepec, Tlaxcala. Instituto Nacional de Geografía e Informática, Gobierno del Estado de Durango y H. Ayuntamiento Constitucional de Atlangatepec, México, 137 p.

OVALLE MUÑOZ, P. DE J., 1999.

Estudio del mercado del camarón en la costa de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 114p.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, R., 1987a.

Gastrópodos epifíticos de la presa de Atlangatepec, Tlaxcala. Memorias del Primer congreso Anual de Investigación. UAM-Xochimilco, México.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, R., 1987b.

Datos ecológicos preliminares sobre Planorbidae y Physidae (Gastropoda: Pulmonata) de la presa de Atlangatepec, Tlaxcala, México. Abstracts First International Congress on medical and Applied Malacology. Monterrey, Nuevo León, México.



PÉREZ-RODRÍGUEZ, R., A. MALPICA-SÁNCHEZ y J. BALDERAS, 1989.
Sedimentología y fauna bentónica (Presa Atlangatepec). Cuadernos de CBS Número 21. UAM-Xochimilco, México.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, R., 1990.
Benthic and epiphytic mollusks from Atlangatepec Dam, Tlaxcala, Mexico (Gastropoda: Pulmonata). Abstracts. Second International Congress on Medical and Applied Malacology, Seoul, Korea.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, R., 1995.
Estudio de los moluscos bentónicos y epifíticos de la presa de Atlangatepec, Tlaxcala. Cuadernos de CBS, Número 36. UAM-Xochimilco, México.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, R. y T. BADILLO-SOLÍS, 1996.
Aves acuáticas y su entorno limnológico en la presa de Atlangatepec, Tlaxcala. Serie Académicos CBS, Número 20, UAM-Xochimilco.

RAST, W. HOLLAND, M., 1988.
Eutrophication of lakes and reservoirs: a framework for making management decisions AMBIO 17 (1): 2-12.

RITTER-ORTIZ, W., J. SUÁREZ-SÁNCHEZ y R. RODRÍGUEZ-MALDONADO, 1992.
Crecimiento, sobrevivencia y optimización de la carpa (Cyprinus carpio) en la Presa Atlangatepec, Tlaxcala. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 19(1):43-56.

ROSAS, M.M., (1981).
Biología acuática y piscicultura en México. SEP. México. 379 pp.

SEMARNAP-TLAXCALA, 2000.
Información general de embalses con actividad piscícola. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Delegación Federal Tlaxcala. Unidad de Pesca y Acuicultura. Documento interno, septiembre del 2000.



SEPESCA, 1988.

Manual Biotecnológico para el cultivo y reproducción de ciprínidos en México. México. 218 pp

SMITH, V.H., TILMAN, G.D., NEKOLA, J. C., 1999.

Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, 100:179-196.

WETZEL, G.R., 1981.

Limnología. Ed. Omega, Barcelona, España. 679 pp.



Capítulo IV

PRESA

DR. BELISARIO DOMÍNGUEZ (LA ANGOSTURA), CHIAPAS



Figura 1

PANORÁMICA DEL EMBALSE PRESA DR. BELISARIO DOMÍNGUEZ
(LA ANGOSTURA, CHIAPAS)

Pablo Alejandro Pérez Velázquez,
Esteban Cabrera Mancilla,
Enrique Arturo Bermúdez Rodríguez
y
Rosa María Gutiérrez Zavala

Capítulo IV



PRESA DR. BELISARIO DOMÍNGUEZ (LA ANGOSTURA), CHIAPAS

PABLO ALEJANDRO PÉREZ VELÁZQUEZ,
ESTEBAN CABRERA MANCILLA,
ENRIQUE ARTURO BERMÚDEZ RODRÍGUEZ
Y ROSA MARÍA GUTIÉRREZ ZAVALA

1. Introducción

Los grandes embalses del país, particularmente los situados hacia el Sureste en el estado de Chiapas, se han constituido como una de las bases importantes del desarrollo de una pesca comercial continental, que da sustento y empleo a un gran número de familias. Actualmente, la mayor parte de la producción pesquera de aguas interiores nacionales proviene de especies introducidas, como la tilapia, carpa, lobina y otras más, que se han sembrado y ampliamente distribuido en casi todo tipo de embalses.

La Presa Dr. Belisario Domínguez (La Angostura) es el mayor embalse artificial del país; de allí que se puedan plantear diversas cuestiones, tanto limnológicas como pesqueras, en relación con el diseño de estrategias de manejo y en las condiciones socio-económicas de los usuarios de la presa (Fig. 1).

La Presa La Angostura forma parte del Sistema del Río Grijalva, que a su vez sostiene a cuatro grandes hidroeléctricas de Chiapas. En su conjunto generan, en promedio y anualmente, 10,689.9 Giga Watts, lo que constituye cerca del 48% del total de la energía producida por las hidroeléctricas del país, las que aportan el 25% del total nacional. La Angostura es, por su área de captación, el segundo embalse en impor-



tancia del país después del lago de Chapala, ubicado en los estados de Michoacán y Jalisco {Lemus-Kourchenko, 1994}.

De abril a diciembre del 2001 se llevó a cabo un estudio pesquero en este embalse, en colaboración con un grupo técnico de la Subdelegación de Pesca de SAGARPA y de la Secretaría de Pesca del gobierno del estado de Chiapas. El estudio se orientó a la obtención de información de campo en localidades en donde se realizan los mayores esfuerzos de pesca comercial en el embalse -municipios de Villa Corzo y La Concordia-.

El objetivo del estudio fue obtener un diagnóstico basado en la obtención de información de campo de los aspectos limnológicos, biológicos, tecnológicos y socioeconómicos de los grupos de pescadores que operan en el embalse. Los resultados del trabajo proporcionan información del estado actual de las condiciones que presenta el aprovechamiento de los recursos pesqueros de este cuerpo de agua.

2. Importancia y problemas asociados

La construcción de grandes presas en el estado de Chiapas ha significado una profunda reorganización del territorio y esto ha sido motivo de discusiones. Por un lado, han servido para promover el desarrollo del sector urbano e industrial del centro y Norte del país, obedeciendo a las líneas estratégicas de la política nacional; mientras que, por el otro, han contribuido muy poco en el crecimiento del estado y han sido causa de un importante reacomodo de campesinos, sustituciones de tierras y desplazamientos masivos de grupos humanos {Lemus-Kourchenko, 1994}.

La construcción de la Presa La Angostura ha afectado sobre todo el patrón de poblamiento y los caminos orientados sobre las márgenes del Río Grijalva. Para los habitantes de la región esto significó tener que volver a establecerse en nuevas áreas, lo que dió origen a una nueva repartición de la población; se abrieron nuevas vías de comunicación causan-



do grandes cambios socioculturales y aún ecológicos, al transformar el ambiente de forma radical y pasar de un medio terrestre a uno acuático. La gente empezó a dedicarse a la pesca comercial y se acostumbró a desplazarse por medio de lanchas o cayucos.

El éxito de la pesquería de la tilapia en el embalse es un hecho indiscutible y se refleja en el incremento de los últimos años del número de individuos que se dedican a ella. La pesquería se realiza en ocho zonas bien definidas, siendo las más importantes: la Concordia, Jericó y Loma Bonita, con una extensión superior a las 10,000 ha de espejo de agua. En esas localidades coinciden varias organizaciones pesqueras con un número superior a los 1,200 pescadores, lo que representa un importante esfuerzo pesquero sobre los recursos, ya que no sólo se ha detectado la utilización de redes de enmalle con características técnicas inferiores a las especificadas, sino también de redes prohibidas como las atarrayas y chinchorros de arrastre, que impactan sobre la abundancia de los recursos al incidir sobre las tallas de peces que aún no se reproducen (Fig. 2).



Figura 2

UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONAS DE CAPTURA COMERCIAL Y DE PROTECCIÓN EN LA PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS.

FUENTE: SAGARPA-CHIAPAS, 2001



Por otro lado, la comercialización de los productos pesqueros sigue siendo tradicional. Ésta consiste en la venta directa del producto fresco de los pescadores a los intermediarios que provienen de diferentes zonas, y que concurren en los denominados sitios de desembarque. El intermediario, que establece los precios y características del producto, lo comercializa congelado y lo lleva a los centros de consumo. En algunos casos, el intermediario financia determinados gastos de adquisición de los equipos de pesca. Se estima que mensualmente concurren a las zonas del embalse entre 100 y 150 intermediarios, que ya tienen mercados de consumo establecidos en las ciudades de Tuxtla Gutiérrez y aún en zonas de Tapachula, entre otras importantes {Olmos-Tomasini, 2002}.

Otra problemática que destaca en los procesos de comercialización es el acopio de los productos pesqueros por parte de los compradores en pequeño, en la modalidad de "cubeteo". Esta consiste en la entrega y venta de pequeñas cantidades del producto que se comercializa en las zonas alejadas, y va en detrimento de las organizaciones pesqueras, reflejando una clara incapacidad de organización por parte de los pescadores para obtener mejores beneficios económicos por la venta de sus productos.

En términos generales, las pesquerías comerciales de la Presa La Angostura se ven constantemente amenazadas por una sobreexplotación de los recursos, ya que no se respetan las medidas administrativas y se observa un incremento gradual del número de pescadores y equipos de pesca utilizados. Los registros oficiales pesqueros de la producción de los últimos 10 años demuestran que se encuentran en descenso, esto se suma a que los niveles del agua de la presa se han mantenido relativamente bajos, afectando las zonas de reproducción natural de la tilapia y, en determinados casos, por el traslape de las zonas de pesca de las organizaciones pesqueras que operan en el embalse.



3. Antecedentes

Los primeros estudios limnológicos y de evaluaciones de la producción pesquera en este embalse corresponden a Cortés-Altamirano y Arredondo-Figueroa (1975). Otro estudio realizado por Del Río-Echeverría y González-Villalobos (1975), que tenía aplicación de técnicas de marcado en el recurso tilapia, lo que permitió hacer estimaciones del tamaño poblacional de dicha especie.

En la década de 1980 el gobierno estatal solicitó se realizaran dos estudios biológico pesqueros para la determinación del esfuerzo pesquero {Morales *et al*, 1986 y Morales *et al*, 1988}. Posteriormente, la empresa BIOTECS (1990) presentó un informe técnico orientado a valorar el potencial pesquero y acuícola de este embalse para la implementación de sistemas de cultivo de peces en jaulas flotantes, pronosticando rendimientos pesqueros anuales del orden de las 4,875 toneladas y la probabilidad de obtener hasta cosechas de 64 Kg/m³ en los sistemas de cultivo. Posteriormente, Sierra-Rodríguez (1995) realizó un análisis de la captura y del esfuerzo en este embalse para una serie histórica de 17 años, determinando el esfuerzo pesquero del embalse a partir del análisis de los registros pesqueros disponibles.

Para los habitantes de la entidad, la pesca comercial es una actividad complementaria y genera una gran cantidad de empleos para los pescadores, las principales especies que se capturan son, por orden de importancia económica: la tilapia, bagre y macabil. También se capturan otras nativas como las falsas anguilas, juiles, popoyote, charales y matalote, por citar algunas {Olmos-Tomasini, 2002}.

Finalmente, la subdelegación de pesca local de SEMARNAP, durante 1997 y 1999, elaboró diagnósticos del embalse en los cuales se describen las problemáticas generales y situación pesquera de las organizaciones sociales que aprovechan los recursos del embalse. A pesar de todos estos esfuerzos, se considera que continua careciendo de información técnica que respalde la toma de decisiones.



4. Descripción general

4.1 LOCALIZACIÓN

El embalse está comunicado por varias vías, siendo las de mayor importancia las carreteras estatales Tuxtla Gutiérrez-Valle Morelos, Tuxtla Gutiérrez-Simón, y la carretera federal no. 195 México-Cd. Cuauhtémoc. Además, hay otras carreteras y caminos de terracería anexos que conducen a diferentes poblados y a los principales sitios de desembarque {BIOTECS, 1990}.

Hacia los años setenta, y como parte del plan para el aprovechamiento integral del caudal del Río Grijalva, se construyó la Presa La Angostura. El proyecto comprendió la construcción de la presa en el cañón de La Angostura y la instalación de la planta hidroeléctrica. Éste fue terminado en 1974 cuando fueron cerradas sus compuertas. De las 60,000 ha que conforman el embalse, 50,664 ha correspondían a propiedades particulares (fincas) y 10,164 hectáreas a tierras ejidales, esto da una idea de la estructura agraria que existía, dado que la mayor parte de la tenencia de la tierra pertenecía a particulares {Lemus-Kourchenko, 1994}.

La Presa Dr. Belisario Domínguez se localiza en la depresión central del estado de Chiapas, se sitúa entre los municipios de Chiapa de Corzo y Ángel Albino Corzo al Oeste; Trinitaria y Comalapa al Este; Venustiano Carranza, Tzimol y Socoltenango al Norte; Concordia y Chicomuselo al Sur (Fig. 3). Sus coordenadas geográficas son: 16° 26' 15" de latitud Norte y 92° 58' 10" de longitud Oeste. Se ubica en una cuenca de 18,099 km², con un área máxima de 65,000 ha, y capacidad para almacenar un volumen de 18,200 millones de metros cúbicos.

Es el segundo embalse de mayor importancia en México y se alimenta principalmente por los Ríos Grijalva, San Gregorio, San Miguel, Blanco, Revolución Mexicana, Dorado, Cuxtepeques, Jaltenango, Aguacate y Rizo de Oro, así como por un gran número de arroyos. Se encuentra a una altitud que varía con el nivel aprovechable de agua, de 515 a 525 msnm {C.F.E., 1985}.



En términos generales, el embalse fue construido para la generación de energía eléctrica, para el control de avenidas y la conservación de niveles de navegación, aunado al aprovechamiento pesquero y, en menor escala, para la acuacultura.

CHIAPAS



PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS
16° 26' 15" LATITUD NORTE
92° 58' 10" LONGITUD OESTE
Superficie Aproximada
60 000 ha

Figura 3
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS



4.2 HIDROLOGÍA

El estado de Chiapas se encuentra formado por dos grandes cuencas hidrológicas que irrigan una buena parte de la superficie de la entidad, no siempre con posibilidades de aprovechamiento agrícola. Esto ha sido determinante en la orientación de los poblados, el manejo del espacio y en la conformación del territorio. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, la Cuenca del Grijalva-Usumacinta corresponde a la Región Hidrológica 30 y se encuentra situada sobre la Depresión Central separada por el Altiplano o los Altos y por las montañas del Norte de la Cuenca del Usumacinta que corren en forma paralela al Río Grijalva, en sentido inverso al inicio de los ríos Lataté-Lacanjá-Lacantún para unirse, posteriormente, al Río Usumacinta.

El principal afluente del embalse es el Río Grijalva, que nace en Guatemala, aunque también aportan sus aguas los Ríos San Miguel, Cuxtepeques y Dorado, provenientes de la Sierra Madre de Chiapas y el Río Blanco (que baja de la región de Los Altos). Los cauces de la presa están retenidos por una cortina de 146.7 m de altura, el nivel máximo extraordinario es de 539.6 metros sobre el nivel del mar.

El vaso de la presa esta formado por rocas de origen sedimentario (calizas, lutitas y margas) originando suelos de tipo *Rendzina*, con un contenido de carbonatos, silicatos y óxidos de hierro {Cortés-Altamirano y Arredondo-Figueroa, 1976}. Los suelos dominantes son de tipo litosol, regosol y vertisol de acuerdo con la clasificación de la FAO, Organización Mundial de Alimentación.

La capacidad de almacenamiento es mayor a los 20,000 Mm³ y ocupa una superficie superior a las 60,000 ha, extendiendo su cuenca de captación hasta 18,099 k² a una altitud de 539.6 msnm. La Tabla 1, resume datos generales del embalse.



Tabla 1

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRESA
LA ANGOSTURA, CHIAPAS.
FUENTE: CNA, 2000

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
Área de la cuenca	18 099	Km ²
Capacidad del cauce	2 500	Km ²
Capacidad de almacenamiento de conservación	10 727	Mm ³
Nivel de almacenamiento máximo extraordinario (NAME)	20 217.3	Mm ³
Elevación del NAME	539.6	msnm
Nivel de almacenamiento máximo ordinario (NAMO)	10 727	Mm ³
Elevación del NAMO	533	msnm

El registro promedio anual del embalse, que ha alcanzado su superficie en hectáreas, volumen en millones de metros cúbicos y nivel medio de altura sobre el nivel del mar de los últimos 24 años (período 1977-1999) mostró que el más alto correspondió al año 1999 con 60,230.6 ha, 14,947 Mm³ y 533.2 msnm. Mientras que el menor, en 1979, con 24,483 ha, 3,598 Mm³ y 503.2 msnm, respectivamente.

El valor promedio de dichas variables para ese período fue de 46,191.4 ha, 9,836.1 Mm³ y 521.3 msnm. El análisis conjunto de estos datos permite inferir que el embalse presenta a largo de los años importantes variaciones en el nivel del agua, afectando de manera directa las actividades pesqueras, ya que se han observado descensos de hasta 33 m {CNA, 2000}.



4.3 CLIMA

Los climas dominantes en la región de la Presa La Angostura son, de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1988), del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w); sin embargo, existen variaciones al interior de la depresión con los subtipos «Aw^o, Aw1, Aw2», con lluvias en verano. La temperatura media anual varía de 17.7 a 26° C y la precipitación pluvial media anual es de 800 a 1,300 mm {INEGI, 2001}.

4.4 VEGETACIÓN

En la actualidad la región se encuentra totalmente transformada, debido a la actividad que durante siglos el hombre ha ejercido sobre la zona. Breedlove (1981) considera que es probable que la mayor parte de la Depresión Central, en la que se ubica el embalse, estuviera originalmente cubierta por un bosque tropical caducifolio.

El conjunto de comunidades vegetales varía en todos los puntos del embalse y van de una comunidad semidesértica hasta una Selva Alta Perennifolia; y de un estrato rasante a un estrato arbóreo elevado.

Inicialmente las riberas de los ríos, ahora cubiertos por agua, se encontraban ocupados por comunidades de sabinos, encinos y pastizales, que ahora predominan en la región de los municipios de Chicomuselo, Comalapa y Trinitaria, pastizales y zonas de pastoreo de ganado. En el municipio de Socoltenango se encuentra una zona semidesértica con un estrato arbustivo caducifolio, con zonas de agricultura de temporal. Entre los árboles principales que existen destacan el brasil, mulato, ceibas, guamúchil y arbustos como el nanche, cinco negritos, capulín e ishcanal. La interacción del hombre, el ganado y el fuego han dado lugar a las sabanas y pastizales, con árboles algo espaciados, como el cacaíto, nanche y espino en terrenos mal drenados, algunos de los cuales se localizan en áreas de la Tigrilla, La Concordia y Chicomuselo. Los palmares de «palma real» o “sayote” se encuentran en las llanuras al Suroeste de las localidades de Soyatitán, Socoltenango y Trinitaria, muchos de los cuales



han sido substituidos para el cultivo de caña de azúcar en los alrededores del ingenio Pujiltic. El resto de la zona del embalse se encuentra rodeada de Selva Media Caducifolia. Dentro de los municipios de La Concordia y Chicomuselo se encuentran bosques aislados de *Quercus sp* y *Pinus sp*, así como comunidades importantes de matorral espinoso {Lemus-Kourchenko, 1994}.

La vegetación asociada a la Presa La Angostura, ha sido considerada como un elemento antagónico para el desarrollo agropecuario de esta región, a tal punto que ha sido prácticamente exterminada en grandes extensiones del territorio de la Depresión Central y, actualmente, sólo se encuentra como elemento aislado o en las regiones más inaccesibles y de profundas pendientes que la hace inadecuada para la agricultura. Esto ha ocasionado graves problemas de erosión por la pérdida del suelo, que se aprecia en buena parte de la superficie de la región.

4.5 ICTIOFAUNA

Aún cuando no se dispone de un listado completo de las especies de peces que habitan el embalse, por su importancia en la pesca comercial destacan las tilapias, el bagre y, en menor escala, otras especies nativas (Tabla 2).

Tabla 2

ESPECIES PRESENTES EN PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS.

(ADAPTADO DE BIOTEC, 1990, DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2000 Y ESPINOSA-PÉREZ ET AL, 1998).



Nombre Común	Nombre Científico	Origen	Importancia
Tilapia negra	<i>Oreochromis mossambicus</i>	I	IC
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	I	IC
Tilapia	<i>Tilapia melanopleura</i>	I	IC
Tilapia azul	<i>Oreochromis aurus</i>	I	IC
Tilapia	<i>Oreochromis hornorum</i>	I	IC
Bagre	<i>Ictalurus furcatus</i>	N	IC
Macabil	<i>Brycon guatemalensis</i>	N	IC
Popoyote	<i>Poecilia sphenops</i>	N	IE
Guayacón	<i>Gambusia sexaradiata</i>	N	IE
¿?	<i>Poecilliopsis regan</i>	N	IE
¿?	<i>Poecilliopsis gracilis</i>	N	IE
Mojarra zacatera	<i>Herichthys pearsei</i>	N	IC
Castarrica	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	N	IC
Mojarra	<i>Cichlasoma hartwegii</i>	N	IE
Mojarra paleta	<i>Theraps fenestratum</i>	N	IC
Mojarra copetona	<i>Cichlasoma sp.</i>	N	IE
Mojarra pinta	<i>Nandopsis salvini</i>	N	IE
Sardina	<i>Dorosoma anale</i>	N	IC
Charal	<i>Archomenidia sallei</i>	N	IC
Matalote	<i>Ictiobus meridionalis</i>	N	IC
Falsa anguila	<i>Symbranchus marmoratus</i>	N	IE
Sardina plateada	<i>Astyanax aeneus</i>	N	IC
Juil	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	N	IE
Carpa barrigona	<i>Cyprinus carpio rubrofuscus</i>	I	IC
Carpa espejo	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	I	IC

I= Introducida

N= Nativa

IC= Importancia Comercial

E= Importancia Ecológica

4.6 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

En esta región se asienta una población superior a las 200,000 personas, cuya actividad principal es la agricultura de temporal. En otras zonas se llevan a cabo prácticas de silvicultura y, en menor medida, giros industriales {INEGI, 2001}. Por razones económicas, la pesca comercial representa una actividad complementaria {Olmos-Tomasini, 2002}.



La agricultura se realiza en las zonas que colindan con el embalse; entre los cultivos más importantes se encuentran el maíz, frijol y, en menor escala, el café y cacao.

Entre los recursos madereros explotados, principalmente en los municipios de la Concordia y Villa Flores, sobresalen el cedro y el pino.

La ganadería se practica en la modalidad de extensiva, se cría ganado bovino, caprino, porcino y se complementa con la cría de aves de corral.

En el municipio de Chiapa de Corzo se extrae calhidra y piedra de cantera, existe además una planta enlatadora de lácteos y algunas procesadoras de madera para fabricar el triplay.

4.7 NORMATIVIDAD

A pesar del tamaño del embalse y la cantidad de personas dedicadas a la actividad pesquera, durante los últimos años no se han establecido esquemas oficiales propiamente normativos, que permitan establecer ordenadamente el aprovechamiento de los recursos pesqueros. La actividad pesquera está muy concentrada en dos de los municipios aledaños al embalse, La Concordia y Villa Corzo, e incluyen a la mayoría de los grupos de pescadores organizados.

Actualmente, en algunas zonas del embalse, las autoridades pesqueras y algunos grupos de pescadores (municipios de La Concordia y Villa Corzo) han establecido, informalmente, esquemas de manejo y aprovechamiento de los recursos de la presa, determinando ciertas áreas exclusivas para la captura de peces, zonas de protección y refugio para asegurar la reproducción natural de las especies y proteger el crecimiento de los juveniles. Se han fijado las tallas mínimas de captura (21.6 cm en longitud total para la tilapia y para el bagre) y, también, algunas características generales de las artes de pesca utilizadas (redes de enmalle con abertura de malla interior mínima de 3 + pulgadas). Además han prohibido el uso del arpón, el uso de redes de arrastre, atarrayas y el "apaleo", que es una actividad que golpea la superficie del agua para obligar a los peces a dirigirse hacia las redes.



El anteproyecto de Norma Oficial Mexicana ANTEPROY-NOM-039-2001, propone regular el aprovechamiento de los recursos pesqueros del embalse Presa La Angostura, con disposiciones administrativas tanto para la pesca comercial como la deportivo-recreativa. Hoy en día se encuentra en revisión de autoridades pesqueras de la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura. En este documento se plantea establecer y delimitar zonas de refugio en el embalse para proteger la reproducción y el crecimiento de juveniles de las tilapias y de las otras especies, así como la aplicación de diversas reglas de operación de las actividades pesqueras comerciales.

5. Producción pesquera y repoblamiento

5.1 ORGANIZACIÓN Y ESFUERZO PESQUERO

En este embalse se ubican numerosos centros de acopio en donde los pescadores llegan a descargar y registrar los productos de la pesca cotidiana. De acuerdo con la información oficial disponible, hasta diciembre del 2001, se encontraron registradas 33 organizaciones sociales pesqueras. Debido a ello, hay por lo menos 25 centros de acopio distribuidos en todo el embalse. En su conjunto son más de 1,500 pescadores, quienes utilizan 16,154 redes de enmalle y un número indeterminado de chinchorros y atarrayas.

También existe un número variable de redes por pescador, y entre las organizaciones. El número de embarcaciones registradas es de 1,026 unidades tipo "cayucos", la mayoría fabricadas con madera y propulsadas con remos de madera, otras son de fibra de vidrio y propulsadas con motores fuera de borda de potencia variable (Tabla 3).



Tabla 3

DESCRIPCIÓN DEL ESFUERZO PESQUERO DE LA PRESA LA ANGOSTURA EN 2001.

FUENTE: SUBDELEGACIÓN DE PESCA-SAGARPA, CHIAPAS.

No. Organizaciones	No. Pescadores	No. Embarcaciones	No. Redes Agalleras	No. de Motores
33	1 577	1 026	16 154	variable

Estos datos contrastan con el registro de pescadores, equipos y artes de pesca efectuado en 1990 {Olmos-Tomasini, 2002}, el que tuvo un registro de 27 organizaciones con 1,353 pescadores, 282 embarcaciones, 261 motores y un total de 7,890 redes de enmalle.

5.2 REGISTROS OFICIALES

El análisis de los registros oficiales muestra que el esfuerzo pesquero se ha incrementado sensiblemente con respecto a los años anteriores y esto se refleja en la disminución de los rendimientos. La especie que sustenta la pesquería es la tilapia, por ser la más abundante en las capturas. Al embalse concurren ya más de 1,500 pescadores quienes utilizan más de 16,000 redes de enmalle de diferentes características técnicas. El valor promedio anual de la producción de los últimos 21 años (período 1980-2000) está en las 2,767 toneladas; su máximo fue obtenido en 1990 con 4,440.3 toneladas. Mientras que la producción del año 2001 sólo obtuvo un total de 1,347 toneladas. Los rendimientos de los últimos años están dentro del orden de las 40 Kg/ha/año, muy por debajo de lo que se obtenía hace 10 años y contrastan con los del estudio de BIOTEC (1990), quienes estimaron rendimientos pesqueros de 122.5 Kg/ha/año con esfuerzos pesqueros óptimos, no su-



periores a las 2,421 redes de enmalle. La actividad pesquera es efectuada durante todo el año y no se han implementado vedas (Fig. 4).

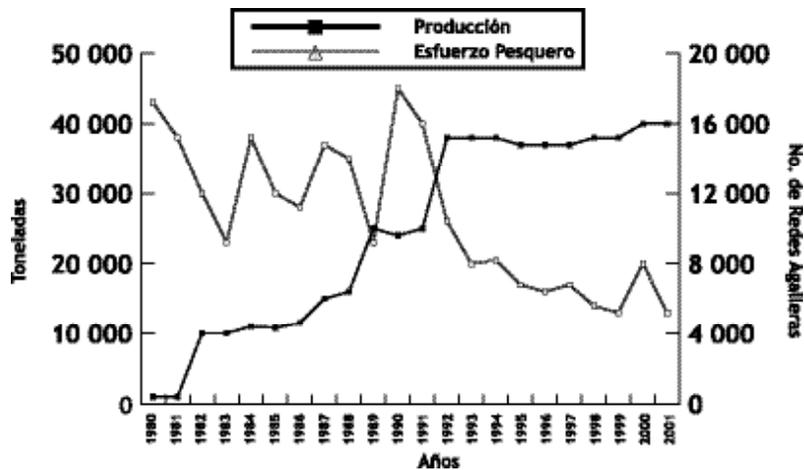


Figura 4
 RELACION ENTRE LA PRODUCCIÓN Y EL ESFUERZO PESQUERO EN NÚMERO DE REDES AGALLERAS. (1980-2001), EN PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS. FUENTE: SAGARPA-CHIAPAS, 2001.

Se sugiere realizar una campaña de actualización del padrón de pescadores; realizar un inventario del número de artes de pesca y embarcaciones; e, implementar acciones de inspección y vigilancia. Sus resultados permitirían realizar una determinación óptima del esfuerzo pesquero.

5.3 REPOBLAMIENTO

En la Tabla 4 se señalan las cantidades de crías de tilapias sembradas durante los años 1994 al 2000. Las mayores siembras fueron en 1998, con más de 1,600,000 crías, y la menor siembra en 1996, con más de 400,000 crías, las cuales fueron producidas en el *Centro Acuícola Benito Juárez*. La siembra de crías de peces en este embalse no corresponde a un período específico. El centro acuícola al tener producción la realiza y cuando cada organización pesquera lo solicita a las au-



toridades, para mitigar la afectación de zonas de reproducción natural de las especies por motivo de las reducciones en el nivel del agua del embalse. La talla promedio de siembra es de tres centímetros y, actualmente, se siembran tilapias de la variedad Stirling. Este importante rubro requiere de mayores estudios de campo ya que no se cuenta con suficiente información técnica que permita cuantificar su impacto en la producción pesquera.

Tabla 4

HISTÓRICO DE SIEMBRAS DE TILAPIA (1994-2000) EN PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS.

FUENTE: SAGARPA-CHIAPAS, 2001.

AÑO	CANTIDAD
1994	1 300 000
1995	670 000
1996	449 000
1997	1 420 000
1998	1 603 000
1999	1 209 000
2000	1 194 000

6. Resultados

ESTUDIO REALIZADO POR EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

El presente trabajo integra información de las condiciones del aprovechamiento de los recursos pesqueros del embalse.



METODOLOGÍA

El estudio limnológico consistió en la toma de muestras de agua para nutrientes, por medio de una botella Van-Dorn. La transparencia se determinó con disco de Secchi; la temperatura, se midió con un multisensor marca YSI 85 y un potenciómetro marca Hanna. La cuantificación de los nutrientes se realizó con un espectrofotómetro de campo HATCH 2000.

En las zonas de arribo se revisaron las capturas comerciales para identificar la composición por especie por embarcación; así como la toma de datos merísticos (longitud total y estándar y altura, en centímetros y peso en gramos) por medio de un ictiómetro y cinta métrica; para registrar el peso se usó una balanza de reloj con precisión de 5 gramos. Con estos resultados se elaboraron las bases de datos con los que se hicieron análisis correspondientes a histogramas de talla, peso y abundancia de las especies colectadas.

La caracterización y descripción de los sistemas de captura se basa en los criterios de la FAO (1975). Las medidas que se tomaron fueron: Longitud de la Relinga Superior (Lrs); Longitud de la Relinga Inferior (Lri); Tamaño de malla, Número de mallas de caída, Número y peso de Plomos Número y tipo de Flotadores. Las dimensiones de las embarcaciones que se tomaron fueron: Eslora, manga, puntal y material de construcción.

Para cubrir los aspectos socioeconómicos se contó con la metodología y asesoría propuestas por Ovalle-Muñoz (2001).

6.1 LIMNOLOGÍA

Con una caracterización limnológica preliminar realizada en siete estaciones de muestreo, distribuidas en el embalse, determina que es un cuerpo de agua de 12 a 27 m de profundidad, con pH entre 6 y 7.3 y elevada visibilidad del disco de Secchi de tres a ocho metros. Con base en las concentraciones de nitrógeno y fósforo, se le clasifica como eutrófico (Tabla 5).



Tabla 5

VALORES DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICO AMBIENTALES DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS.

Parámetro	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo
Nitritos (mg/1)	0.032	0.005	0.004	0.135
Nitratos (mg/1)	0.045	0.45	0.2	0.6
Ortofosfatos (mg/1)	0.47	0.2	0.1	1.43
Profundidad (metros)	13.5	-----	12	27
Visibilidad del disco				

La calidad de las aguas del embalse refleja aspectos del rezago social y económico de la región. Se observan numerosas descargas domésticas instaladas a todo lo largo del cuerpo de agua, de forma tal que los niveles de coliformes que han sido detectados (240 ufc/ml) impiden el consumo humano directo {BIOTECS, 1990}.

6.2 BIOLOGÍA PESQUERA

Las capturas durante el muestreo están constituidas por las siguientes especies:

Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>
Tilapia	<i>Oreochromis mossambicus</i>
Tilapia	<i>Oreochromis hornorum</i>
Tilapia	<i>Tilapia melanopleura</i>
Bagre	<i>Ictalurus furcatus</i>
Carpa espejo	<i>Cyprinus carpio specularis</i>
Carpa barrigona	<i>Acyprinus carpio rubrofruscus</i>



En la Fig. 5 se observa la composición específica de las capturas comerciales constituidas por varias especies de cíclidos introducidos; siendo la especie más abundante, por su frecuencia de aparición, la tilapia, *Oreochromis niloticus*, con 86.9% y, en segundo término, el bagre *Ictalurus furcatus* con el 12.4% y, el 0.7% y carpa (*Cyprinus carpio specularis* y *C. c. rubrofuscus*).

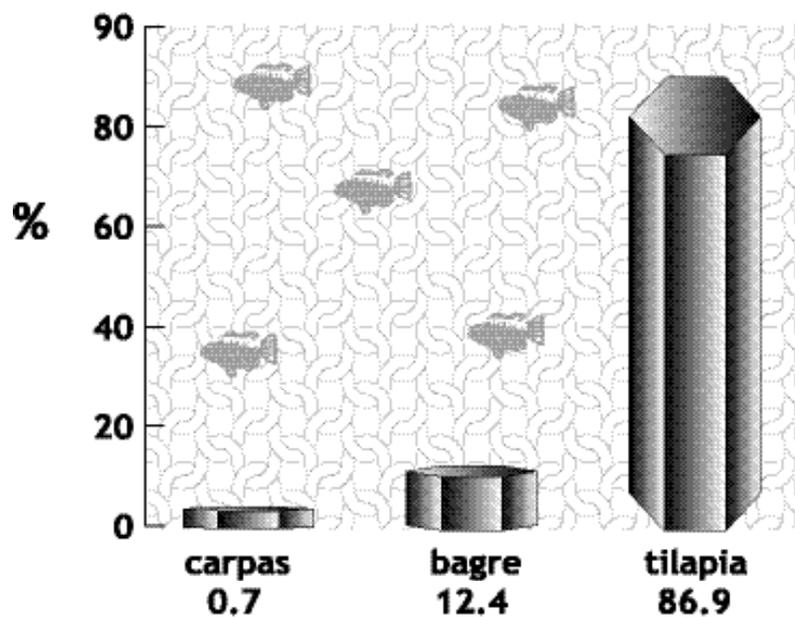


Figura 5
COMPOSICIÓN ESPECÍFICA EN LAS CAPTURAS REGISTRADAS DURANTE EL MUESTREO EN LA PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS (ABRIL-OCTUBRE 2001).

Los resultados del muestreo de distribución de tallas se presentan de manera porcentual en la Fig. 6, encontrando diferencias significativas entre las dos zonas de pesca. El muestreo en la zona del Ejido de Jericó (municipio de Villa

Corzo) incluye el análisis continuo de la actividad pesquera de cinco organizaciones representativas de esta importante zona en el embalse. La zona del municipio de La Concordia incluye a siete organizaciones.

El análisis permite observar que en la zona de Jericó se capturan organismos que están por debajo de la talla especificada como mínima (23 cm en Longitud Patrón) y oscilan entre los 14 a los 25.9 cm con una moda a los 19.9 cm, esto es resultado de la utilización de artes de pesca no autorizadas. En cambio, en la zona pesquera de La Concordia, regularmente se observa que en general capturan organismos de tallas por arriba de la autorizada, entre los 20 a 31.9 cm, con una moda de 23.3 centímetros.

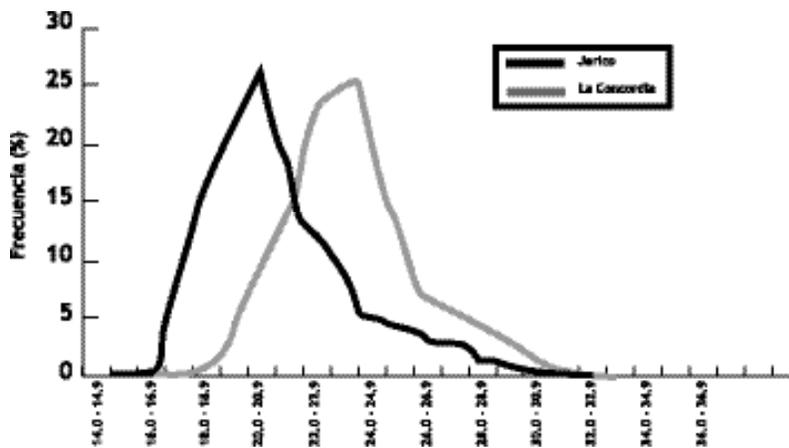


Figura 6

COMPARACIÓN PORCENTUAL DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO DE TALLAS DE CAPTURA EN LONGITUD PATRÓN, REALIZADO EN DOS ZONAS DE PESCA EN LA PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS (2001).

6.3 TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE CAPTURA

Las embarcaciones empleadas en las operaciones de pesca son de tipo artesanal, construidas con material de fibra de vidrio denominadas "pangas", destaca con un mayor porcentaje la de 5.3 m de eslora, así como las construidas de made-



ra denominadas "cayucos" con 4.6 m de eslora. Los cayucos utilizan como propulsión remos de madera, y las pangas son propulsadas por motores fuera de borda con un intervalo de 15 a 75 HP, destacando un mayor porcentaje de operación los de 45 HP.

Las artes de pesca más utilizadas en este embalse son las redes de enmalle, con longitudes en la relinga superior e inferior de 30 a 100 m. La construcción de estos equipos se realiza artesanalmente con materiales de confección industrial. Su armado se lleva a cabo con base en la experiencia de cada pescador, quienes realizan ocasionalmente diversas modificaciones en su construcción y armado. Esto tiene como propósito obtener mejores capturas. Los paños que dan forma al cuerpo de estas redes en su mayoría son de hilo nylon monofilamento de (PA) sintético, con dimensiones de 0.20 a 0.25 mm de diámetro y con tamaño de malla estirada entre 8.8 a 10.1 cm (3 + - 4"). Estos paños son unidos (encabalgados) a un cabo de polietileno (PE) que da forma a la relinga superior (flotación) y a otro con las mismas características que da forma a la relinga inferior (Fig. 7).

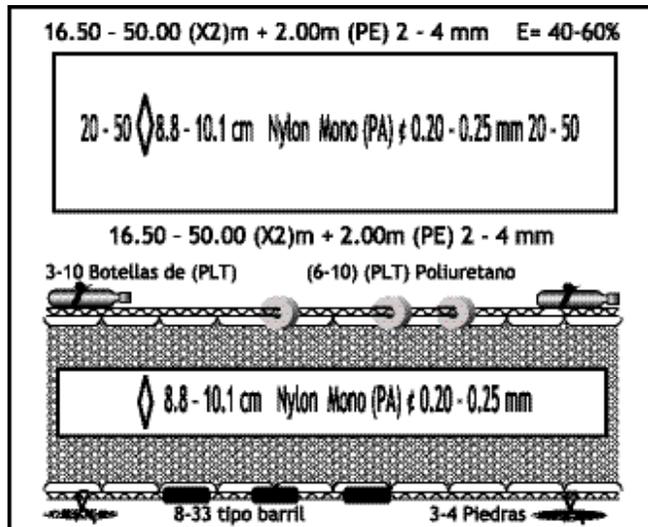


Figura 7

ESQUEMA GENERAL DE UNA RED DE ENMALLE EN LA PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS.

Para dar forma a la configuración de trabajo (aparejamiento), la mayoría de los pescadores utilizan, en sustitución a los flotadores industriales, envases o botellas de plástico distribuidos e instalados a lo largo de la relinga superior; y, a diferencia de plomos, utilizan en su sustitución un número determinado de piedras instaladas a lo largo de la red en su parte inferior. En la Tabla 6, se presentan algunas de las principales características técnicas registradas en estos equipos.

Tabla 6.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS REDES DE ENMALLE EN LA PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS.

Longitud de la Relinga Superior	Material de la Relinga Superior	Diámetro de la Relinga Superior	Porcentaje de Encabalgado	Tamaño de la Malla Estirada
(30-100) m	Polietileno (PE)	(2-4 mm)	40-60 %	(8.8-10.1) cm

De acuerdo a las condiciones y a las características, en las cuales se desarrollan las operaciones de captura, se considera necesario realizar talleres de capacitación dirigidos a los pescadores. Esto con el propósito de que adquieran los conocimientos técnicos que les permitan efectuar el armado y construcción adecuado de las artes de pesca, de manera que mejoren la eficiencia y selectividad de captura de peces de talla comercial.

6.4 ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO

Durante diciembre del 2001 se realizaron un total de 192 encuestas individuales, aplicadas a pescadores de 24 organizaciones distribuidas en todo el embalse. De acuerdo al análisis se obtuvieron los indicadores señalados en la Tabla 7.

Tabla 7

INTEGRADO DEL ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO
EFECTUADO EN 2001 EN LA PRESA LA ANGOSTURA, CHIAPAS.



Variable	Proporción de la población encuestada
Estructura familiar y educativa	El 78.3% de las familias de los pescadores constan de 3 a 8 miembros. El 83.5% son jefes de familia. El 63% tiene una edad entre los 40 a 49 años. El 18% son personas de 50 o más años y un 19% tienen entre 20 a 39 años. El 72% de la población entrevistada no tiene primaria terminada, y un 18% carece de toda instrucción.
Estructura ocupacional e ingresos económicos	El 85% se dedica exclusivamente a la pesca. La segunda actividad más importante es la agricultura de temporal. El 63.7% percibe 2 salarios mínimos diarios, el resto obtiene al menos 1 salario mínimo.
Actividad pesquera y comercialización	Actividad pesquera y comercialización. La captura comercial la constituye la tilapia, el 90.1% de los pescadores se dedica a capturar exclusivamente este recurso, el resto captura bagre y en menor escala la carpa. El precio promedio de la tilapia es de \$10.50/kilogramo, el bagre alcanza \$12.50/kilogramo, mientras que la carpa se vende a \$6.00/kilogramo. El 79% manifestó que la captura diaria por pescador fluctúa entre 5 a 9 kilogramos. El 87% señaló que la captura es destinada a la venta directa, el resto es para el autoconsumo local.

Variable	Proporción de la población encuestada
Equipos de pesca y embarcaciones	El 65.7% tiene cayucos de madera propulsados con remos, 17% tiene lanchas con motores fuera de borda. La edad promedio de las embarcaciones fluctúa entre los 10 a 12 años. El número de redes por pescador es variable, generalmente el dato no lo proporcionaban durante la entrevista, sin embargo se detectó que algunos pescadores poseen más de 30 redes de enmalle. El costo promedio un cayuco es de \$3,000.00 por unidad. El costo promedio de una lancha de fibra de vidrio es de \$6,000.00 y de \$8,500.00 para un motor fuera de borda. El precio promedio de una red de enmalle es \$225.00 por unidad.
Cooperativismo	Más del 60% declaró que tienen problemas al interior de sus organizaciones, manifestaron no conocer bien los estatutos. Esto genera desinterés del pescador y provoca un vacío entre los dirigentes y sus representados.

Otros aspectos derivados del estudio socio económico permitieron observar que la captura se vende, casi en su totalidad, al intermediario; o bien, se vende una pequeña parte a los dueños de pequeños restaurantes rústicos de la localidad y a los pobladores locales. Los pescadores de este embalse no aplican ninguna forma de procesamiento a los productos pesqueros ni cuentan con infraestructura para su conservación.



Finalmente, y con motivo de los bajos rendimientos pesqueros que actualmente se obtienen en el embalse, algunos pescadores han dado inicio al cultivo de peces en jaulas flotantes, actividad para la que están solicitando apoyo técnico y financiero. Se recomienda fomentar e impulsar esta actividad, con ayuda de estudios técnicos, capacitación y asesoría técnica para los grupos interesados en la actividad.

Se requiere instrumentar un programa de capacitación para los pescadores relacionado al cooperativismo, ya que estos tienen necesidad de realizar las gestiones oficiales. Lo anterior es reflejo de las condiciones de producción limitando sus expectativas de desarrollo económico y mejora social en la captura legal y venta segura de sus productos.

7. Conclusiones

La pesca comercial se realiza en ocho zonas del embalse bien definidas, siendo las más importantes La Concordia, Jericó y Loma Bonita, en donde operan, aproximadamente, 1,200 pescadores.

La tilapia es de las especies que se capturan regularmente y está representada por, al menos, cuatro especies diferentes. La tilapia es la más abundante y aporta más del 80% de las capturas totales en el embalse. La producción pesquera de este cuerpo de agua representa aproximadamente el 40% de la pesca total del estado de Chiapas.

El esfuerzo pesquero se ha incrementado considerablemente en los últimos 10 años y se ha duplicado el número de equipos de pesca de 9,940, en 1990, a más de 16,000, en el año 2000.

El análisis histórico del volumen de captación de agua del embalse muestra que presenta importantes variaciones que repercuten en el desarrollo de las pesquerías y en las actividades de acuicultura. En los últimos años el nivel del agua ha registrado descensos superiores a los 30 metros.



La presa presenta condiciones de eutrofización, por lo que es necesario instrumentar un programa de estudios ambientales, limnológicos y de contaminación. Lo anterior apoyaría las actividades pesqueras y de acuacultura, que actualmente se llevan a cabo.

Una porción importante de los equipos de pesca presentan modificaciones en el armado y construcción, en los que se utilizan bajos porcentajes de encabalgado. Su inadecuada instalación limita la operación del trabajo y, también, la eficiencia de la captura de peces de talla comercial.

El 85% de los pescadores dependen directamente de la pesca en el embalse. El ingreso económico de la mayoría es de dos salarios mínimos. La principal actividad del resto es la agricultura, y la pesca es complementaria. La estructura ocupacional y familiar de los pescadores está afectada por las bajas condiciones en su calidad de vida y la de sus familias.

Se sugiere adecuar los objetivos de aplicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana para la Presa La Angostura (PROY-NOM-039-PESC-2001), en el que se especifican importantes medidas administrativas relacionadas a la determinación del número máximo de redes por pescador; tallas mínimas de captura de las especies comerciales; épocas de veda, y otros aspectos importantes que no han sido aplicados algunos de ellos. Mientras no se cuente con mayor información técnica, no se debe permitir el incremento del esfuerzo pesquero.

La pesca en la Presa La Angostura actualmente presenta un bajo rendimiento y enfrenta el problema del descenso en la producción, debido a la intensificación de la explotación de los recursos, lo que amerita la implementación de un plan de manejo sustentable.



LITERATURA CITADA

BIOTECs, 1990.

Determinación del Potencial Acuícola de los Embalses Epicontinentales Mayores de 10,000 Hectáreas y Nivel de Aprovechamiento. Presa Belisario Domínguez "La Angostura". Informe Final. Biotecs, S, XXI, S. A. de C. V. México. 87 p. (Inédito).

BREEDLOVE, D., 1981.

Introducción a la flora de Chiapas. Academia de Ciencias de California USA.

C.F.E., 1985.

Hidroeléctricas del río Grijalva. Comisión Federal de Electricidad. Departamento de Información. México.

CNA, 2000.

Sistema de despliegue de información diaria de los principales vasos de la república mexicana. Comisión Nacional del Agua. Subdirección de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos. Disco compacto. México.

CORTÉS-ALTAMIRANO, A. y J. L. ARREDONDO-FIGUEROA, 1976.

Contribución al estudio limno biológico de la presa La Angostura, en el Estado de Chiapas. Mem. Simp. sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Secretaría de Industria y Comercio, Instituto Nacional de la Pesca / Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, del 3 al 5 de noviembre de 1976.. México. 1:125-160.

DEL RÍO-ECHEVERRÍA, E. y J. GONZÁLEZ-VILLALOBOS, 1976.

Estimación de la abundancia de la tilapia a través de marcado y recaptura en la presa La Angostura, en el Estado de Chiapas. Mem. Simp. sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Secretaría de Industria y Comercio, Instituto Nacional de la Pesca/Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, del 3 al 5 de noviembre de 1976. México. 1: 137-148.



DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2000.
Carta Nacional Pesquera 2000. Tomo DLXIII, Número 20, 28 de agosto del 2000. México.

ESPINOSA-PEREZ, H., P. FUENTES-MATA, M., G.D. y V. ARENAS-FUENTES, 1998.
Notas acerca de la ictiofauna mexicana. Instituto de Biología, UNAM. México; 249 p.

FAO, 1975.
Catálogo de artes de pesca artesanal. England, FAO. Dirección de Industrias Pesqueras.

GARCIA, E., 1988.
Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. México. 217p.

INEGI, 2000.
Anuario estadístico del estado de Chiapas. Instituto Nacional de Geografía e Informática, México, 999 p.

INEGI, 2001.
Tabulados básicos nacionales y por entidad federativa. Base de datos y tabulados de la muestra censal. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México.

LEMUS-KOURCHENKO, M., 1994.
La configuración territorial del centro de la depresión de Chiapas. Diplomado en Desarrollo Rural. Universidad Autónoma de Chiapas (inédito).

MORALES, P., C. A., J. LECONA DE PAZ, F. MEDINA A., J. A. VELAZQUEZ, S. TRAMPE A., y L. RAMÍREZ V., 1986.
Proyecto de Investigación Biológico Pesquero "La Angostura". Secretaria de Desarrollo Rural, Dirección General de Pesca. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. 162 p. (Inédito).



MORALES, P., C.A., G. RIVERA V., J. LECONA DE PAZ, F. MEDINA A., S. TRAMPE A., J.A. MORENO V., L. VELASCO y R. VIDAL F., 1988.

Programa de Investigación Biológico Pesquero "La Angostura". Secretaria de Desarrollo Rural, Dirección General de Pesca. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. 127 p. (Inédito).

OLMOS-TOMASINI, E., 2002.

Presa La Angostura (Belisario Domínguez). En: De la Lanza-Espino, G. y J. L. García-Calderón (Comps.). *Lagos y Presas de México*. AGT Editor. México, 678 p:

PROY-NOM-039-PESC-2001.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana, pesca responsable en el embalse Dr. Belisario Domínguez "La Angostura", ubicado en el Estado de Chiapas, especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca., México (en revisión).

SAGARPA-CHIAPAS, 2001.

Subdelegación de Pesca de la Delegación Federal de SAGARPA-Chiapas. Registros oficiales pesqueros. Tuxtla Gutiérrez.

SEMARNAP, 1997.

Diagnóstico Socioeconómico y Pesquero, Embalse Dr. Belisario Domínguez (La Angostura) Chiapas. Subdelegación de Pesca. Oficina Federal de SEMARNAP en Revolución Mexicana, Chiapas. 27 p.

SEMARNAP, 1999.

Diagnóstico socioeconómico y pesquero, embalse Dr. Belisario Domínguez (La Angostura), Chiapas. Subdelegación de Pesca, Oficina en Revolución Mexicana, Chiapas. Documento Interno. (Inédito).

SEMARNAP, 2000.

Anuario estadístico de pesca 1999. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México. 271 p.

SIERRA RODRÍGUEZ, P., 1995.

Análisis de la captura y el esfuerzo en la Presa "Belisario Domínguez" (La Angostura) Chiapas. Informe Técnico. CRIP-Salina Cruz, Instituto Nacional de la Pesca.

Documento Interno. 11 p. (inédito).



GLOSARIO

Abertura de malla o tamaño de malla. Es la distancia entre dos nudos de una malla medida en forma estirada, en la dirección normal del paño de red.

Acuicultura. Biotencia que maneja al menos una de las fases del ciclo de vida de los organismos acuáticos además de las actividades de cosecha o captura.

Acuífero. Formación geológica subterránea que contiene agua en grandes cantidades.

Agua blanda. De composición semejante a la de lluvia o agua pura.

Agua dura. Es la que contiene materiales disueltos o suspendidos que influyen en las propiedades del agua debido a la presencia de iones calcio y magnesio principalmente, que definen la dureza del agua.

Antropogénico. Relativo a las actividades humanas.

Aparejo de pesca. Parte de un equipo de pesca.

Atarraya. Red de malla variable y de forma cónica circundada por pequeños trozos de metal (plomos) y que se arroja al agua en forma natural para la captura de organismos.

Avifauna. Referente a la fauna constituida por aves.

Biomasa fitoplanctónica. Es la cantidad de materia viva expresada en peso de los organismos que constituyen el fitoplancton por unidad de superficie o volumen.

Caladero. Lugar donde se concentran los recursos pesqueros y, por tanto, donde los pescadores colocan sus equipos de pesca.

Columna de agua. Se refiere al perfil vertical de un cuerpo de agua, con fines de estudio, desde el fondo a la superficie.

Cuenca hidrológica. Sistema de drenaje limitado por el relieve y que ocupa un área determinada.

Cauce. Lecho de los ríos y arroyos.

Cayuco. Embarcación artesanal construida de madera y de una sola pieza, más pequeña que una canoa, con el fondo plano y sin quilla.



Cíclidos. Referente a una familia (*Cichlidae*) de peces propios de aguas continentales.

Chinchorro. Red de enmalle de forma rectangular usada principalmente para la captura de peces, conformada por un paño de red de hilo monofilamente, cuyos lados más largos están unidos a cabos y líneas llamadas relingas.

Edáfica. Relativo al suelo. Se refiere a los materiales disueltos en la columna de agua y que provienen del entorno terrestre.

Embalse. Reservorio, presa.

Endorreico. Característica del sistema de drenaje de una cuenca que impide que las aguas que escurren tengan salida hacia el mar.

Encabalgado. El valor porcentual del tamaño del paño de red armado, respecto al paño estirado, una vez que se reduce su dimensión original al ser unido a las relingas durante la confección del equipo de pesca.

Esfuerzo pesquero. Valor que se asigna a la actividad pesquera, expresada en número de pescadores, número de equipos de pesca o número de embarcaciones.

Eslora. La longitud total de una embarcación, la cual se cuenta desde el coronamiento de popa hasta la parte alta de la roda.

Especie introducida. Especie importada de otros lugares, hábitat, país o continente.

Especie pesquera. Nombre o denominación común que identifica a los distintos recursos pesqueros que presentan mayores semejanzas entre sí.

Eutrófico. Agua rica en nutrientes inorgánicos y con elevada producción primaria. Representa una etapa de la sucesión ecológica.

Hidrófitas. Plantas acuáticas

Humedales. Son áreas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres en donde el nivel freático usualmente está a nivel de superficie o cerca de ésta, o la superficie está cubierta por aguas someras.

Ictiofauna. Fauna de peces.

Léntico. Referente a aquellas aguas sin mucho movimiento por ejemplo, un lago.



Limnología. Ciencia que estudia las aguas epicontinentales; es decir, las que están hacia el interior de la costa.

Lótico. Referente a aquellas aguas con movimiento por ejemplo, un río.

Macrófitas. Vegetales acuáticos macroscópicos.

Mesotrófico. Se refiere a agua con moderado suministro de nutrientes, que a su vez condiciona una producción primaria entre la condición oligotrófica y la eutrófica.

Mm³. Millones de metros cúbicos.

Monomíctico. Tipo de ambiente lacustre que circula toda la masa de agua todo el año.

NAME. Nivel de almacenamiento máximo esperado en una presa.

NAMO. Nivel de almacenamiento máximo óptimo en una presa.

Norma Oficial Mexicana (NOM). Disposición de carácter obligatorio expedida por una Secretaría de Estado, de conformidad con lo previsto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Nutriente. Compuesto nutritivo orgánica e inorgánico para organismos. Material que nutre.

Ologomíctico. Columna de agua de un lago que presenta a lo largo de un ciclo anual, una sola mezcla continua o discontinua.

Oligotrófico. Nivel energético con escaso suministro de nutrientes que, a su vez, condiciona una baja producción primaria.

Pesca comercial. La que llevan a cabo personas físicas o morales con fines de lucro comercial.

Pesca deportivo recreativa. Es la que se practica con fines de esparcimiento, con las artes de pesca y características autorizadas.

Pesquería. La actividad económica sustentada en el aprovechamiento de un recurso natural, constituido por una o varias especies.

Polimíctico. Columna de agua de un lago que presenta a lo largo de un ciclo anual, mezclas continuas o discontinuas en número mayor de dos.



Polimixis. Varias mezclas en la columna de agua.

Productividad primaria. Es la velocidad a que es almacenada la energía por la actividad fotosintética o quimiosintética de organismos, en forma de sustancias químicas susceptibles de ser utilizadas como alimento.

Puntal. Máxima dimensión vertical de una embarcación medida en la mitad de la eslora . Cada uno de los pilares que soportan las cubiertas de una embarcación.

Quilla. Pieza principal de la estructura situada en la parte inferior de una embarcación, en sentido longitudinal.

Red de enmalle. Equipo de pesca de tipo pasivo de forma rectangular, utilizado fijo al fondo o a la deriva, ya sea unido a la embarcación o libre. Conformada por varias secciones de paño de red, de hilo multifilamento o monofilamento unida a dos cabos o líneas de soporte denominadas relingas, confiriéndole a la red la cualidad de mantener el paño extendido.

Relicto ecológico. Ecosistema que en la actualidad mantiene sus condiciones ecológicas originales tales como su flora y fauna.

Relinga. Secciones de cabo a los cuales se encabalgan o fijan los paños, para darles forma y dimensiones de trabajo. Se utilizan en cualquier tipo de artes de pesca de agalle.

Relinga inferior. Estructura de cabo en donde se colocan los plomos, cuya función es darle peso a la red para que pueda tomar la posición vertical.

Relinga superior. Es la estructura de cabos sobre los que se arman los paños de la red; van provistos de flotadores o boyas con el fin de que el equipo se mantenga al nivel requerido.

Re poblamiento. Acto de introducir organismos acuáticos vivos en cualquiera de los estadíos de su ciclo de vida, en cuerpos de agua de jurisdicción federal (lagos y presas), con fines de mantener, recuperar o incrementar las poblaciones naturales pesqueras.

Ribereño. Se refiere al pescador artesanal o de pequeña escala que se dedica a pescar sólo cerca de la orilla, en cayucos o sin embarcaciones.



Roca sedimentaria. Tipo de roca formadas en la superficie por diagénesis de un sedimento, que constituye parte de la corteza terrestre.

Selectividad. Probabilidad de captura mediante un esfuerzo de pesca determinado.

Selva media caducifolia. Selvas con tipo de vegetación arbustiva y de árboles medianos de hojas caedizas o caducas.

Selva media perennifolia. Selva con arbustos y árboles de altura media, con hojas siempre verdes.

Siembra. Actividad de distribución de organismos en el agua para que proliferen (ver repoblamiento).

Somero. Poco profundo.

Termoclina. Descenso brusco de la temperatura del agua en relación con la profundidad.

UFC/ml. Unidades formadoras de colonias de bacterias por mililitro.



Autores

ROSA MARÍA GUTIÉRREZ ZAVALA

Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico Pesquero
Instituto Nacional de la Pesca
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

ENRIQUE ARTURO BERMÚDEZ RODRÍGUEZ

Dirección General de Investigación en Acuicultura
Instituto Nacional de la Pesca
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

ESTEBAN CABRERA MANCILLA

Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico Pesquero
Instituto Nacional de la Pesca
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

LUCÍA ELIZABETH CRUZ SUÁREZ

Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León

JOSÉ LUIS GARCÍA CALDERÓN

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa

GUADALUPE DE LANZA ESPINO

Departamento de Zoología
Instituto de Biología
Universidad Autónoma de México

ANA LAURA IBÁÑEZ AGUIRRE

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa

PABLO ALEJANDRO PÉREZ VELÁZQUEZ

Dirección General de Investigación en Acuicultura
Instituto Nacional de la Pesca
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación



**PESQUERÍAS en TRES CUERPOS de AGUAS
CONTINENTALES de MÉXICO**
ISBN-968-800-544-4
Instituto Nacional de la Pesca

Fue un tiraje de 1000 ejemplares
Ciudad de México
Octubre de 2002
Diseño e Impresión en:



PRIDSA

Tel: 01 55 56 15 02 00
01 771 71 268 96

