

03067



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA I

5  
?ej.

UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE POSTGRADO

PROYECTO ACADEMICO ESPECIALIZACION, MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS POBLACIONALES DE LA PESQUERIA MULTIESPECIFICA DEL GENERO *Chirostoma* COMO GRUPO FUNCIONAL EN EL LAGO DE PATZCUARO, MICHOACAN.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS DEL MAR

EN EL AREA DE

OCEANOGRAFIA BIOLOGICA Y PESQUERA

P R E S E N T A

MARIA DE LOURDES JIMENEZ BADILLO

TESIS CON  
SALA DE ORIGEN

México, D. F.

TESIS CON  
SALA DE ORIGEN

Septiembre 1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

	Pág.
Resumen	1
Introducción	3
Objetivo	6
Región de Estudio	6
Antecedentes	8
Material y Métodos	14
Resultados y Discusión	25
Relación Longitud-Peso	25
Estimación de Parámetros de Crecimiento	31
Estimación de Tasas de Mortalidad	52
Análisis de Cohortes	68
Patrón de Reclutamiento	76
Rendimiento por recluta	83
Conclusiones	97
Literatura Citada	101
Agradecimientos	107
Anexos	108

## RESUMEN.

Se determinaron los parámetros de crecimiento y mortalidad, el reclutamiento y rendimiento del género *Chirostoma* en el Lago de Pátzcuaro, mediante un análisis de frecuencia de tallas con el programa LFSA (Length Frequency Stock Assessment, Sparre, 1987), aplicado al ciclo anual 1988-1989, con el fin de proponer lineamientos para la adecuada administración del recurso.

La relación longitud-peso expresada con base en la longitud patrón y total, se describen mediante las siguientes ecuaciones:  $P=0.01295 L.P.^{2.89}$  y  $P=0.00684 L.T.^{2.96}$ . La estimación de los parámetros de crecimiento realizada mediante diferentes métodos, proporcionó la curva de crecimiento descrita por la siguiente ecuación:  $L(t)=14.25(1-e^{-0.1791(t-0.444)})$ , su homóloga expresada en peso fué  $W(t)=27.97(1-e^{-0.1791(t-0.444)})^3$ . La Tasa de Mortalidad Total estimada a partir de cuatro métodos diferentes fué de 0.80. La Tasa de Mortalidad Natural proporcionó un valor promedio de 0.42. La Tasa de Mortalidad por Pesca (0.38) se obtuvo por simple diferencia y mediante un Análisis de Cohortes, expresada por grupo de tallas. Mediante este método también se obtuvo una estimación del tamaño de la población por grupo de tallas expresada en porcentajes. A través de un Análisis de Selectividad, se estimó la Talla de Primera Captura que quedó establecida en 4.66 cm de longitud patrón. La Tasa de Explotación presentó un valor de 0.475. Se estimó que existen dos eventos de reclutamiento al año: de mayo a agosto y de diciembre a enero. La talla y edad de reclutamiento al área de pesca fué de 2.07 cm, 1.32 meses y al arte de pesca de 3.73 cm, esto es, 2.13 meses. Se obtuvieron las isopletas de rendimiento de 0.900 a 1.400 g/recluta.

Se concluye que durante el ciclo anual 1988-1989, la población se encontraba en una posición anterior al máximo rendimiento sostenible, por lo que pudo haberse incrementado la intensidad de pesca hasta en un 50 %, sin embargo, su

explotación es inadecuada ya que incide sobre los juveniles quiénes no logran alcanzar su talla de primera madurez. Por lo tanto, se propone establecer una talla de primera captura por arriba de 7.5 cm lo cual se puede lograr con la completa sustitución del chinchorro por redes agalleras, o bien incrementando la abertura de malla a 2 cm. Manteniendo la tasa de mortalidad por pesca en un valor cercano a 2.16 se puede lograr un rendimiento óptimo de 1.419 g/recluta.

## INTRODUCCION.

En el Lago de Pátzcuaro el género *Chirostoma* está representado por cinco especies entre las cuales se pueden citar: *Chirostoma estor*, *Chirostoma grandocule*, *Chirostoma attenuatum*, *Chirostoma patzcuaro* y *Chirostoma humboldtianum*. La primera de ellas conocida comunmente como pescado blanco goza de importancia tradicional y comercial por su aspecto, sabor y exclusividad; no obstante, su producción hacia los últimos años ha decrecido notablemente a diferencia de las otras especies señaladas que hasta 1987 ocupaban un segundo lugar en la producción total del lago (SEPEFSCA, 1988).

Esta pesquería multiespecífica, conocida con el nombre común de "charales", es endémica, constituye una fuente importante de ingresos y alimento de los pescadores ribereños y sirve de alimento para otras especies del lago, además de perfilarse como una alternativa ante la importante disminución del pescado blanco que actualmente alcanza las mayores cotizaciones en el mercado; a la que debe prestarse atención con la finalidad de establecer medidas regulatorias que permitan explotarla adecuadamente, asegurando su permanencia a través del tiempo.

Para alcanzar esta meta, es primordial conocer aspectos tan importantes en el comportamiento de la población como son: el crecimiento, la mortalidad, el reclutamiento y rendimiento, como respuesta a la presión de pesca a que están expuestas.

Un aspecto que merece resaltarse es el traslape existente entre las características morfológicas y merísticas que permiten la diferenciación taxonómica entre estas especies lo que dificulta su identificación. Por lo anterior, como una investigación preliminar y considerando que éstas especies constituyen un grupo funcional, esto

es, que pueden considerarse ecológicamente equivalentes dado que ocupan el mismo hábitat, tienen hábitos de alimentación y reproductivos similares, tienen nichos ecológicos también semejantes, están expuestas a similares presiones de competencia y depredación, además de constituirse como una sola pesquería que está en proceso de explotación y que requiere de una urgente regulación; fueron analizadas a nivel de género; permitiendo además, con éste enfoque, evaluar su utilidad como elemento para el manejo.

Hay pesquerías que están basadas en la explotación de varias especies, sin que las diferencias biológicas entre especies o entre una población y otra, parezcan tener alguna importancia. Esto puede ocurrir especialmente cuando varias especies que ocupan las mismas áreas de pesca son fenotípicamente parecidas, tienen el mismo interés o valor comercial y pueden ser capturadas con las mismas artes de pesca. En este caso, son todas estas especies, o mejor aún, son todas estas poblaciones, las que desde el punto de vista de la explotación pesquera constituyen una pesquería. Obligando en este caso a que las evaluaciones, y especialmente las determinaciones de los montos de captura potencial y otras medidas para administrar las pesquerías deban hacerse considerando a el conjunto de especies como una sola unidad biológico-pesquera aún cuando la dinámica de cada población deba ser analizada separadamente (Csirke, 1980).

Si los parámetros poblacionales de cada una de éstas especies son similares, es posible que muchos de los análisis relativos a la dinámica poblacional puedan ser realizados considerando a todas estas unidades biológicas como parte de un mismo stock o como si fueran parte de una misma población. Procedimiento que puede ser válido por lo menos en los primeros estados de la investigación, cuando los parámetros para cada especie y la separación de cada población no pueden ser determinados con claridad (Csirke, 1980).

**Bajo estas premisas se realizó la evaluación de la población a partir de un análisis de frecuencia de tallas.**

## OBJETIVO.

Determinar los parámetros de crecimiento, las tasas de mortalidad, el patrón de reclutamiento y rendimiento del grupo funcional que constituyen las especies del género *Chirostoma*, a través de un análisis de frecuencia de tallas; con la finalidad de establecer medidas administrativas sobre su explotación.

## REGION DE ESTUDIO

La cuenca del Lago de Pátzcuaro forma parte de la cordillera neovolcánica que junto con la Meseta Tarasca, son la porción más joven de este sistema en el Estado de Michoacán (De Buen 1944). Se localiza entre los 19° 41' - 19° 32' de latitud N y los 101° 32' - 101° 43' de longitud W a una altura de 2035 msnm (Chacón et al., 1991); y presenta una superficie de 92.21 km<sup>2</sup> (Mestre et al., 1991).

Una característica esencial de la cuenca es su carácter endorreico, es decir la ausencia de salidas de tipo fluvial, por lo que en ella influyen de manera decisiva las lluvias y la evaporación (De Buen, 1944). El lago se alimenta de numerosas corrientes subterráneas y escurrimientos superficiales torrenciales que aportan en conjunto un volumen de 90 millones de m<sup>3</sup> anuales. Los arroyos Santa Fe y San Miguel descargan directamente al lago. Se estima que actualmente el volumen almacenado en el lago es de aproximadamente 555 millones de m<sup>3</sup> (Mestre et al., 1991).

El Lago de Pátzcuaro forma parte del sistema Lerma-Santiago y colinda por el oriente con el Río Grande de Morelia y por el sur con el Río Balsas. Su extremo norte se conoce como Seno Quiroga cuya superficie es de 29 km<sup>2</sup>; la parte media como Cuello, con una superficie de 29 km<sup>2</sup> y el extremo sur como Seno Erongaricuaro hacia el oeste, con una superficie de 24 km<sup>2</sup> y Seno Ihuatzio hacia

el este con una superficie de 32 km<sup>2</sup> (De Buen, 1944). Su máxima profundidad se registra en la parte norte y es de 12 metros; la profundidad media es de 4.9 m (Chacón et al., 1991). Actualmente existen cuatro islas: Janitzio, Tecuén, Yunuén y Pacanda.

De acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1973), el clima de la región es de tipo C(W2)(W)b(c)g, esto es: clima templado, el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 16.4 °C, los meses más fríos son diciembre y enero y los más cálidos mayo y junio. La precipitación media anual es de 1041.2 mm, las lluvias inician en mayo y terminan en agosto (Morelos, 1987).

Entre las principales actividades productivas realizadas por los habitantes de la cuenca del Lago de Pátzcuaro se pueden citar la pesca, la artesanía y la agricultura; hasta 1980, la primera ocupaba alrededor de 1500 pescadores de cerca de 18 comunidades (Toledo et al., 1980).

## ANTECEDENTES.

La producción de charales en el Lago de Pátzcuaro ha fluctuado a través del tiempo, incrementándose de 128.6 tons en 1981 a 281 tons en 1987, presentándose un pico de 476.1 tons en 1985 (Lizárraga y Tamayo, 1988). Para 1989 se registra otro incremento de 396 tons y vuelve a descender hasta 106 tons en 1991 (Oficina de Registros Pesqueros de Pátzcuaro, Mich.). Esta pesquería representa el 21.32 % de la producción total del Lago ocupando un segundo lugar después de la producción de carpa (Registros de captura tomados de la Oficina de Registros Pesqueros de Pátzcuaro, según avisos de arriba). Hasta el momento como medida de regulación, existe una veda del 1o. de marzo al 30 de abril.

La comercialización de este producto se lleva a cabo a nivel local y regional en diferentes presentaciones: fresco, seco, frito y asado. Su valor comercial fluctúa entre \$ 6,000.00 y \$ 10,000.00 por Kg de pescado fresco y de \$ 16,000.00 a 25,000.00 por Kg de pescado seco o frito. La comúnmente llamada "tripilla" (pescado seco de menos de 3 cm de longitud) alcanza costos hasta de \$ 40,000.00 por Kg. El charal asado se vende a 15 piezas por \$ 1,000.00.

En lo que respecta a la información disponible sobre las especies de charales que constituyen este género, en términos biológico-pesqueros existen sólo los trabajos de Arreguín (1987) quién hace una estimación gruesa del rendimiento de las especies que se explotan en el Lago de Pátzcuaro; la estimación de parámetros de crecimiento para *C. attenuatum*, por Morelos (1987) y el trabajo de Rojas *et al.* (1991), en que se realiza una estimación preliminar de los parámetros de crecimiento para *C. grandocule*. Predominan los estudios referentes a aspectos taxonómicos y biológicos entre los que destacan los de Jordan y Evermann (1895), Meek (1904), Reagan (1906), Jordan y Hubbs (1919), De Buen (1940a, 1940b,

1945), Martín del Campo (1940), Alvarez (1950, 1970), Solórzano (1961), Barbour (1973), Rosas (1976), Armijo y Sasso (1976), Herrera (1979), Lara (1981), Morelos (1987), Rauda (1987), Pérez (1987), Alaye (1988), Toledo (1988), Oseguera (1990), Ledesma (1990) y García (1990). En ellos se hace evidente que uno de los principales problemas que se presentan es la dificultad para identificar las especies a simple vista, dado que su aspecto externo es muy similar entre sí; apenas es perceptible una pequeña diferencia en la forma de la mandíbula y el tamaño de las escamas predorsales, que en ocasiones permite diferenciar a *C. attenuatum* del resto de los charales; para separar a las demás especies se requiere de un proceso de determinación taxonómica en el cuál el número de branquiespinas es una de las características de mayor valor diferencial para *C. grandocule*. Al respecto las claves de identificación más recientes que existen son las de Barbour (1973). Dentro de las características merísticas y morfométricas que considera para cada especie, presenta intervalos que se traslapan y en ocasiones no son suficientemente discriminantes para separar las diferentes especies. Este mismo autor señala que no hay un simple carácter morfométrico o merístico que separe inequívocamente a las especies.

El problema se complica cuando se sospecha de la presencia de híbridos en condiciones naturales; Martín del Campo (1940) es el primero en comentar sobre la posible existencia de híbridos entre los charales y pescado blanco del Lago de Pátzcuaro. Hubbs (1955) también reporta haber encontrado híbridos entre varias especies de peces entre las cuales están los Aterínidos. Pérez (1987) reporta el análisis realizado sobre una muestra aleatoria de individuos adultos colectados en el Lago de Pátzcuaro entre los que logró, aplicando un análisis de componentes principales, identificar aparentemente híbridos de *C. estor* y *C. grandocule*. Oseguera (1990) logró obtener híbridos bajo condiciones controladas, de *C.*

*grandocule* y *C. attenuatum* y seguir su desarrollo hasta los 6.74 cm y 7.40 cm de longitud total, los cuales presentan diferencias morfológicas con respecto a los parentales. Ledesma (1990) señaló que la hibridación experimental de *C. attenuatum* con *C. patzcuaro* se llevó a cabo sin ningún problema hasta la etapa juvenil logrando tallas de 2.77 y 4.00 cm de longitud total. Además encontró que a nivel embrionario no existieron diferencias morfológicas significativas que separaran al parental de los híbridos, a nivel larvario se encontró que hubo una mayor semejanza métrica y morfométrica entre los híbridos entrecruzados que con el parental. En la etapa juvenil existió un gran parecido entre el parental y el híbrido. Señala también que los caracteres importantes en la discriminación tanto para larvas con vitelo como para juveniles, resultaron ser poco prácticos para la identificación en campo; por tal motivo, se hace indispensable su reconocimiento en laboratorio.

Estos estudios fundamentan las observaciones hechas por García (1976) respecto de los reproductores empleados para los programas de extensionismo propuestos por FIDEFA, que eran indeterminados, por lo que a menudo las fecundaciones realizadas pudieron dar lugar a la obtención de híbridos. Por otro lado, como lo menciona Ledesma (1990), no todos los mecanismos de aislamiento para evitar la hibridación son perfectos y se ven alterados por la intervención del hombre. El Lago de Pátzcuaro ha estado sujeto a fuertes presiones: azolve, disminución del nivel superficial, presión pesquera, introducción de especies exóticas, programas de extensionismo pesquero, etc., por lo que al parecer el aislamiento se ha roto permitiendo el entrecruzamiento, fenómeno favorecido por el hecho de que estas especies presentan fecundación externa.

El Lago de Pátzcuaro ha estado sujeto a diversos programas de repoblamiento a través de los cuales pudieron haberse introducido otras especies del mismo

género tales como *C. humboldtianum* originario del Valle de México, *C. estor* var *copandaro* descrito para el lago de Zirahuén y *C. lucius* originario del lago de Chapala y cuya presencia en este lago ha sido reportada por Alaye (1988); lo cuál complica aún más la situación taxonómica para estas especies. Cabe señalar que las características morfométricas y merísticas que sirven de base para la determinación taxonómica de *C. humboldtianum*, cuya presencia también se ha detectado en el presente estudio, presentan rangos muy amplios abarcando casi a todas las especies.

Es evidente que esta problemática requiere de un estudio exhaustivo que no es el objeto de este trabajo. Ante esta situación y la necesidad de evaluar el recurso para poder establecer medidas de regulación que garanticen su preservación, es que se planteó la realización de este estudio a nivel de género partiendo de las siguientes premisas:

La pesquería multiespecífica se explota y comercializa en conjunto independientemente de las especies; por lo que las medidas que regulen su explotación pueden ser aplicables a todo el conjunto.

Desde el punto de vista ecológico estas especies representan un grupo funcional, esto es, son especies que pueden considerarse equivalentes ecológicamente. Los estudios biológicos sobre hábitos alimenticios y reproductivos que sobre algunas de estas especies se han realizado, permiten confirmar esta aseveración.

Según García (1990) las especies de *Chirostoma* son peces carnívoros zooplánctofagos no estrictos, especializados en cladóceros. *C. attenuatum*, *C. patzcuaro* y *C. estor* presentan una alta diversidad trófica, mientras que *C. grandocule* es más específica en la selección de su alimento. Ortega (1990: fide García, 1990) encontró que *C. grandocule* tiene una diversidad trófica menor que

la de *C. attenuatum*, pero los artículos alimenticios que prefiere son en general más abundantes. Esto puede sugerir que el charal blanco (*Chrostoma grandocule*) está más especializado. Continuando con el trabajo de García (1990), encontró que existe un mayor índice de similitud de dietas entre *C. grandocule* y *C. patzcuaro* y en menor grado entre *C. grandocule* y *C. attenuatum* en temporada lluviosa y en el estiaje se presenta mayor afinidad entre *C. estor* y *C. patzcuaro* y en menor grado entre *C. estor* y *C. attenuatum*. Las cuatro especies presentan una marcada preferencia a los microcrustáceos y pequeñas larvas de insectos, encontrándose un amplio traslape en sus dietas; sin embargo, *C. estor* prefiere peces al llegar al estado adulto. García concluye que el traslape alimenticio entre las cuatro especies es alto, varía entre 36.8 % y 99.7 % evaluado por diferentes índices de similitud, pero no por esto se considera que las especies están compitiendo, más bien se plantea una coexistencia considerando que en el medio el recurso alimenticio es abundante, el cuál también fué evaluado por el mismo autor.

En lo referente a los aspectos reproductivos, se han estudiado tres especies, *C. attenuatum*, *C. patzcuaro* y *C. grandocule*; los resultados obtenidos por diferentes autores son variables al señalar la época de desove; para *C. attenuatum* De Buen (1940a, 1945) marca de noviembre a diciembre con un pico en febrero; Solórzano (1961) indica un período de enero a septiembre con un pico en marzo y mayo; Rosas (1976) por su parte, indica una época de desove de febrero a junio y una posible puesta de julio a septiembre. La Delegación de Pesca (1982) reporta de enero a junio y Morelos (1987) coincide con Solórzano al señalar un período de diciembre a septiembre con un pico en marzo y otro en junio. Para *C. patzcuaro* sólo se reporta el trabajo de Rauda (1987) quién señala una época de desove de febrero a abril y para *C. grandocule* Rojas *et al.* (1991) señalan una época de desove de febrero a julio y otra probable de diciembre a enero. Los meses en que

coinciden todos los autores, excepto De Buen (1940a, 1945), son de febrero a junio; no obstante, se observa actividad reproductiva casi todo el año. Los estudios sobre fecundidad indican que *C. attenuatum* tiene en promedio 698 huevos por hembra madura o preadulta y para las hembras de *C. patzcuaro* se tiene un promedio de 708 óvulos.

Las tallas de primera madurez reportadas para *C. attenuatum* varían desde 8.5 cm para machos y 8.0 cm de longitud total para hembras (De Buen 1940a, 1945) hasta 7.5 a 7.9 cm para machos y 8.5 a 8.9 cm de longitud total para hembras (Solórzano, 1961); de acuerdo a Morelos (1987) es de 5.8 cm para machos y 6.3 cm de longitud patrón para hembras. Para *C. grandocule* Rojas et al. (1991), reportan una talla mínima de madurez de 5.5 cm de longitud patrón y una talla promedio de 7.5 cm. Estos datos ponen de manifiesto la similitud en el comportamiento reproductivo de estas especies.

Oseguera (1990), al realizar las colectas para obtener los reproductores para su estudio de hibridación, observa que *C. grandocule* y *C. attenuatum* tienen su temporada de máxima reproducción traslapada, desechando la idea de un aislamiento estacional y probablemente también el de habitat, puesto que siempre encontró ejemplares maduros de ambas especies en la misma localidad. También Ledesma (1990) encontró a *C. attenuatum* y *C. patzcuaro* juntas aunque en algunos casos la cantidad de la última era mínima.

Respecto de *C. humboldtianum*, cuya aparición en el Lago de Pátzcuaro es relativamente reciente, no ha sido sujeta a estudios sobre sus hábitos en esta región. Sin embargo, se tiene una estimación de parámetros de crecimiento de los organismos que habitan el embalse Huapango del Estado de México, realizado por Téllez (1983) y Flores (1985).

## MATERIAL Y METODOS.

Para la realización de esta investigación se utilizaron los datos provenientes de muestreos realizados por personal del Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Michoacán, de abril de 1988 a marzo de 1989, con una periodicidad mensual, abarcando siete estaciones distribuidas en el Lago de Pátzcuaro según se muestra en la figura 1. Los arrastres se realizaron con red chinchorro de 102.6 m de longitud, cada 3.7 m, largo de la bolsa de 6.6 m y luz de malla de 0.7 cm. El tamaño de muestra mensual determinado mediante un muestreo piloto fué de 212 organismos por estación con un nivel de confianza del 75 %.

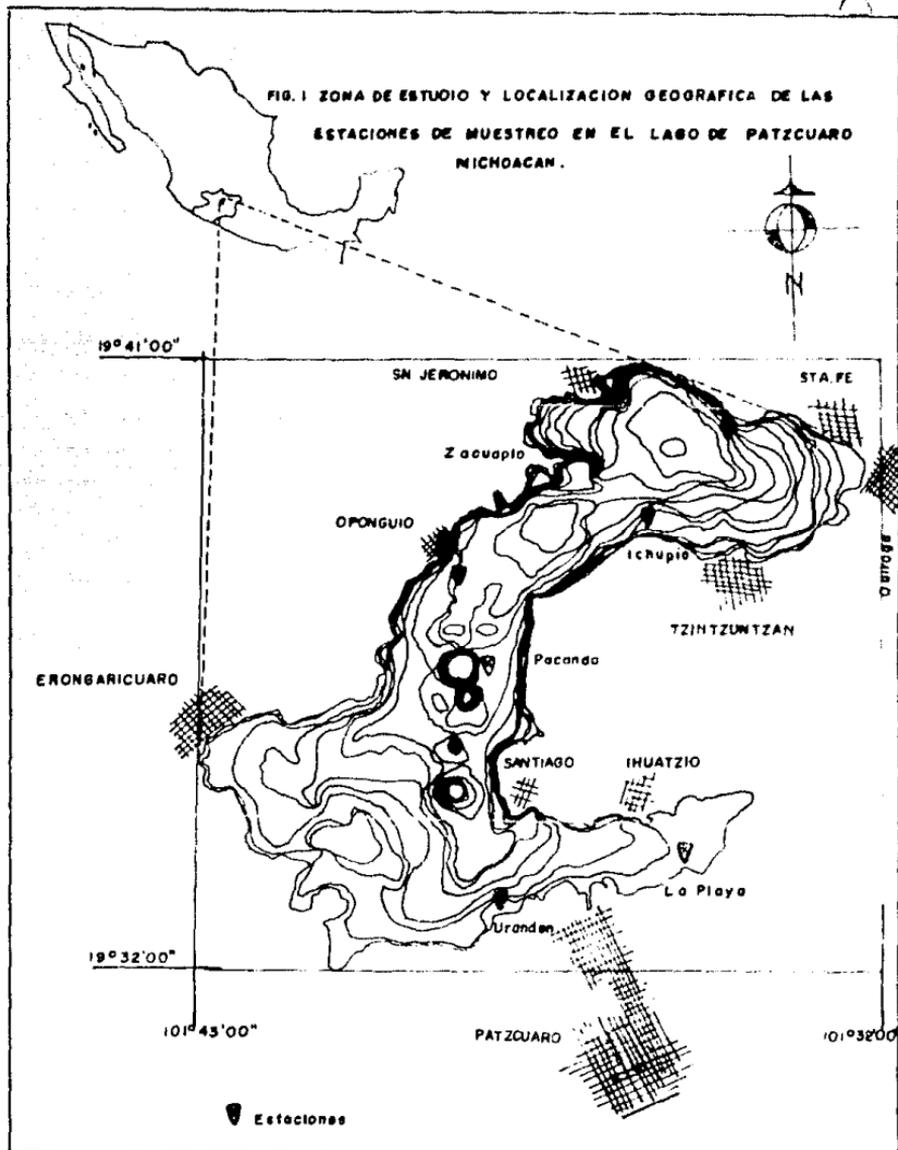
A partir de los registros biométricos se crearon 77 archivos conteniendo la información mensual de los aproximadamente 212 organismos de que consta cada muestreo. Para cada individuo se dispone de datos de longitud total, longitud patrón, altura máxima, peso y sexo. Los organismos colectados se encuentran conservados en alcohol al 70 % sometidos a un proceso de determinación taxonómica empleando las claves de Barbour (1973).

## RELACION LONGITUD-PESO.

Para cada uno de los 77 muestreos se analizó la relación longitud-peso linealizando la función, agrupando los datos por sexo, por localidad y global; a fin de determinar el tipo de crecimiento y el factor de condición (Bagenal, 1978). Además se obtuvieron los límites de confianza del 95 % para las estimaciones de las constantes a y b. La función que describe el comportamiento global se expresó en términos de longitud total y longitud patrón, respectivamente.

15

FIG. 1 ZONA DE ESTUDIO Y LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL LABO DE PATZCUARO NICHUACAN.



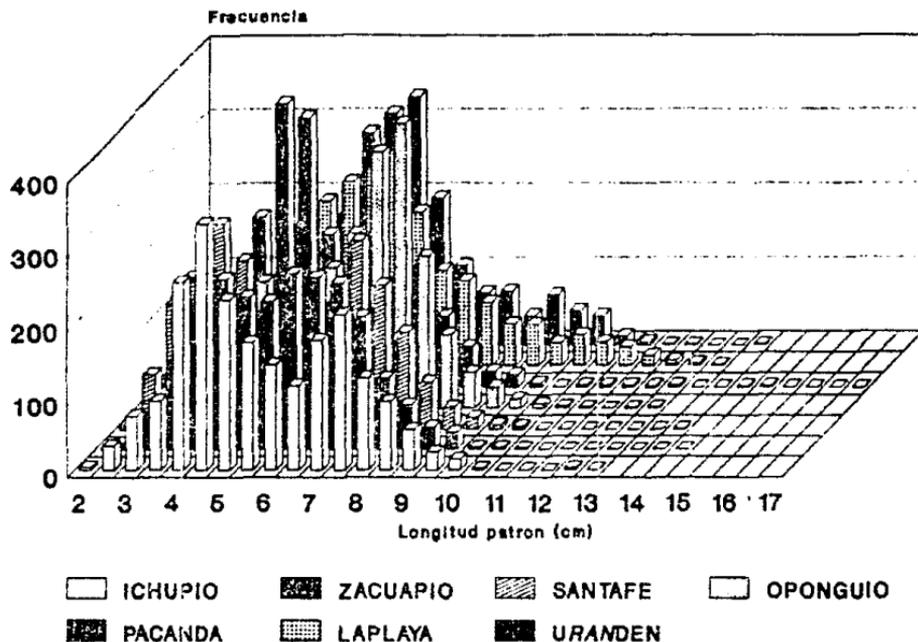
## ESTIMACION DE PARAMETROS DE CRECIMIENTO.

Para la estimación de los parámetros de crecimiento se elaboraron tablas de distribución de frecuencia de tallas (empleando como base la longitud patrón) para cada localidad. La talla mínima encontrada en todo el muestreo fué de 1.8 cm y la máxima de 16.7 cm de longitud patrón, por lo que se manejaron intervalos de 1.5 a 17 cm con clases de 0.5 cm. Posteriormente, se reunieron los datos de las siete localidades reportando su análisis bajo el encabezado de Lagopatz, esto se hizo con el fin de dar mayor representatividad a las tallas mayores de 12 cm que como se observa en la figura 2, que muestra la estructura de tallas de la población por localidad, son muy pocos ejemplares.

En cada muestreo se aplicó el método de Bhattacharya (1967) (Anexo 1) para la identificación de las cohortes existentes en las distribuciones de frecuencia de tallas. Esta identificación se evaluó a través del índice de separación, el cuál sirvió de referencia para la elección de las tallas medias que mejor representaban a una cohorte al ser unidas en una serie mensual. Esto se realizó mediante un Análisis de Progresión Modal el cuál se basa en establecer la adecuada correspondencia entre los valores modales pertenecientes a varias muestras obtenidas a través de una secuencia ordenada en el tiempo (Pauly, 1983), considerando que todos los organismos crecen a aproximadamente la misma tasa, que las pautas de crecimiento se repiten año tras año y que una cohorte puede ser seguida durante la primera parte de su vida uniendo las tallas modales. No obstante, cuando se aproximan a su talla máxima esto no es posible porque los peces de diferentes edades han alcanzado casi la misma talla (Sparre, 1989).

Considerando que no hay diferencia entre las clases anuales con respecto a la tasa de crecimiento a una edad determinada, se procedió a emplear las tallas promedio de cada cohorte en

Fig. 2 ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS ESPECIES DEL  
 GENERO *Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO



la serie de tiempo para la estimación de los parámetros de crecimiento a partir de los siguientes cuatro métodos.

El primero consistió en obtener una referencia del valor esperado para  $L_{\infty}$ , para lo cual se realizó una corrida de los datos globales con el programa FISHPARAM que se basa en métodos no lineales. Por otra parte, se aplicó el método de Ford-Walford (1946) para estimar  $L_{\infty}$ , considerando un incremento de tiempo constante igual a un mes. La estimación de  $K$  y  $t_0$  se realizó según el método de Von Bertalanffy (1938), empleando las edades relativas obtenidas del nacimiento estimado de las cohortes identificadas.

En el segundo método tras de haber identificado las cohortes y realizado la progresión modal, se aplicó el método de Gulland y Holt (1959), consistente en un análisis de regresión lineal entre las tallas medias y los incrementos de talla con respecto al tiempo, cuya pendiente es una estimación de  $K$  y la razón entre la ordenada al origen y la pendiente es una estimación de  $L_{\infty}$ . La estimación de  $t_0$  se hizo según el método de Von Bertalanffy (1938). Este análisis se realizó con el programa LFS (Length Frequency Stock Assessment) (Sparre, 1987).

Otra estimación se obtuvo directamente de los datos de frecuencia de tallas empleando el método modificado de Wetherall *et al.* (1987), que es una aplicación especial de la ecuación de Beverton y Holt (1956) para estimar  $Z$  (Tasa de Mortalidad Total). Esto se realizó con el programa ELEFAN (Electronic Frequency Analysis) (Gayanilo *et al.*, 1988). Para obtener  $K$  se empleó la estimación de  $Z$  obtenida por LFS;  $t_0$  se estimó a partir de la aplicación del método de Von Bertalanffy.

El cuarto método aplicado a nivel del muestreo global, consistió en obtener una  $L_{\text{máx}}$  ponderada a partir de la longitud máxima presentada por cada especie y la

proporción en que se ha encontrado a cada una de ellas en lo que se lleva de avance en el proceso de determinación taxonómica (tres localidades representativas de la zona norte, centro y sur del lago de Pátzcuaro: Ichupio, Oponguio y Urandén respectivamente), de esta forma se obtuvo una longitud máxima para todo el muestreo, la que al dividir entre el nivel de confianza de 0.95 proporcionó una estimación de  $L_{\infty}$  (Pauly, 1985) que se empleó para estimar  $K$  a partir de Von Bertalanffy, el cual se aplicó sobre las cuatro cohortes identificadas en un análisis de Bhattacharya realizado a la muestra anual. Se emplearon edades relativas y la estimación de  $t_0$  se hizo por Von Bertalanffy. También se estimó empíricamente  $L_{\infty}$ , empleando la talla máxima por localidad, ya que según Pauly (1983), generalmente pueden obtenerse valores razonables de  $L_{\infty}$  a partir de relaciones empíricas. Para consultar los modelos empleados en cada caso, remitirse al anexo I.

La selección de los parámetros que describen mejor el crecimiento de este conjunto de especies, se basó en la observación de que método se ajustaba más a los datos empleados y las consideraciones en que se fundamenta cada uno. Con los valores de  $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$  elegidos, se procedió a aplicar el modelo de Von Bertalanffy (1936) que establece el tamaño del cuerpo del pez como función de la edad, para la construcción de las curvas de crecimiento a nivel de localidad y global, las cuales fueron comparadas mediante una  $\phi'$  de Munro (1983) (Anexo I). También se calcularon los límites de confianza del 95 % para las estimaciones de  $K$  y  $L_{\infty}$ .

Con los parámetros de la relación longitud-peso global y la ecuación de Von Bertalanffy (1938) obtenida, se estimó la curva de crecimiento que expresa el peso del pez como función de la edad.

## ESTIMACION DE TASAS DE MORTALIDAD.

La estimación de la Tasa instantánea de Mortalidad Total ( $Z$ ) se realizó también por cuatro métodos. El primero consistió en la construcción de una Curva de Captura Linearizada basada en datos de Talla (Pauly, 1983, 1984), empleando para ello los logaritmos de la captura por intervalo de tiempo y la edad correspondiente a cada talla, estimada a partir de la ecuación de Von Bertalanffy invertida y los parámetros de crecimiento determinados anteriormente. A partir de éstos datos se realizó un análisis de regresión cuya pendiente proporcionó una estimación de  $Z$ . Se calcularon los límites de confianza del 95 %.

Otra estimación de  $Z$  se obtuvo con el método de Jones y Van Zalinge (1981) que consiste en la construcción de una Curva de Captura Acumulada a partir del logaritmo de la diferencia entre  $L_{\infty}$  y la marca de clase y el logaritmo de la captura acumulada, de cuyo análisis de regresión se obtiene una pendiente igual a  $Z/K$ , donde  $K$  es la constante de curvatura de la ecuación de Von Bertalanffy. Se obtuvieron también los límites de confianza del 95 % para  $Z$ .

Con el método de Beverton y Holt (1956), que considera una talla  $L'$  a partir de la cual se supone que la población ya está bajo completa explotación, se obtuvo una estimación directa de  $Z$  al relacionar  $L_{\infty}$ ,  $L'$ , la talla promedio de los organismos mayores de  $L'$  y el valor de  $K$ . Estas tres estimaciones que se realizaron con el programa LFSa, fueron comparadas con el valor de  $Z$  proporcionado por el método de Wetherall *et al.* (1987) al estimar  $L_{\infty}$  en la sección de crecimiento. La Tasa de Mortalidad Total se determinó a través de un promedio de los cuatro valores estimados.

Empleando los valores de las constantes  $a$  y  $b$  de la curva de captura linearizada, se obtuvo una estimación de los parámetros de selección  $S_1$  y  $S_2$  a partir de los

cuales se estimaron las edades y tallas del 25%, 50% y 75% de retención. De esta manera se determinó la talla de primera captura.

La Tasa instantánea de Mortalidad Natural (M) se estimó de acuerdo a Pauly (1983), que establece una relación empírica entre la mortalidad natural, la temperatura promedio anual y los parámetros de crecimiento. Otra estimación de M se obtuvo con el método de Rikhter y Efanov (1976) quienes establecen una relación entre la tasa de mortalidad natural y la edad a la cual se considera que el 50 % de la población está madura reproductivamente. De ambos métodos se calculó un valor promedio.

Una vez determinadas Z y M, fué posible estimar el valor de la Tasa instantánea de Mortalidad por Pesca, por simple diferencia. Así también fué posible determinar la Tasa de Explotación a través de las estimaciones de F y M.

Las Tasas Anuales de Mortalidad y Supervivencia se calcularon de acuerdo a Hoenig y Sails (1984) a partir de cuya estimación se construyó una curva de supervivencia.

En el anexo II se presenta una descripción de cada uno de los métodos empleados.

## ANÁLISIS DE COHORTES.

Se realizó el Análisis de Cohortes basado en talla según Jones (1984), considerando una "seudo-cohorte" y un sistema de parámetros constantes (reclutamiento, F y M), empleando los parámetros de crecimiento, la tasa de mortalidad natural y las constantes de la relación longitud-peso estimadas anteriormente. A partir de este análisis se obtuvo una estimación en porcentaje del tamaño de la población que dio origen a la captura de ese año (1988-1989) y de las tasas de mortalidad por pesca y total por clase de talla. Se elaboró una gráfica que representa la variación de la tasa de mortalidad por pesca por grupo de talla. Al tamaño de población promedio estimado por grupo de talla se le aplicó la tasa de mortalidad por pesca correspondiente y la tasa de mortalidad natural que fué considerada constante, de esta manera fué posible observar qué proporción de la población fué removida por captura (FNm) y cuál por muerte natural (MNm), esto se representó en un diagrama. Mediante el empleo de las constantes a y b de la relación longitud-peso fué posible convertir el número de stock estimado en biomasa y obtener una estimación de rendimiento (Anexo III). Este análisis se realizó con el programa LFSA.

### PATRON DE RECLUTAMIENTO.

El patrón de reclutamiento se obtuvo mediante el empleo del programa ELEFAN el cual incorpora una rutina que consiste en hacer una proyección de retroceso en el tiempo de una colección de datos de frecuencia de tallas, a partir de una colección de parámetros de crecimiento, con lo que genera modelos que pueden ser usados para obtener información objetiva del proceso de reclutamiento. Cuatro son los pasos involucrados en este proceso, a saber: 1) proyección sobre el eje de tiempo de las frecuencias de talla (este proceso incluye una corrección para no linealidad de crecimiento); 2) suma para cada mes (independientemente del año) de las frecuencias proyectadas dentro de cada mes; 3) substracción a partir de cada suma mensual, de la suma más baja para obtener un valor cero donde aparentemente el reclutamiento es más bajo; y 4) salida del reclutamiento mensual, expresado como porcentaje del reclutamiento anual (Pauly e Ingles, 1982).

La talla de reclutamiento al arte de pesca se estimó con base en la talla mínima que se encontraba representada en el muestreo y la talla de reclutamiento al territorio de pesca se estimó con base en la talla mínima promedio encontrada por localidad.

## **RENDIMIENTO POR RECLUTA.**

Se aplicó el Modelo de Rendimiento por Recluta de Beverton y Holt (1957) con ayuda del programa LFSA para obtener una estimación del Rendimiento Máximo Sostenible y de la Tasa de Mortalidad por Pesca óptima, empleando los parámetros de crecimiento, de mortalidad y las tallas de primera captura y de reclutamiento (Anexo IV), con lo que se logró ubicar el nivel de explotación en que se encontraba la pesquería de charales en el ciclo 1988-1989.

La talla de reclutamiento al arte de pesca empleada en este caso, fué la talla de retención del 25 %, dado que es más representativa del nivel de explotación que la talla mínima encontrada.

Se realizaron simulaciones empleando diferentes combinaciones de mortalidad por pesca y talla de primera captura con lo que se construyeron isopletas de rendimiento, para obtener varias alternativas de explotación. De la ubicación de la situación actual de la pesquería, se propone una alternativa de explotación.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

Para proporcionar resultados coherentes con la realidad dado que se está trabajando con diversas especies, las posibles fuentes de error que podían ocasionar sesgo en la información fueron eliminadas en lo posible.

Una fuente de error fué la presencia de ejemplares de *C. estor* (pescado blanco) en los muestreos analizados dado que su crecimiento es notablemente mayor que el de las demás especies. Al respecto se observó que la proporción en que se encontraba esta especie en los 6158 organismos que se han identificado hasta el momento, de los 15745 que constituyen el muestreo total, es muy baja (1.80 %) y su presencia puede considerarse mínima; no obstante, dado que su frecuencia fué más alta en organismos juveniles, se procedió a someter a un proceso de determinación taxonómica a todos los organismos mayores de 9 cm de longitud patrón eliminando de esta forma a todos los ejemplares que resultarán ser de esta especie. De esta manera el muestreo global anual se redujo a un total de 15653 organismos. Otra de las finalidades de realizar la determinación taxonómica de los organismos mayores de 9 cm fué la de observar las tallas máximas que alcanza cada especie y si se conservaba la proporción por especie encontrada hasta el momento, lo cual fué importante para asignar un peso en la estimación de los parámetros de crecimiento. Estos datos también sirvieron de base para la estimación de una longitud máxima ponderada, con lo cual se evito una sobreestimación de  $L_{\infty}$ .

## RELACION LONGITUD-PESO.

En la tabla 1 se presentan las ecuaciones que describen el peso del género *Chirostoma* en función de la longitud total, obtenidas por localidad, por sexo y el

promedio para todo el Lago de Pátzcuaro bajo el encabezado Lagopatz. Mientras que en la tabla 2 se presentan las expresiones globales en función de longitud total y patrón con los correspondientes intervalos de confianza del 95 % para a y b, en comparación con las estimaciones hechas por otros autores. Para ambos casos el error estándar es mínimo como lo demuestra el intervalo de confianza estrecho, por lo que se considera que las estimaciones son correctas.

Mediante la linearización de la función longitud-peso, se corroboró que el tipo de crecimiento para estos organismos es isométrico, esto es, que éstos peces tienen un crecimiento en proporción del cuerpo y gravedad específica invariables (Bagenal, 1978), según lo indica el valor de la constante b que es aproximadamente igual a 3, lo cual se constató a través de una prueba de hipótesis.

La función expresa un crecimiento ligeramente mayor para los machos; sin embargo la diferencia con respecto a las hembras y al análisis global no es significativa ( $P < 0.05$ ) según lo indica una prueba de hipótesis para comparación de medias, por lo que se considera que esta relación es independiente del sexo y se toma el valor global.

En la figura 3 se presenta la relación en términos de longitud patrón y longitud total. Los peces típicamente pasan a través de diferentes estadios de crecimiento entre los cuales ocurren cambios abruptos en la estructura o fisiología, más comúnmente los estadios están separados por un cambio en la forma del cuerpo lo cual se hace evidente en la relación longitud-peso o simplemente por un súbito cambio en la tasa de crecimiento (Ricker, 1975).

Una relación longitud-peso calculada a partir de peces de diferentes grupos de edad como es el caso, refleja principalmente el cambio en forma mientras el pez crece, más que las relaciones intragrupos de edad (Ricker, 1975).

En lo que se refiere al factor de condición promedio, el cuál indica el estado del pez en términos numéricos (grado de bienestar, robustez, gordura) y que en la relación longitud-peso queda expresado como el valor de la constante  $a$ ; se presenta una variación ligera y notable (del orden de mg) entre hembras y machos, la cuál no es significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ). Analizando por localidad, se observa que los valores mayores se presentan en Ichupio y Santa Fe localidades que corresponden a la zona norte del lago, esto se puede asociar a la mayor cantidad de nutrientes existentes en esta zona según reporta Chacón (1990), por lo que los organismos que ahí habitan pueden presentar ventajas sobre los demás en lo que se refiere a la disponibilidad de alimento motivo por el cuál su condición puede ser más favorable. Hay que agregar a esto que si existe una zonación en la distribución de las especies (como es muy probable) la predominancia de alguna de ellas en cada zona y un factor de condición diferente asociado a cada especie, puede estar determinando éstas diferencias que no son muy notables. A diferencia de lo aquí señalado, Rauda (1987) determina un coeficiente de condición ligeramente superior para hembras en *C. patzcuaro*.

A pesar de que estas estimaciones varían con la especie, permiten realizar una comparación con las estimaciones hechas por Morelos (1987) para *C. attenuatum* que encuentra una relación longitud-peso cuya estimación de peso es menor que la obtenida con la función aquí determinada (Figura 4). La estimación de Rauda (1987) para *C. patzcuaro* es superior a la aquí reportada. Para explicar estas variaciones cabe recordar lo que señala Ricker (1975) respecto de que el peso es afectado por la época del año, el contenido estomacal, la condición de desove y la condición nutricional, éstos estudios fueron realizados bajo diferentes condiciones y para una especie en particular. En el presente caso, se involucran varias especies.

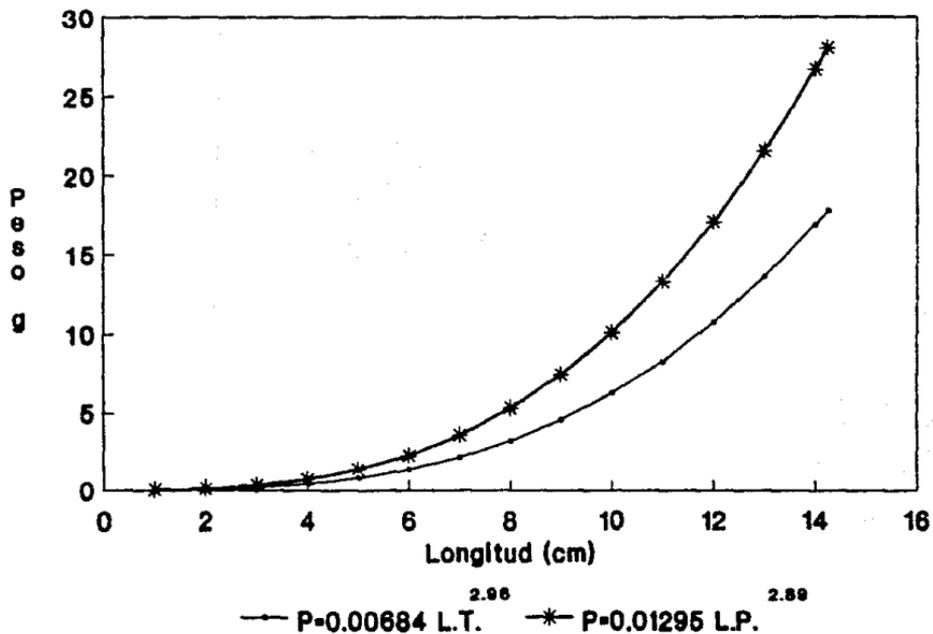
LOCALIDAD	GLOBAL	MACHOS	HEMBRAS
ICHUPIO	P=0.00813 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00708 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00848 L <sup>2</sup> ·**
ZACUAPID	P=0.00575 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00646 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00562 L <sup>2</sup> ·**
SANTAFE	P=0.00832 L <sup>2</sup> ·**	P=0.01000 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00676 L <sup>2</sup> ·**
OPONGUID	P=0.00802 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00741 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00848 L <sup>2</sup> ·**
PACANDA	P=0.00641 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00542 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00588 L <sup>2</sup> ·**
LA PLAYA	P=0.00619 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00648 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00606 L <sup>2</sup> ·**
URANDEN	P=0.00708 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00779 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00776 L <sup>2</sup> ·**
LAGOPATZ	P=0.00684 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00723 L <sup>2</sup> ·**	P=0.00642 L <sup>2</sup> ·**

Tabla No. 1 Relación Longitud-Peso por sexo y global para el género *Chirotoma*. Se presenta el análisis por localidad y el promedio para el Lago de Patzcuaro.

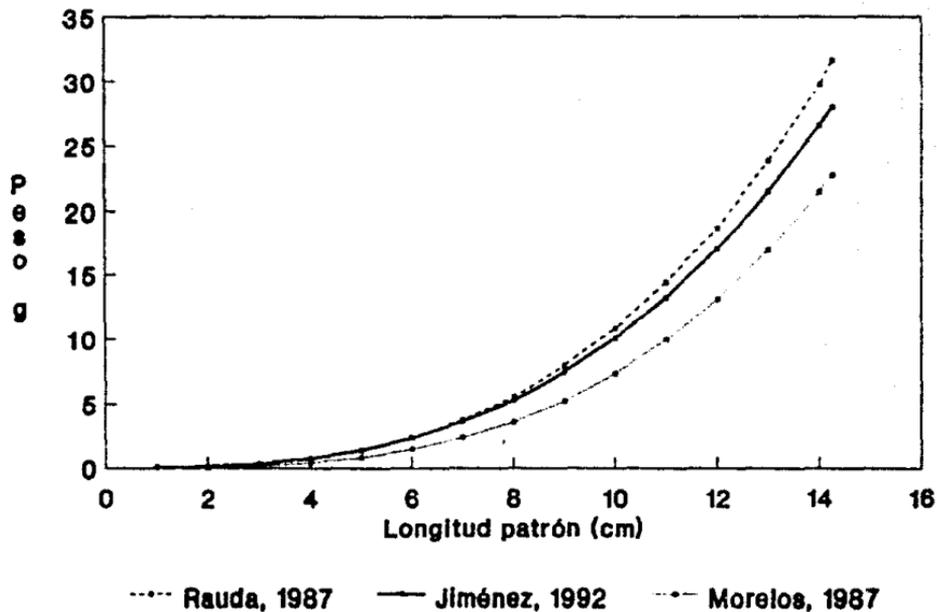
ESPECIE	RELACION LONGITUD-PESO	AUTOR	INTERVALO DE CONFIANZA DEL 95 %
<i>C. attenuatum</i>	Log P=-5.327+3.192 log L.P.	Morelos (1987)	
<i>C. patzcuaro</i>	Log P=-11.44+3.003 log L.P.	Rauda (1987)	
<i>Chirotoma spp.</i>	P=0.01295 L.P. <sup>2</sup> ·**	Jiménez (1992)	a (0.0065 0.0184) b (2.6070 3.1700)
<i>Chirotoma spp.</i>	P=0.00684 L.T. <sup>2</sup> ·**	Jiménez (1992)	a (0.0006 0.0143) b (2.9500 2.9690)

Tabla No. 2 Relación Longitud-Peso para el género *Chirotoma* comparada con las estimaciones de otros autores para dos especies del mismo género.

**Fig. 3 RELACION LONGITUD-PESO DEL GENERO**  
***Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO**



**Fig. 4 RELACION LONGITUD-PESO DEL GENERO**  
*Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO  
ESTIMADA POR DIFERENTES AUTORES



## ESTIMACION DE PARAMETROS DE CRECIMIENTO.

El amplio intervalo de tallas que se tiene en la muestra y el tamaño de la misma, sugiere que es adecuado evaluar a la población a través de un análisis de frecuencia de tallas. Como señala Ricker (1975), las muestras obtenidas con red chinchorro contienen todas las tallas por lo que se consideran representativas y los resultados no están sesgados; además, se considera que estos peces constituyen una muestra aleatoria de cada una de las clases de edad involucradas.

El presente estudio se realizó bajo la premisa de que en una Distribución de Frecuencia de Tallas los individuos de una especie de un grupo de edad determinado, colectados a un mismo tiempo, muestran una variación alrededor de su longitud media de acuerdo a una distribución normal marcando una moda; cada una de las modas corresponde a un grupo de edad diferente en la población.

Mediante la aplicación del método de Bhattacharya (1967) a cada uno de los 77 muestreos, se logró identificar las cohortes existentes en la distribución de frecuencia de tallas. Una cohorte es una clase anual de peces en aguas templadas (Sparre, 1989). El Lago de Pátzcuaro por su altitud presenta clima templado, no obstante que su latitud lo ubica en la zona tropical, las especies que ahí habitan son consideradas de aguas templadas. En el anexo V se reportan las tallas medias de las cohortes determinadas por localidad, la desviación estándar, el tamaño de cada cohorte y el índice de separación. Este índice cuando adquiere un valor menor que 2, indica que es virtualmente imposible separar los componentes. Entre mayor sea este valor mejor definidas estarán las cohortes. También se presentan los resultados obtenidos al agrupar todas las localidades en un muestreo global denominado Lago de Pátzcuaro.

Al realizar el Análisis de Progresión Modal en la mayoría de las localidades se hicieron aparentes tres y en ocasiones hasta cuatro cohortes por año (Figuras 5 a 11, Anexo V). En el análisis global se identificaron seis cohortes (Figura 12), la primera de ellas se estima que proviene de un desove en diciembre de 1987, la segunda de un desove en enero y así sucesivamente hasta marzo de donde se estima provienen dos cohortes, la última proviene de mayo; esto coincide con las épocas de desove registradas por los diferentes autores y corrobora la existencia de desoves continuos o desfasados por especie. La proveniencia posible del desove se obtuvo a partir de las fechas de nacimiento estimadas para cada cohorte.

La corrida de los datos globales con el programa FISHPARM proporcionó una estimación de  $L_{\infty}$  de 13.59 cm de longitud patrón. El método de Wetherall *et al.* (1987) es especialmente útil para situaciones como ésta donde poco o nada se conoce acerca del stock de peces en cuestión. En la tabla 3 se presentan las longitudes máximas y la proporción por especie encontrada hasta el momento, en el avance que se tiene sobre el proceso de determinación taxonómica, de donde se obtuvo la longitud máxima ponderada de 12.97 cm que al dividirla entre el nivel de confianza de 0.95 proporcionó una estimación de  $L_{\infty}$  de 13.65 cm. Este valor fué aplicado a las cohortes identificadas en un análisis de Bhattacharya realizado sobre la muestra anual (Tabla 4) para la estimación de K. Este método que se emplea cuando se tiene únicamente una muestra, se aplicó porque cuando nada se conoce de la población, permite tener una visión acerca del valor que pueden presentar éstos parámetros.

Los resultados obtenidos por los diferentes métodos por localidad se resumen en la tabla 5. Las variaciones observadas en los parámetros estimados obedecen por un lado, a las diferentes consideraciones en que se basa cada método; y por otro, probablemente a que se realizaron sobre un grupo funcional constituido por

diferentes especies. Al respecto Sparre (1989) señala, que los parámetros de crecimiento pueden variar de especie a especie y de stock a stock dentro de la misma especie, además de que cohortes sucesivas pueden crecer diferente dependiendo de las condiciones ambientales a que están expuestas. Se ha observado que se presenta un cierto patrón de distribución de las especies que permite la predominancia de algunas de ellas en las diferentes zonas lo que determina en gran medida la estimación variable de  $L_{\infty}$ . Apparently *C. grandocule* se encuentra distribuida en todo el lago, *C. humboldtianum* prefiere la zona norte y sur, *C. patzcuaro* se localiza preferentemente en la zona norte y centro, y *C. attenuatum* en las zonas centro y sur. Por otra parte, cabe señalar que en el Lago de Pátzcuaro los vientos predominantes soplan en dirección suroeste, por tanto las corrientes que van en este sentido arrojan los nutrientes hacia la zona norte, en donde existe una mayor productividad existiendo un gradiente que lleva a la zona sur en donde se presentan condiciones oligotróficas. En la zona norte se registra la mayor profundidad. En la zona noreste se presenta una importante entrada de contaminantes provenientes de la industria peletera de Quiroga. Hacia el sur, por el canal de Chapultepec se presenta una importante entrada de azolve (Chacón, 1990), todo lo cual influye sobre los organismos que habitan las diferentes zonas del lago, los que pueden responder de manera diferente o tener un comportamiento individual ante las diferentes presiones.

Respecto a los diferentes métodos empleados se pueden hacer las siguientes observaciones. Ford-Walford (1946) considera que el incremento de tiempo entre las tallas debe ser constante. Los muestreos empleados no siempre se realizaron exactamente cada mes, existiendo una variación de días en ocasiones considerable. En la aplicación del método la primera y última tallas aparecen una sola vez mientras que las demás aparecen dos veces y no proporciona una

estimación de  $t_0$ . Wetherall *et al.* (1987) parten de la talla más pequeña de los organismos que están bajo completa explotación, a pesar de proporcionar una buena estimación de  $L_{\infty}$ , suponen un sistema de parámetros constantes, esto es, consideran que el reclutamiento, la mortalidad natural y por pesca son constantes para todas las edades, y que el número de sobrevivientes y la captura son iguales para todas las cohortes, lo cual reduce su aplicabilidad, además la estimación de  $K$  depende de que se conozca  $Z$ . Mientras que Gulland y Holt (1959) dentro del programa LFSA dan una manera razonable de expresar Von Bertalanffy sólo para valores pequeños de incremento de tiempo (no necesariamente constante) en relación a la longevidad del pez, como es el caso; las estimaciones de  $K$  y  $L_{\infty}$  se basan sobre la serie de tiempo completa dando mayor representatividad a los datos, además se puede realizar una estimación de  $t_0$ . Por otro lado el programa LFSA contiene diferentes rutinas que permiten continuar el análisis de la población hasta evaluar mortalidad y rendimiento, por lo tanto se eligió este método como el más adecuado para los datos disponibles.

En la tabla 6 se presentan las ecuaciones que proporcionó la aplicación de los parámetros obtenidos por el método de Gulland y Holt (1959), que describen el crecimiento reflejado en la figura 13, a nivel de localidad. También se presentan los intervalos de confianza de 95 % para las estimaciones de  $K$  y  $L_{\infty}$ . Para ésta última los límites están condicionados al valor de  $K$ , dado que  $L_{\infty}$  fué obtenida a partir de  $(a/b)$  y para una proporción los límites de confianza no están definidos (Sparre, 1989). Estos intervalos son lo suficientemente amplios para incluir las estimaciones obtenidas por los otros métodos con lo que se adquiere mayor validez de la estimación. Además de esto, en las estimaciones de  $\phi'$  de Munro se encontraron valores muy similares. Esta prueba permite realizar comparaciones entre las curvas de crecimiento resultantes de la combinación de diferentes

parámetros de crecimiento. Al respecto señala Sparre (1989) que dos curvas de crecimiento estimadas para el mismo stock pueden tener el mismo valor de  $\phi$  y ser muy diferentes, pero si dos valores de  $\phi$  que representan estimaciones alternativas de parámetros de crecimiento para el mismo stock difieren grandemente, esto indica que una o ambas de las estimaciones están sesgadas.

Considerando que las medidas administrativas se aplicarán a toda la población y no por zonas, al menos mientras no se demuestre un patrón definido de distribución de las diferentes especies, con lo que se puedan establecer zonas de crianza, crecimiento, reproducción, etc., se decidió enfocar la atención sobre el análisis realizado al reunir los datos de todas las localidades bajo el encabezado de Lagopatz. A diferencia del análisis por localidad se puede observar en la tabla 7 y la figura 14, que los parámetros de crecimiento obtenidos por los diferentes métodos son muy similares, la curva de crecimiento resultante del método de Gulland y Holt (LFSA) es igual a la obtenida por Wetherall *et al.* y ambas difieren un poco de la proporcionada por Ford-Walford. Con base en los limitados conocimientos que se tienen acerca del comportamiento de estas especies, se decidió elegir la curva estimada por Gulland y Holt, como la más adecuada para describir el crecimiento de estas especies a nivel de género. Dicha curva se presenta en la figura 15, de donde se desprende que las especies del género *Chirostoma* pueden alcanzar la talla máxima asíntótica promedio de 14.25 cm en aproximadamente dos años y medio, presentando un incremento de 2 cm los primeros dos meses de vida, disminuyendo progresivamente hasta alcanzar 12.5 cm al año de edad y 14 cm a los dos años aproximadamente; a partir de aquí, el incremento se hace casi imperceptible (Tabla 8). Todos los peces aparentemente exhiben un período inicial de incremento rápido en talla, seguido por un estancamiento. La fase de incremento es comúnmente completada dentro de los

primeros dos años de vida (Ricker, 1975). La tasa de crecimiento promedio es de 0.179 cm/mes, esto es, la rapidez con que los peces se aproximan a  $L_{\infty}$ . Cuando los peces son muy viejos, la tasa de crecimiento se aproxima a cero. Se estima que la edad de "nacimiento", a la cual se tiene talla 0 es de 0.444 meses. Se reconoce como "nacimiento" el día que la larva sale del huevo. El crecimiento comienza en la incubación; sin embargo, hay que considerar que las larvas no siempre crecen de acuerdo al modelo de Von Bertalanffy, de hecho este modelo no es adecuado para estimar los primeros días de vida de un pez, por tanto la estimación de  $t_0$  es solo una aproximación al nacimiento (Sparre, 1989). Los métodos indirectos jamás proporcionan un estimado de la edad absoluta, no sirven para el cálculo de  $t_0$  (Pauly, 1983). Por lo que la estimación de  $t_0$  debe relacionarse con los estadios de madurez gonádica. La ecuación de Von Bertalanffy invertida (Anexo 1), permite estimar la edad relativa como una función de la talla.

Los únicos antecedentes sobre parámetros de crecimiento de estas especies son un estudio realizado por Morelos (1987) para *C. attenuatum* y otro realizado por Rojas et al (1991) para *C. grandocule* (Tabla 9). En ambos trabajos el valor de  $L_{\infty}$  está subestimado debido a la escasa representación de organismos mayores en los muestreos analizados. Esta aseveración se fundamenta en la observación de los organismos identificados, entre los que se encontraron representantes de estas especies de hasta 11 y 13 cm de longitud patrón, lo que indica que estos organismos pueden alcanzar tallas mayores que las registradas (8.87 cm y 9.39 cm, respectivamente). Por otro lado, las estimaciones de  $K$  son muy similares y concuerdan con la obtenida en el presente estudio. Téllez (1985) y Flores (1985) realizan un estudio para *C. humboldtianum* en el embalse Huapango del Edo. de México, donde demuestran que esta especie es la que alcanza las mayores tallas dentro de los charales. Partiendo de la consideración que señala Sparre (1989)

respecto de que si se dispone de parámetros de crecimiento para un número de especies dentro de la misma familia, es posible evaluar la realidad de una curva de crecimiento estimada por medio de  $\phi$ , se procedió a comparar dichos valores, encontrándose que entre las especies de charales los valores fueron muy similares, no siendo así al comparar con las estimaciones hechas para el pescado blanco que a pesar de ser de la misma familia, presenta un valor diferente (Tabla 9). En las estimaciones a nivel de género por diferentes métodos los valores de  $\phi$  son similares entre sí y también con respecto a los obtenidos para *C. attenuatum*, *C. grandocule* y *C. humboldtianum*, verificando con ello la validez de la curva obtenida. Todos los valores de  $\phi$  reportados se distribuyen de manera normal alrededor de una media de 3.059, como corresponde a organismos pertenecientes a una misma familia. El desempeño del crecimiento es reflejado por  $\phi$ , dentro de una familia los valores de  $\phi$  están normalmente distribuidos (Sparre, 1989).

A pesar de que en los datos observados existen tallas superiores a 14.25 cm que corresponden a *C. humboldtianum*, por lo que el valor de  $L_{\infty}$  podría estar subestimado para ésta especie, la gran mayoría de charales caen dentro de ésta talla. Como señala Jones (1984), para análisis de composición de talla es importante notar que los valores de  $L_{\infty}$  y  $K$  obtenidos a partir de la mejor curva de crecimiento, no es necesariamente los mejores valores, esto es porque en la relación entre talla y edad, a cada edad le corresponde una talla media y la relación entre éstas constituye una curva de crecimiento convencional, de tal manera que el valor de  $L_{\infty}$  puede ser más pequeño que los individuos más grandes en la composición de talla.

Las experiencias sobre crecimiento de *C. attenuatum* en estanques indican que esta especie alcanza los 7.40 cm de longitud patrón en un año (Morcelos, 1987). Solórzano (1961) encuentra valores similares reportando una talla de 7.45 cm al

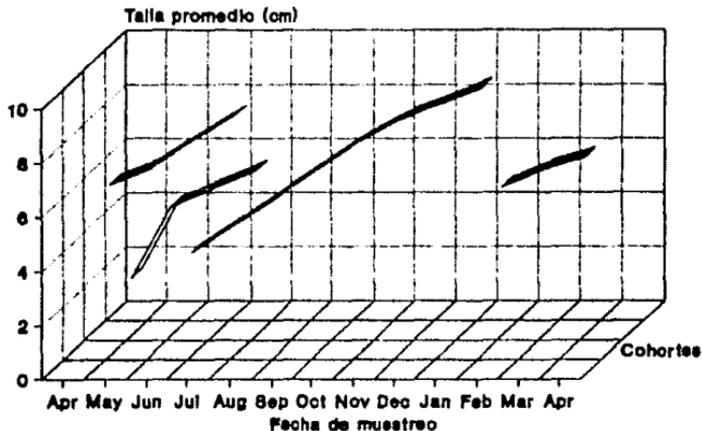
año de edad. Rojas (com. pers.) indica para *C. attenuatum* una talla de 6.62 cm a los 11 meses. De Buen (1940b) registra un crecimiento de 3.30 cm a los seis meses para *C. attenuatum* y de 4.50 cm para *C. grandocule*. Armijo y Sasso (1976) en su experiencia con el género *Chirostoma* mantenido en acuarios, logran un crecimiento de 8.60 cm a los siete meses. Evidentemente se presenta un crecimiento más lento bajo condiciones controladas que en el medio natural.

En la curva de crecimiento expresada en peso (Tabla 10, Figura 16), se puede observar que el peso máximo que puede alcanzar uno de estos organismos es de 27.97 gr, se estima que a la edad de 4 meses se pueden tener peces de talla comercial (6.7 cm y 2.92 gr). La talla de primera madurez reportada por Morelos (1987) se alcanza a los 5-6 meses de edad y la reportada por Rojas *et al.* (1991) se alcanza a los 4.65 meses.

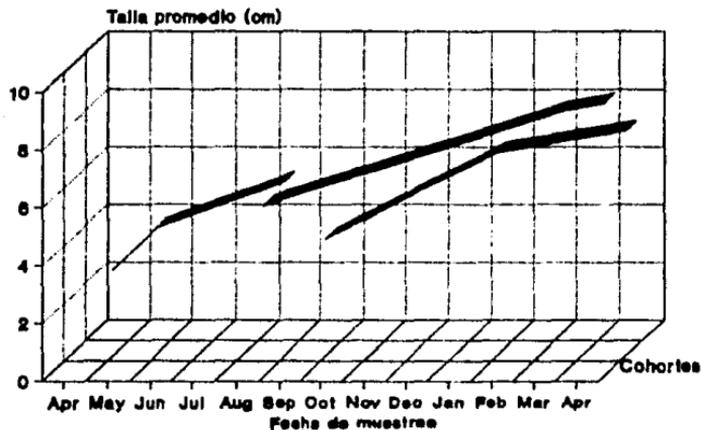
Cierto es que el comportamiento poblacional de cada especie puede ser diferente y de hecho se piensa que *C. attenuatum* y *C. patzcuaro* tienen un crecimiento más acelerado y que alcanzan una talla máxima menor que *C. grandocule* y *C. humboldtianum*, por lo que se estima que el valor de K a nivel individual debe ser ligeramente mayor al aquí estimado y el valor de  $L_{\infty}$  menor para estas especies. No obstante, el intervalo de confianza reportado para  $L_{\infty}$  (Tabla 7), abarca las tallas máximas que pueden alcanzar cada una de las especies, por tanto, este valor se considera representativo a nivel de género. Se espera que las estimaciones de K por especie se encuentren dentro del intervalo de confianza señalado para este parámetro. En virtud de que *C. grandocule* es la especie de mayor abundancia, se considera que la curva de crecimiento a nivel de género está determinada en gran medida por el comportamiento de esta especie. *C. humboldtianum* influye de manera decisiva en la estimación de  $L_{\infty}$ , por sus tallas mayores.

**Es recomendable realizar un estudio con métodos directos a fin de poder hacer los ajustes necesarios a las estimaciones aquí presentadas.**

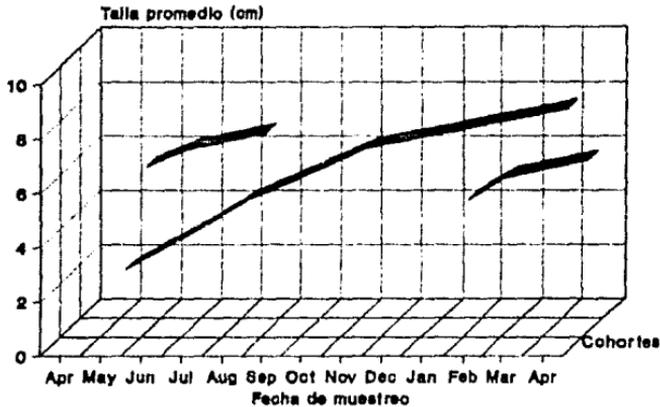
**Fig. 5 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL PARA ICHUPIO**



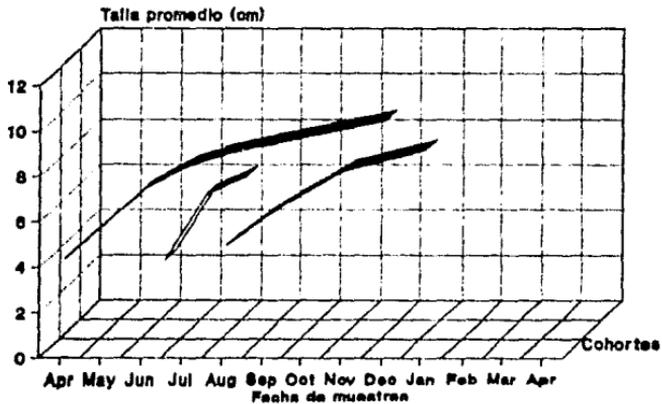
**Fig. 6 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL PARA ZACUAPIO**



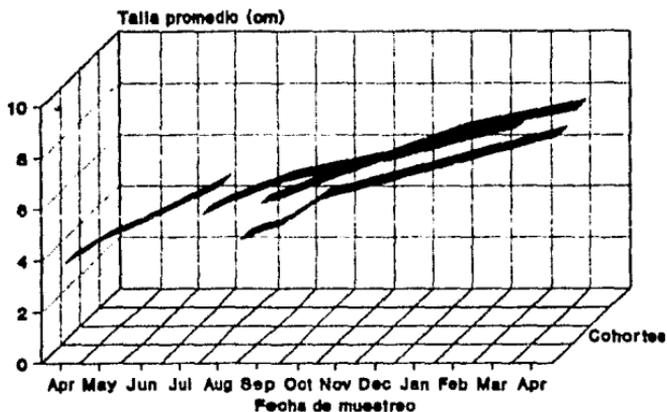
**Fig. 7 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL PARA SANTA FE**



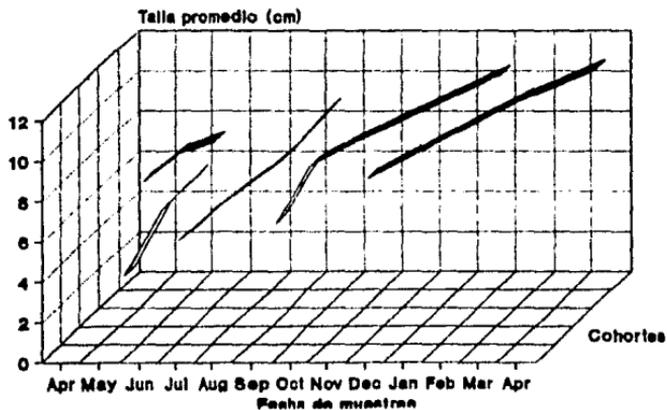
**Fig. 8 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL PARA OPONGUIO**



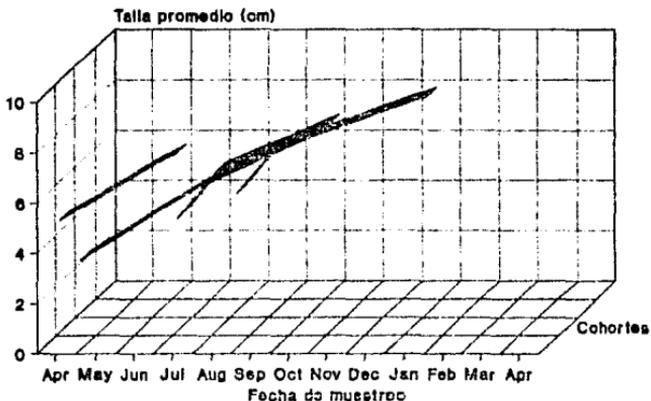
**Fig. 9 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL PARA PACANDA**



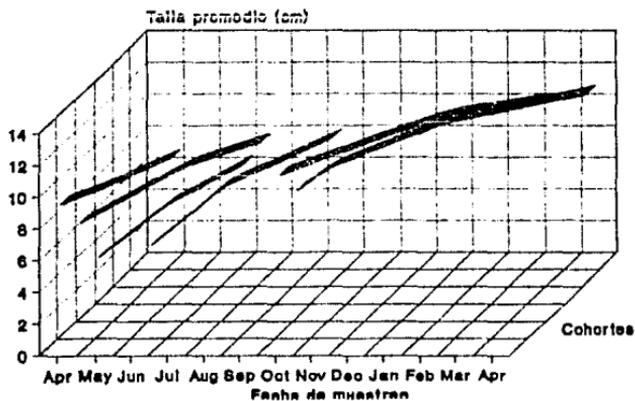
**Fig. 10 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL PARA LA PLAYA**



**Fig. 11 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL PARA URANDEN**



**Fig. 12 COHORTES IDENTIFICADAS A PARTIR DEL ANALISIS DE BHATTACHARYA Y DEL ANALISIS DE PROGRESION MODAL. LAGO DE PATZCUARO.**



ESPECIE	LONGITUD MAXIMA (cm)	PROPORCION POR ESPECIE (%)
<i>Chirostoma grandocule</i>	13.48	56.245
<i>Chirostoma humboldtianum</i>	18.70	15.515
<i>Chirostoma attenuatum</i>	11.19	18.448
<i>Chirostoma patzcuaro</i>	10.89	6.718
<i>Chirostoma estor</i>		1.807
<i>Chirostoma spp.</i>		1.215
Longitud máxima ponderada = 12.97 cm		

Tabla No. 3 Longitud máxima, proporción por especie y longitud máxima ponderada para el género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro.

LONGITUD MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	TAMAÑO DE LA COHORTE	INDICE DE SEPARACION
4.084	0.780	6832	
6.761	1.063	8562	2.893
9.718	1.278	448	2.525
14.479	0.463	8	5.466

Tabla No. 4 Resultados del Análisis de Bhattacharya aplicado a la muestra anual del Lago de Patzcuaro.

LOCALIDAD	Lmáx	Lmáx/0.95	FORD-WALFORD		GULLAND Y HOLT		WETHERALL et al.		to
			Loo	K	Loo	K	Loo	Z/K	
ICHUPIO	12.8	13.47	12.21	0.125	12.45	0.152	12.24	0.632	0.760
ZACUAPIO	14.5	15.26	9.42	0.256	10.20	0.143	15.00	1.000	0.126
SANTA FE	13.9	14.63	17.20	0.670	12.89	0.088	9.11	1.402	0.725
OPONGUID	12.8	13.47	10.51	0.319	12.25	0.169	12.97	0.732	0.121
PACANDA	16.8	17.68	14.45	0.223	11.62	0.096	17.59	1.848	0.673
LA PLAYA	13.2	13.69	15.74	0.450	12.73	0.296	13.95	2.792	0.253
URANDEN	13.7	14.42	9.06	0.770	10.17	0.210	12.02	2.150	0.002
LAGOPATZ	12.9	13.65	14.54	0.122	14.25	0.179	13.88	4.364	0.444

Tabla No. 5 Estimación de Loo, K y to por diferentes métodos para el género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro por localidad y global.

LOCALIDAD	ECUACION DE CRECIMIENTO	INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95 %		$\delta$
		K	Loo	
ICHUPIO	$L(t) = 12.45(1 - e^{-0.152t}) / (1 - e^{-0.152 \cdot 12.21})$	[0.052, 0.358]	[3.21, 21.10]	3.16
ZACUAPIO	$L(t) = 10.20(1 - e^{-0.143t}) / (1 - e^{-0.143 \cdot 15.00})$	[0.059, 0.229]	[6.36, 14.01]	2.69
SANTA FE	$L(t) = 12.89(1 - e^{-0.088t}) / (1 - e^{-0.088 \cdot 9.11})$	[0.032, 0.209]	[4.89, 20.89]	2.68
OPONGUID	$L(t) = 12.25(1 - e^{-0.169t}) / (1 - e^{-0.169 \cdot 12.97})$	[0.030, 0.377]	[5.58, 18.92]	3.34
PACANDA	$L(t) = 11.62(1 - e^{-0.096t}) / (1 - e^{-0.096 \cdot 17.59})$	[0.054, 0.199]	[5.60, 17.64]	2.56
LA PLAYA	$L(t) = 12.73(1 - e^{-0.296t}) / (1 - e^{-0.296 \cdot 13.95})$	[0.157, 0.436]	[8.88, 16.59]	3.87
URANDEN	$L(t) = 10.17(1 - e^{-0.210t}) / (1 - e^{-0.210 \cdot 12.02})$	[0.012, 0.410]	[4.51, 15.83]	3.08

Tabla No. 6 Ecuaciones que describen el crecimiento del género *Chirostoma* por localidad evaluadas a través de  $\delta$ . Límites de confianza del 95 % para las estimaciones de K y Loo.

**Fig. 13 CURVAS DE CRECIMIENTO DEL GENERO *Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO ESTIMADAS POR LOCALIDAD**

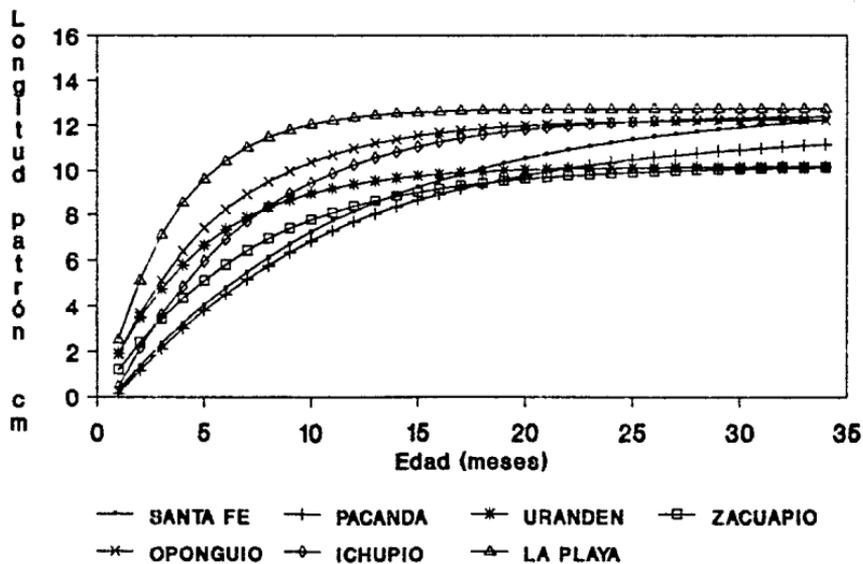




Fig. 14 CURVA DE CRECIMIENTO DEL GENERO *Chirostoma*  
ESTIMADA POR DIFERENTES METODOS

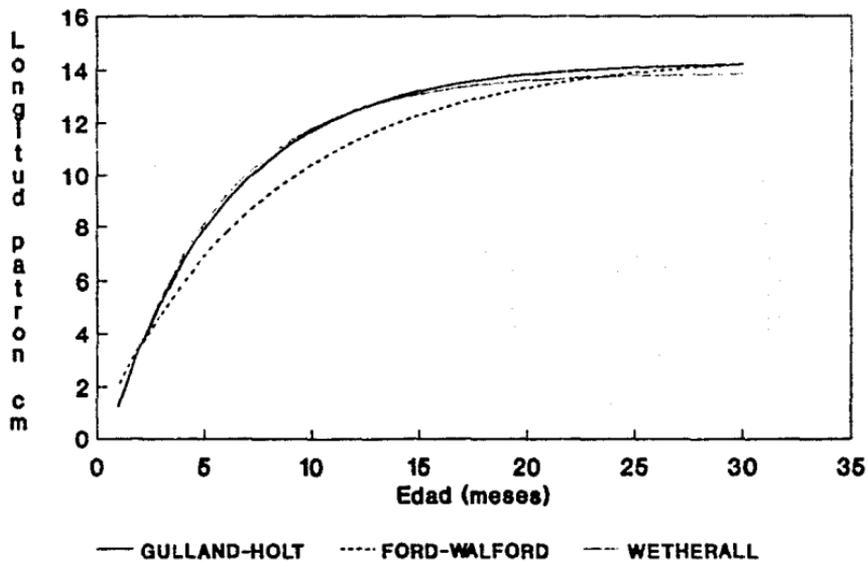
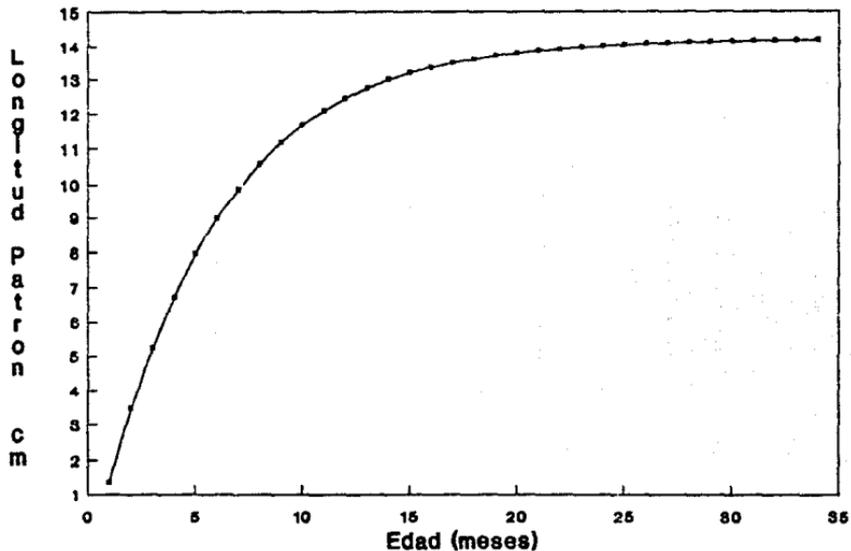


Fig. 15 CURVA DE GRECIMIENTO DEL GENERO  
*Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO  
 EXPRESADA EN TALLA



$$L(t) = 14.25 [1 - e^{-0.1791(t-0.444)}]$$

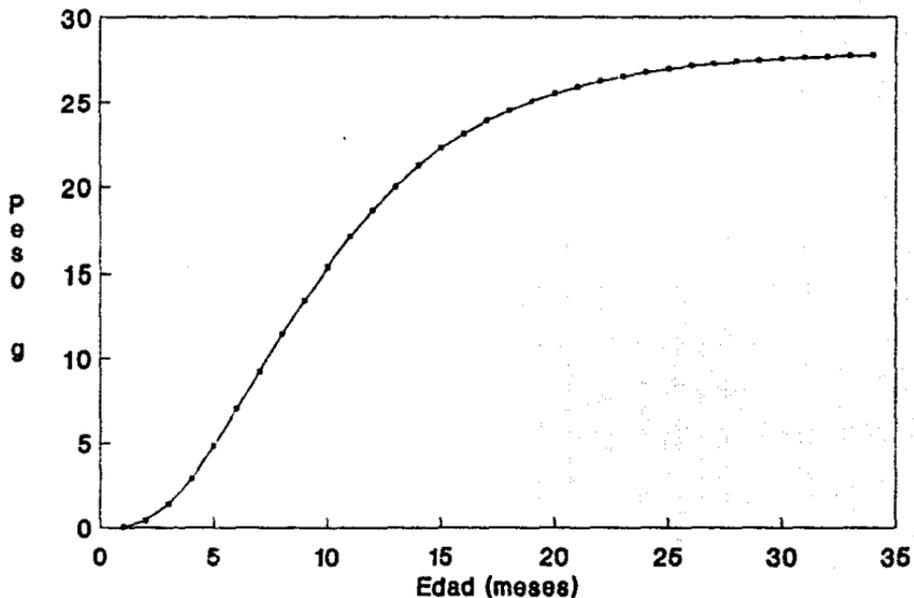
ESPECIE	PARAMETROS DE CRECIMIENTO			AUTOR	$\bar{\sigma}$
	Loo	K	to		
<i>C. attenuatum</i>	8.875	0.2041	3.174	Morelos, 1987	2.7
<i>C. grandocule</i>	9.395	0.1751	0.559	Rojas et al., 1991	2.7
■ <i>C. humboldtianum</i>	17.360	0.1590	-0.791	Téliez, 1983	3.8
■ <i>C. humboldtianum</i>	19.770	0.1070	0.593	Flores, 1985	3.7
<i>C. estor</i>	34.680	0.2938	-1.537	Herrera, 1979	5.6
<i>C. estor</i>	43.000	0.1950	-0.890	García de León, 1985	5.8

Tabla No. 9 Estimaciones de los parámetros de crecimiento de algunas especies del género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro y del embalse Huapango del Edo. de Mexico (\*), por diferentes autores. Comparación de los mismos a través de la  $\bar{\sigma}$  de Munro.

$W(t) = 27.976(1 - e^{-0.1731(t - 0.444)})^3$					
t (meses)	P (g)	t (meses)	P (g)	t (meses)	P (g)
1	0.0238	13	20.0167	25	26.9503
2	0.4025	14	21.2055	26	27.1216
3	1.3564	15	22.2263	27	27.2546
4	2.9242	16	23.1083	28	27.3711
5	4.8552	17	23.8634	28	27.4746
6	7.0055	18	24.5125	30	27.5505
7	9.2274	19	25.0542	31	27.6190
8	11.4081	20	25.5177	32	27.6763
9	13.4770	21	25.9096	33	27.7243
10	15.3913	22	26.2459	34	27.7705
11	17.1174	23	26.5189	35	27.8041
12	18.6630	24	26.7533	36	27.8322

Tabla No. 10 Crecimiento del género *Chirostoma* expresado en peso según el modelo de Von Bertalanffy.

Fig. 16 CURVA DE CRECIMIENTO DEL GENERO  
*Chlostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO  
EXPRESADA EN PESO



$$W(t) = 27.97 [1 - e^{-0.1791(1-0.444)t}]^3$$

### ESTIMACION DE TASAS DE MORTALIDAD.

La curva de captura linearizada presentada en la figura 17 se construyó bajo el supuesto de que la frecuencia de organismos del género *Chirostoma* encontrada para cada intervalo de talla, es representativa del número de sobrevivientes a través de un ciclo anual en el lago de Pátzcuaro. Sparre (1989) señala que si la captura total de una población de peces es desconocida pero se cuenta con un muestreo anual, puede emplearse esta información para la construcción de una curva de captura linearizada a través de la cual se puede estimar  $Z$ , en cuyo caso hablamos de una pseudo-cohorte dado que se está trabajando con datos a partir de un año, asumiendo que estos representan una cohorte durante su espacio de vida entera.

Las curvas de captura basadas sobre frecuencia de talla son menos útiles que aquéllas basadas sobre edad; no obstante, su pendiente puede ser usada para una estimación no sesgada de la tasa de sobrevivencia si el incremento absoluto en talla media de los peces entre edades sucesivas es uniforme sobre un intervalo de edades (Ricker, 1975). Esta condición se cumple aproximadamente para el intervalo de tallas de 5.5 a 13 cm de longitud patrón, por lo que fue el empleado en el análisis de regresión para estimar  $Z$  a través de la pendiente (Anexo VI). Se consideró también que los peces de tallas más pequeñas de 5.5 cm aún no están bajo completa explotación ya sea porque son muy pequeños para ser capturados eficientemente por el arte de pesca o porque los peces más jóvenes viven en un hábitat diferente al de los peces mayores; por otra parte, los peces mayores de 13 cm que se aproximan a  $L_{\infty}$ , son frecuentemente más grandes porque crecen más rápido, pero no necesariamente porque sean más viejos, esto significa que la relación entre edad y talla se vuelve incierta conforme la talla se aproxima a  $L_{\infty}$ , esta es una de las limitantes del modelo de Von Bertalanffy (Sparre, 1989), por lo

tanto las clases que caen fuera del intervalo elegido no pueden ser empleadas para la estimación de  $Z$  puesto que provocarían un sesgo en la estimación.

A partir de la pendiente de la ecuación resultante, se obtuvo una primera estimación de la Tasa de Mortalidad Total ( $Z$ ) cuyo intervalo de confianza y coeficiente de determinación de la recta se presentan en la tabla 11.

El modelo de curva de captura supone que la tasa de mortalidad es similar para todos los grupos de edad, además está basado sobre la suposición de un sistema de parámetros constante, esto es, el reclutamiento,  $F$  y  $M$  permanecen constantes cada año, entonces el número de sobrevivientes y el número de organismos capturados podrían ser el mismo para todas las cohortes. En este caso el número de sobrevivientes por año durante el espacio de vida de una cohorte es igual al número de sobrevivientes dentro de un año particular para cada grupo de edad. Bajo estas circunstancias es indistinto si se considera una cohorte sobre su espacio de vida completa o si consideramos todas las diferentes cohortes (el stock entero) en un año particular (Sparte, 1989). En la curva de captura se supone que la capturabilidad permanece constante en el tiempo (independientemente de que se suponga similar o diferencial para cada edad). Esta es una condición que normalmente no ocurre y depende en mucho de los cambios en el espacio y tiempo de las poblaciones y/o cambios en las características del arte y su operación (aún cuando no cambie el tipo de arte de pesca, cambios en el poder de pesca o cambios de campos pesqueros pueden influir fuertemente en la estimación de  $Z$ ) (Arreguin, 1986a).

Otra de las consideraciones en que se basa la curva de captura es que asume incrementos de tiempo constantes, cuando esta condición no se cumple se aplica el modelo de Jones y Van Zalinge (1981) quienes proponen una curva de captura

acumulada a fin de lograr la linearización de la ecuación original. Los datos básicos para este método también son una muestra, no la captura total (Sparre, 1989). En la figura 18 se presenta la curva de captura acumulada construída con los mismos datos de captura obteniéndose una pendiente igual a  $Z/K$ , donde  $K$  es la constante de curvatura de la ecuación de Von Bertalanffy cuyo valor determinado anteriormente fué de 0.1791, por tanto se estima que  $Z=0.80$ , el correspondiente intervalo de confianza y coeficiente de determinación se presentan en la tabla 11. El intervalo de talla para la estimación de la recta fué de 4.5 a 12 cm (Anexo VI) elegido bajo los mismos criterios que en la curva de captura, aunque recorrido un centímetro hacia la izquierda por presentarse un mejor ajuste, según lo indica el coeficiente de determinación.

La principal ventaja de la curva de captura linearizada radica en sus propiedades conceptuales, además los resultados de ella derivados permiten realizar un análisis de selección (Sparre, 1989). Las tallas del 25%, 50% y 75% de retención obtenidas de esta manera, se presentan en la figura 19 (Anexo VI). La talla de primera captura quedó determinada en 4.66 cm de longitud patrón, lo que marca el comienzo de la fase explotada. La talla de reclutamiento al arte de pesca se considera igual a 1.75 cm. Es importante estimar la talla de primera captura porque a través de este valor y la tasa de mortalidad por pesca es posible establecer una estrategia de explotación óptima (Sparre, 1989). El intervalo de selección calculado (de  $L_{25\%}$  a  $L_{75\%}$ ) indica que ésta ocurre sobre un intervalo estrecho, actuando principalmente sobre los juveniles de tallas entre 3.73 a 5.45 cm lo que indica que una gran proporción de organismos son capturados antes de que realicen su primer desove, esto se fundamenta en que De Buen (1940b), Solórzano (1961), Morelos (1987) y Rojas *et al.* (1991), señalan una talla de primera madurez para *C. attenuatum* y *C. grandocule* mayor de 6.30 cm, mientras

que Téllez (1983) y Flores (1985) mencionan una talla mínima de 7.20 cm para *C. humboldtianum*. En la curva de selección se hace aparente que desde la talla de 1.75 cm hasta los 4.66 cm de longitud patrón más del 50 % de los organismos escapan de la red, después de esta talla y hasta los 7.5 cm menos del 50 % escapan de la red y después de esta talla que es cuando se estima que la mayoría de los organismos han alcanzado su primera madurez, una alta proporción de los peces que entran a la red son retenidos, limitando con esto la oportunidad de recuperación de la población, ya que se reduce el número de reproductores; no obstante, la presencia de algunos organismos muy precoces que alcanzan su madurez sexual desde los 5.5 cm. Cabe señalar que la captura de un pez por un determinado arte de pesca está en función de la conjunción de dos probabilidades: la probabilidad de que el pez este presente en el territorio de pesca, esto es, que haya sido reclutado al área y la probabilidad de ser retenido por la malla una vez que ha entrado a la red.

Una curva de selección puede ser establecida realizando experimentos que han sido diseñados especialmente para ello; sin embargo, una curva de forma similar es obtenida cuando los peces son reclutados al área de pesca y se usa una malla muy pequeña a través de la cual los peces no pueden escapar (Sparre, 1989). La curva aquí presentada es sólo una aproximación a la curva de selección real, dado que no se realizó un experimento de selección; no obstante, describe la selección del equipo comúnmente empleado por los pescadores del Lago de Pátzcuaro durante la época en que fué realizado el muestreo (1988-1989), que corresponde a una red tipo chinchorro con luz de malla en la bolsa de 0.7 cm. El método empleado en esta evaluación supone que el número de peces en el lago es proporcional al número de organismos capturados.

Los estudios de selectividad de equipo, además de proporcionar la talla de primera captura y el efecto de diferentes tamaños de malla sobre la pesquería, también permiten la corrección de la distribución de tamaños de muestras en el Análisis de Bhattacharya, lo cuál puede ser empleado para la reevaluación de los parámetros de crecimiento (Erzini, 1989).

Otra estimación alternativa de  $Z$  se obtuvo mediante el método de Beverton y Holt (1956), para lo cual se consideró una talla de  $L' = 5.5$  cm, que como se muestra en la curva de selectividad a esta talla existe un 80% de retención en la red y se puede considerar que la población ya está bajo completa explotación. La talla media de los organismos mayores de 5.5 cm fué de 7.08 cm. La estimación de  $Z$  se presenta en la tabla 11. Este método presenta la ventaja de que los requerimientos de datos son menores que para los métodos de curva de captura, para la cual la composición de tamaño relativa (no necesariamente absoluta) de la captura debe ser conocida.

Por último, se compararon las tres estimaciones de  $Z$  con la obtenida a partir del método de Wetherall *et al.* (1987) aplicado para obtener una estimación de  $L_{\infty}$  empleando un valor de  $L' = 5.0$ . La representación gráfica y los resultados obtenidos se presentan en la figura 20. Los datos de entrada se presentan en el anexo VI. Este método al igual que el de Beverton y Holt, están basados en la suposición de un sistema de parámetros constantes.

Los valores de  $Z$  obtenidos por los diferentes métodos se presentan en la tabla 11. Se puede apreciar que la variación entre los diferentes valores de  $Z$  es mínima y todos caen dentro de los límites de confianza del 95 %, por lo que se procedió a calcular el valor promedio para establecer la Tasa de Mortalidad Total ( $Z$ ) la cuál fué igual a 0.80.

Z representa el número de peces (incluyendo nuevos reclutas) que podrían morir durante el año si el reclutamiento fuera exactamente balanceado con la mortalidad día a día, expresada como una fracción o múltiplo de la densidad estable constante del stock (Ricker, 1975). La curva de sobrevivencia derivada de esta estimación se presenta en la figura 21, en donde se puede apreciar que la tasa de sobrevivencia anual es de 0.45. Esto quiere decir que cada año el 45 % de los organismos presentes al inicio del año estará vivo al final del mismo y el 55 % habrá muerto (Anexo VI). De esta tasa de mortalidad, el 26.15 % muere anualmente debido a la pesca y el 28.91 % muere debido a causas naturales. Se deduce que la mayor mortalidad se presenta debido a causas naturales, más que por pesca, aunque la diferencia es mínima. Para la estimación de éstas Tasas Anuales de Mortalidad por Pesca y Natural, fué necesario descomponer la Tasa de Mortalidad Total en sus dos componentes. Es cierto que una separación precisa de la mortalidad por pesca y natural permanece inaccesible, y aún es uno de los problemas centrales de la investigación de pesquerías (Cushing, 1981). No obstante, Pauly (1983) considera que la mortalidad natural en peces se encuentra vinculada con la temperatura del medio ambiente y propone una relación empírica expresada con respecto al crecimiento en longitud que al ser aplicada para el presente estudio empleando una temperatura de 19 oC (obtenida del promedio de los registros tomados durante el muestreo), proporcionó un valor de  $M=0.5$ . La fórmula indica que los peces pequeños y las especies de crecimiento rápido tienen alta mortalidad natural. En aguas de ambiente cálido la M es más alta. Sparre (1989) de acuerdo con Pauly, opina que como la mayoría de los procesos biológicos van más rápido a temperaturas más altas, se podría esperar que la mortalidad natural esté relacionada a la temperatura ambiental. Cabe señalar que no existen reportes de la estimación de M para otras especies relacionadas con las aquí presentadas; no obstante, fué posible aplicar el método

de Rikhter y Efanov (1976) que se basa en la edad a la que el 50% de la población es madura reproductivamente, esta se consideró como 4.65 meses correspondiente a una talla de 7.55 cm que según Rojas et al. (1991), es la talla promedio de primera madurez para *C. grandocule* el cual representa la mayor proporción de las especies en el grupo, además de coincidir con las estimaciones de otros autores para *C. attenuatum* y *C. humboldtianum*. De esta manera se obtuvo una estimación para  $M$  de 0.34. Ambos métodos son proximales y es probable que exista un sesgo positivo en el primer caso y un sesgo negativo en el segundo, por lo que se procedió a estimar el valor promedio quedando determinada la Tasa de Mortalidad Natural como igual a 0.42 (Tabla 12), la cual refleja las interacciones de las diferentes especies, influenciada por una parte, por la abundancia relativa de cada una de ellas, y por otra, por los factores ambientales.

Desafortunadamente no se dispuso de datos sobre esfuerzo por lo que no fué posible realizar esta estimación por otros métodos más precisos. Debe considerarse que la probabilidad de que  $M$  presente variaciones es obvia, ya que el valor de mortalidad natural no es estable y depende en gran medida de diferentes variables del ecosistema (variaciones estacionales y cíclicas en parámetros ambientales, fluctuaciones en la abundancia de depredadores, variaciones poblacionales en los patrones de distribución, agregación y migración, etc.) y por supuesto de la forma de explotación a que está sujeta la población (Gracia, 1989). También es importante señalar que a pesar de la relevancia de las variaciones de  $M$ , los modelos pesqueros empleados en la actualidad asumen a la tasa de mortalidad natural como constante durante la fase de explotación, por tanto los resultados de estos modelos se pueden ver afectados por la variabilidad de este parámetro tan difícil de medir (Gracia, 1989).

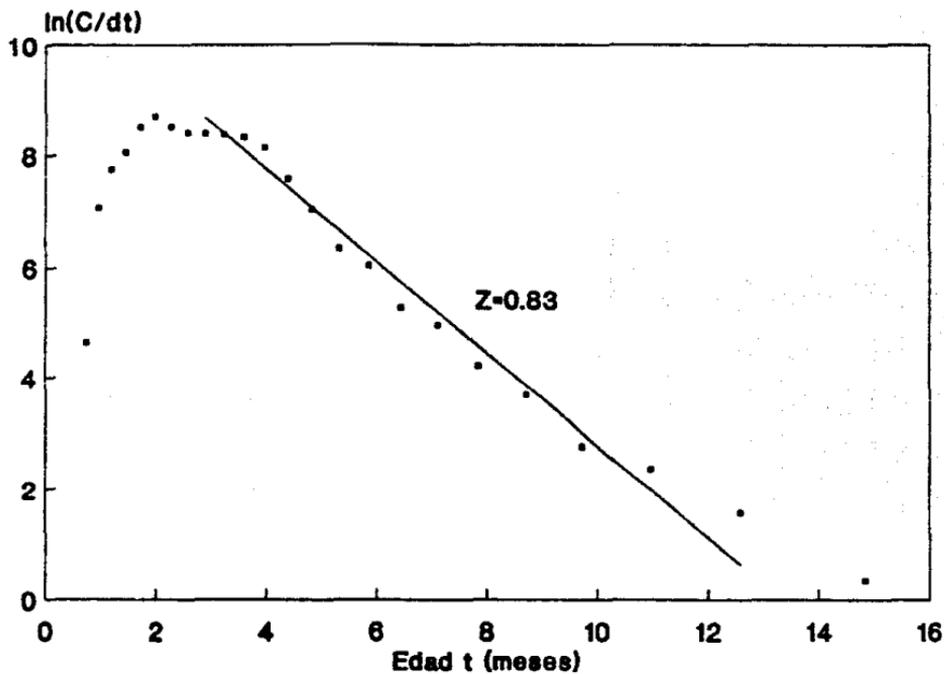
Una alternativa para evitar sesgos, que señalan Beverton y Holt (1959) es emplear la proporción  $M/K$ , que es considerablemente menos variable que los valores de cada uno por separado. Esto es aplicable a especies en las cuales algunos individuos crecen más rápido que el promedio y también experimentan una tasa de mortalidad relativamente alta.

La estimación de la Tasa de Mortalidad por Pesca obtenida por simple diferencia, proporcionó un valor de 0.38 (Tabla 13). Ager, Boetius y Lassen (1973; fide Cushing, 1981) demostraron que si  $M$  es sobreestimada,  $F$  podría ser subestimada y viceversa. Por tanto la estimación de  $F$  podría estar no sesgada sólo si  $M$  estuviera bien estimada o cercanamente estimada, desgraciadamente no hay una vía exacta de estimar la mortalidad natural cuando no se dispone de registros de captura y esfuerzo durante un lapso de tiempo considerable. Hoenig y Sails (1984) indican que muy poca investigación se ha hecho para determinar de qué manera  $M$  es afectada por el esfuerzo pesquero y por ende por la mortalidad por pesca. Sin embargo, la estimación de  $F$  obtenida en el Análisis de Cohortes, proporcionó un valor similar (Tabla 14). Por otro lado, Cushing (1981) señala que la presencia de peces seniles indica muy poca presión de pesca. En el presente estudio los organismos mayores, que no necesariamente tienen que ser los más viejos, se encuentran escasamente representados por lo que se intuye que la mortalidad por pesca puede ser un tanto más elevada y la mortalidad natural un poco menor; no obstante, esto queda sujeto a corroboración conforme se vaya disponiendo de información para realizar estas evaluaciones por otros métodos, que por otra parte, deben actualizarse continuamente sobre todo cuando se produce un cambio en la tecnología de captura. Mientras tanto, con los valores obtenidos fué posible estimar la tasa de explotación que resultó ser igual a 0.475 (Tabla 13), cercana al valor óptimo de  $E=0.5$  (Gulland, 1971 fide Pauly, 1983), lo que permitió

vislumbrar que bajo éstas condiciones la pesquería aún no alcanzaba el rendimiento máximo sostenible.

Es importante resaltar que en la realidad la mortalidad total no actúa con la misma intensidad para todas las edades, como se supone en los métodos empleados, por lo general los individuos más jóvenes están sujetos a una mortalidad muy alta por depredación o competencia y a una mortalidad menor por pesca ya sea porque no hayan emigrado aún al territorio de pesca o porque escapen a la red; los individuos más grandes presentan una probabilidad mayor de mortalidad por pesca. También la mortalidad por pesca varía de un año a otro, pues las artes de pesca son selectivas y difícilmente las probabilidades de capturar sobre ciertas tallas de individuos permanecerán constantes con la edad y a lo largo del tiempo (Arreguín, 1986a).

Fig. 17 CURVA DE CAPTURA LINEARIZADA PARA EL  
GENERO *Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO

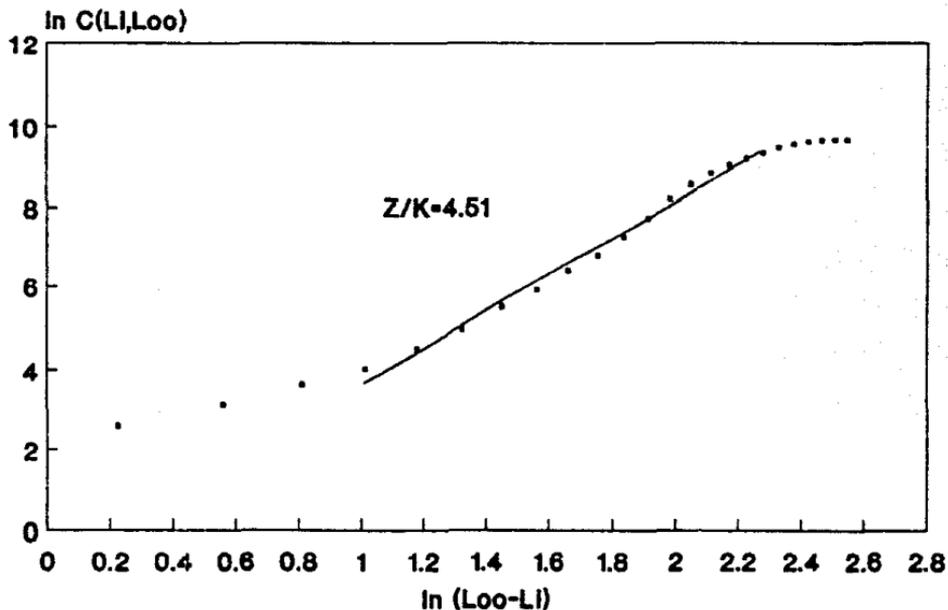


$$\ln(C/dt) = 11.09 - 0.83 t$$

METODO	TASA DE MORTALIDAD TOTAL (Z)	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	COEFICIENTE DE DETERMINACION
Curva de Captura Linearizada	0.83	[0.75 0.92]	0.98
Jones y Van Zalinge	0.80	[0.76 0.85]	0.99
Beverton y Holt	0.81		
Wetherall <u>et al.</u>	0.78		0.83
Promedio	0.80		

Tabla No. 11 Estimación de la Tasa de Mortalidad Total (Z) para el género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro por diferentes métodos.

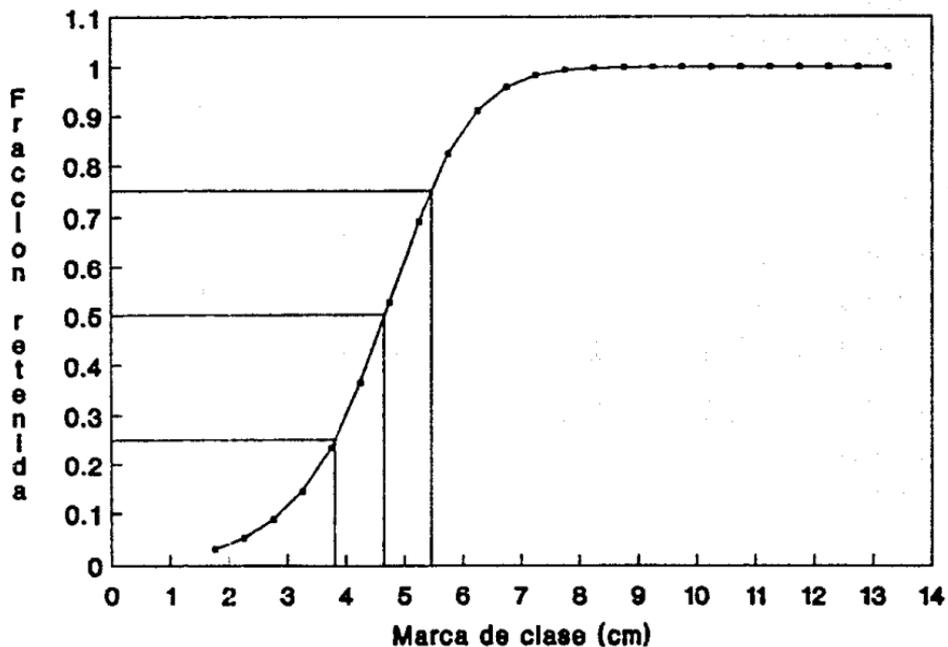
**Fig. 18 CURVA DE CAPTURA ACUMULADA (METODO DE JONES Y VAN ZALINGE) PARA EL GENERO *Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO**



$$\ln C(LI, Loo) = -0.89 + 4.51 \ln(Loo-LI)$$

$$K=0.1791 \quad Z=0.80$$

Fig. 19 ANALISIS DE SELECCION PARA EL GENERO  
*Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO



$L_{25\%} = 3.73$   $L_c = 4.67$   $L_{75\%} = 5.45$

**Fig. 20 ANALISIS DE WETHERALL PARA LA ESTIMACION  
DE L<sub>00</sub> Y Z/K PARA EL GENERO *Chirostoma*  
DEL LAGO DE PATZCUARO**

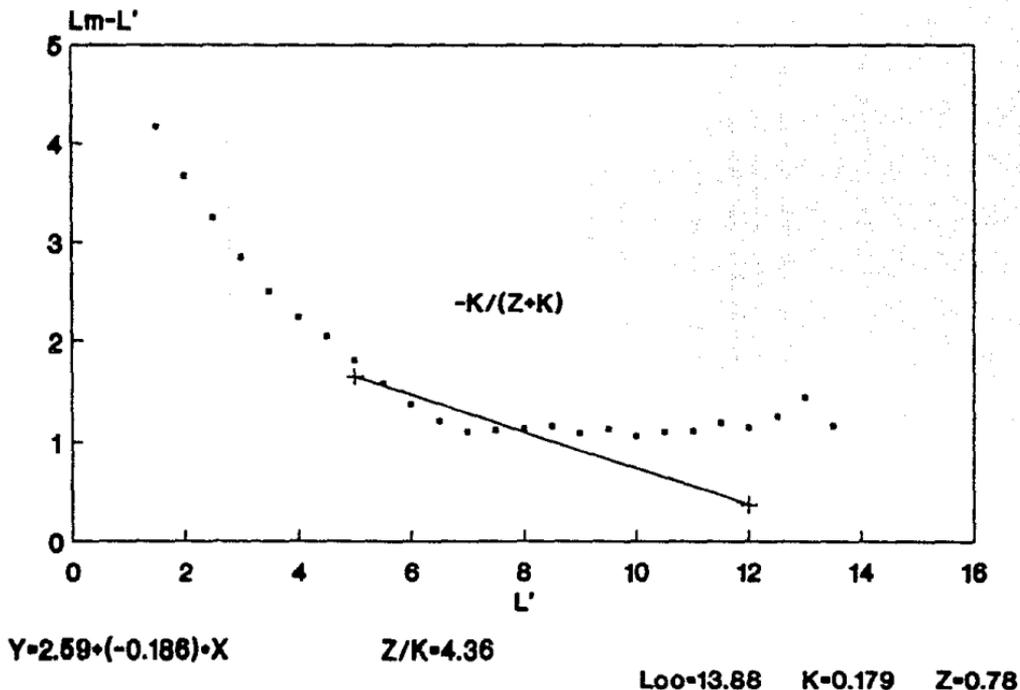
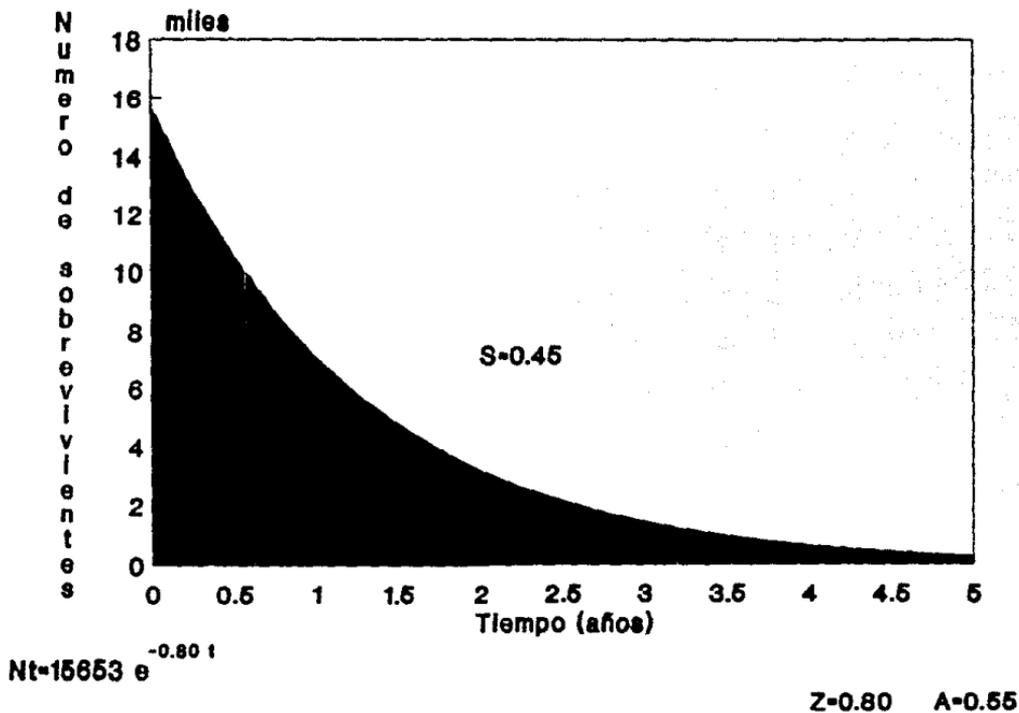


Fig. 21 CURVA DE SOBREVIVENCIA PARA EL GENERO  
*Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO



METODO	TASA DE MORTALIDAD NATURAL (M)
PAULY (1983)	0.50
RIKHTER Y EFANOV (1978)	0.34
PROMEDIO	0.42

Tabla No. 12 Estimaciones de la Tasa de Mortalidad Natural (M) para el género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro, por diferentes métodos.

TASA DE MORTALIDAD TOTAL (Z)	0.80
TASA DE MORTALIDAD NATURAL (M)	0.42
TASA DE MORTALIDAD POR PESCA (F)	0.38
TASA DE EXPLOTACION (E)	0.47

Tabla No. 13 Tasas de Mortalidad estimadas para el género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro.

## ANALISIS DE COHORTES.

El fundamento de este análisis radica en considerar que la composición de tallas es representativa de una situación en estado de equilibrio donde el reclutamiento y la mortalidad natural son constantes, de tal manera que el número de organismos capturado puede ser usado para calcular la remoción anual debida a mortalidad natural o por pesca por grupo de tallas, considerando que la pesquería extrae una parte importante de la población. Para simular una condición de equilibrio, es esencial que los datos pertenezcan a un período relativamente largo, preferentemente varios años (Sparre, 1989) y que se disponga de información sobre la captura total, a fin de minimizar las fluctuaciones en las clases anuales y las tasas de mortalidad (Jones, 1984).

El presente estudio, se realizó con la información de que se disponía a fin de vislumbrar el comportamiento de la población y evaluar el nivel proporcional de F por grupo de talla, a pesar de que no se tienen las mejores condiciones para la aplicación de este análisis. Para ello se asumió que la estructura presentada por todas las clases de talla capturadas durante un año refleja el comportamiento de una cohorte durante su espacio de vida entera; esto es, la cohorte real fué reemplazada por una seudo-cohorte que se obtuvo asumiendo un sistema de parámetros constantes en equilibrio.

A partir de este análisis se obtuvo una estimación de la Tasa de Mortalidad por Pesca (F) y Total (Z) por intervalo de talla (Tabla 14), el valor promedio de F para organismos mayores de 5.50 cm fué de 0.37, similar al valor obtenido por simple diferencia entre Z y M; el valor máximo fué de 0.54, correspondiente al intervalo de talla de 7.00 a 7.50 cm. También se obtuvo una estimación del tamaño de la población (N) que se supone debió existir en el lago para poder proporcionar la

captura reflejada en el muestreo. Para esta estimación hay que considerar que algunos organismos pueden alcanzar una talla determinada al comienzo del año mientras que otros no pueden hacerlo sino hasta el final del mismo; por tanto, los valores presentados bajo el encabezado de  $N$  representan el número de organismos estimado que alcanza la talla marcada en el intervalo independientemente del momento durante el año cuando esto tuvo lugar. Estos valores son diferentes del número de organismos promedio ( $N_m$ ) el cual es una estimación del stock promedio disponible por grupo de talla, bajo la suposición de condiciones en estado de equilibrio.

El diagrama presentado como figura 22, pretende representar el comportamiento de la población del género *Chirostoma* a través de un año sometida a las diferentes presiones ambientales y de pesca. En él se hace evidente que en las primeras tallas la mortalidad por pesca es mínima, ésta se va incrementando a medida que la población crece y después desciende reflejando una baja e inadecuada explotación para incrementarse nuevamente hasta llegar a dominar en los grupos de tallas mayores, lo cual también se aprecia en la figura 23, mientras que con la mortalidad natural el proceso se invierte, la mayor remoción por esta causa se lleva a cabo en los organismos de tallas menores y en los grupos de tallas mayores es casi nula. También se puede apreciar que la cantidad de organismos removidos por cualquiera de las dos causas es mínimo quedando una gran proporción disponible para ser capturada en años sucesivos. En virtud de que como se señaló anteriormente,  $F$  puede estar subestimada y que la captura que se está considerando corresponde a un muestreo y no a la captura total, es probable que ésta no refleje toda la remoción por concepto de pesca; por tanto, el número de sobrevivientes puede estar sobreestimado. Además, como señala Jones (1984), este análisis es probablemente útil sólo cuando se trata con stocks explotados de forma

intensiva, para los cuales el número capturado representa una proporción relativamente grande de la remoción total. Si la captura constituye una pequeña fracción del stock la estimación del tamaño de la población se vuelve incierta, entre más alta es la mortalidad por pesca más fidedigno es el análisis (Sparre, 1989). Por tanto, el número de organismos estimado se reporta como proporción de organismos ( $N\%$ ) por cada grupo de talla ya que de esta forma se vuelve independiente del tamaño real de la población y puede tener mayor aplicabilidad.

Respecto a las estimaciones de biomasa y rendimiento, éstas deberán tomarse con reserva dado que no se cumple completamente con los supuestos en los que se basa el método. Una estimación fidedigna se presenta en la sección de rendimiento por recluta.

En la figura 24 se observa la producción de charales del período 1981 a 1991 en comparación con la producción de todas las especies que se explotan en el lago, durante el mismo período. Esta representa alrededor del 20 % de la producción global, ocupando el segundo lugar en la producción total del lago (Anexo VII). El descenso hacia los últimos años puede reflejar las consecuencias de incidir sobre tallas muy pequeñas, un incremento en el esfuerzo pesquero, o bien puede deberse a que los datos se obtuvieron a través de un muestreo experimental y no a través de avisos de arribo como en los años anteriores. Por otra parte, se puede apreciar que la variabilidad dentro de cada curva guarda una relación con la otra, por lo que se estima que las fluctuaciones a través de los años pudieron obedecer a variaciones ambientales que provocaron fluctuaciones en la disponibilidad de la población, o bien son el reflejo de las fluctuaciones en el esfuerzo y el poder de pesca. Obviamente, éstas son hipótesis que deberán corroborarse mediante análisis exhaustivos.

Si se llegará a disponer de datos sobre composición de tallas o edades y capturas totales provenientes de varios años para lograr simular condiciones de equilibrio, podría aplicarse el análisis de cohortes para observar el efecto de cambiar la abertura de malla y/o el esfuerzo de pesca sobre la biomasa total y el rendimiento, a fin de realizar predicciones que permitan proponer lineamientos más finos para la administración del recurso. El presente análisis, dentro de sus limitaciones, pretende ser la base de estos estudios sirviendo de referencia para condiciones en las que aún no se alcanza una elevada explotación; esto es, un punto cercano al máximo rendimiento sostenible. Recuérdese que los datos reflejan la situación reinante en el ciclo 1988-1989.

Es evidente en la actualidad que la explotación de charales en el Lago de Pátzcuaro se ha incrementado notablemente, observándose capturas que varían entre 2 y 10 kg al día por pescador, dependiendo de la temporada del año, del número y tipo de redes, etc., por lo que se estima que el nivel óptimo de explotación ya ha sido rebasado.

INTERVALO	CAPTURA	X	N	N %	F/Z	F	Z	V	M <sub>n</sub>	M <sub>n</sub> + V	C + V	F <sub>n</sub> M <sub>n</sub>	M <sub>n</sub> M <sub>n</sub>
1.5 - 2.0	23	1.048	55777.81	14.844	0.0046	0.0019	0.4219	0.057	11889.91	676.24	1.30	23	4994
2.0 - 2.5	275	1.050	50761.05	13.600	0.0551	0.0245	0.4445	0.118	11221.00	1325.48	32.48	275	4713
2.5 - 3.0	560	1.052	45773.23	12.263	0.1127	0.0533	0.4733	0.213	10499.45	2237.69	119.35	560	4410
3.0 - 3.5	802	1.054	40803.48	10.932	0.1641	0.0825	0.5025	0.349	9725.33	3397.78	280.20	802	4085
3.5 - 4.0	1318	1.057	35916.82	9.823	0.2611	0.1484	0.5684	0.534	8867.05	4736.32	703.24	1316	3724
4.0 - 4.5	1679	1.060	30876.66	8.212	0.3356	0.2123	0.6323	0.776	7907.66	6133.39	1302.27	1679	3321
4.5 - 5.0	1465	1.063	25876.43	6.933	0.3343	0.2109	0.6309	1.060	6946.43	7506.48	1583.11	1465	2917
5.0 - 5.5	1389	1.067	21493.93	5.758	0.3537	0.2298	0.6498	1.457	6044.11	8805.52	2023.60	1389	2538
5.5 - 6.0	1448	1.071	17586.41	4.706	0.4005	0.2806	0.7006	1.912	5160.85	9866.90	2768.39	1448	2167
6.0 - 6.5	1517	1.076	13950.85	3.737	0.4560	0.3549	0.7749	2.453	4274.49	10485.85	3721.39	1517	1795
6.5 - 7.0	1542	1.081	10638.56	2.850	0.5198	0.4547	0.8747	3.088	3391.08	10472.08	4781.89	1542	1424
7.0 - 7.5	1373	1.087	7672.31	2.055	0.5612	0.5372	0.9572	3.824	2555.88	9773.87	5250.87	1373	1073
7.5 - 8.0	842	1.094	5225.93	1.400	0.5158	0.4475	0.8675	4.689	1881.66	8786.19	3831.61	842	790
8.0 - 8.5	534	1.102	3593.63	0.963	0.4757	0.3811	0.8011	5.630	1401.21	7889.71	3006.75	534	588
8.5 - 9.0	286	1.112	2471.12	0.662	0.3908	0.2694	0.6894	6.716	1061.43	7128.15	1920.67	286	446
9.0 - 9.5	235	1.124	1739.32	0.466	0.4102	0.2922	0.7122	7.932	804.36	6380.10	1863.99	235	338
9.5 - 10.0	122	1.139	1186.49	0.312	0.3254	0.2926	0.6226	9.207	602.13	5591.91	1132.99	122	253
10.0 - 10.5	99	1.158	791.59	0.212	0.3451	0.2214	0.6414	10.788	447.23	4824.79	1068.02	99	186
10.5 - 11.0	54	1.182	504.75	0.135	0.2849	0.1673	0.5873	12.443	322.74	4015.93	671.93	54	135
11.0 - 11.5	37	1.216	315.20	0.084	0.2791	0.1626	0.5826	14.259	227.58	3245.15	527.59	37	95
11.5 - 12.0	18	1.265	182.62	0.049	0.2175	0.1167	0.5367	16.244	154.22	2505.27	292.40	18	65
12.0 - 12.5	15	1.342	99.84	0.027	0.2696	0.1550	0.5750	18.405	96.15	1789.67	276.06	15	40
más de 12.5	21	0.000	44.21	0.012	0.4750	0.3800	0.8000	20.727	55.26	1145.42	435.26	21	23
F <sub>n</sub> para L > 5.5 = 0.3687		F <sub>n</sub> z = 0.537											

Tabla No. 14 Resultados del Análisis de Cohortes para el género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro. Resulta la estimación de las Tasas de Mortalidad por Pesca (F) y Total (Z) por grupo de talla y el Tamaño de la Población en porcentaje (N %). F<sub>n</sub>M<sub>n</sub> se refiere al porcentaje de la población removida por captura y M<sub>n</sub>M<sub>n</sub> a la fracción removida por muerte natural. V representa el peso promedio, M<sub>n</sub>+V la biomasa y C+V el rendimiento.

Fig. 22 COMPORTAMIENTO DE LA POBLACION DEL GENERO *Chirostoma* DEL LAGO DE PATZCUARO EXPUESTA A UNA  $Z=0.80$   $F=0.38$  Y  $M=0.42$

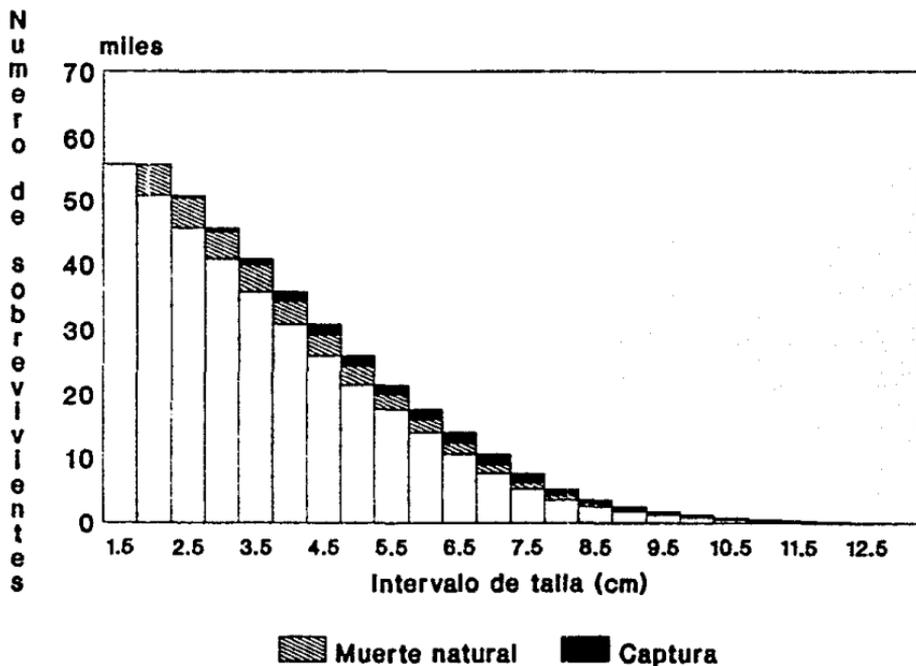


Fig. 23 ESTIMACION DE LA TASA DE MORTALIDAD  
POR PESCA DEL GENERO *Chirostoma* POR  
GRUPO DE TALLA

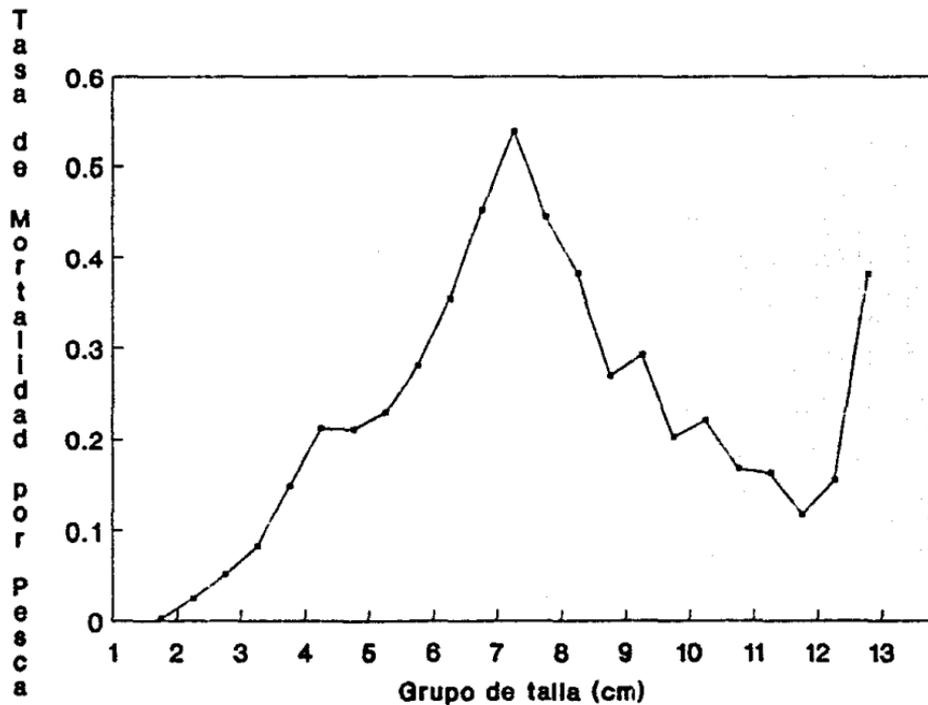
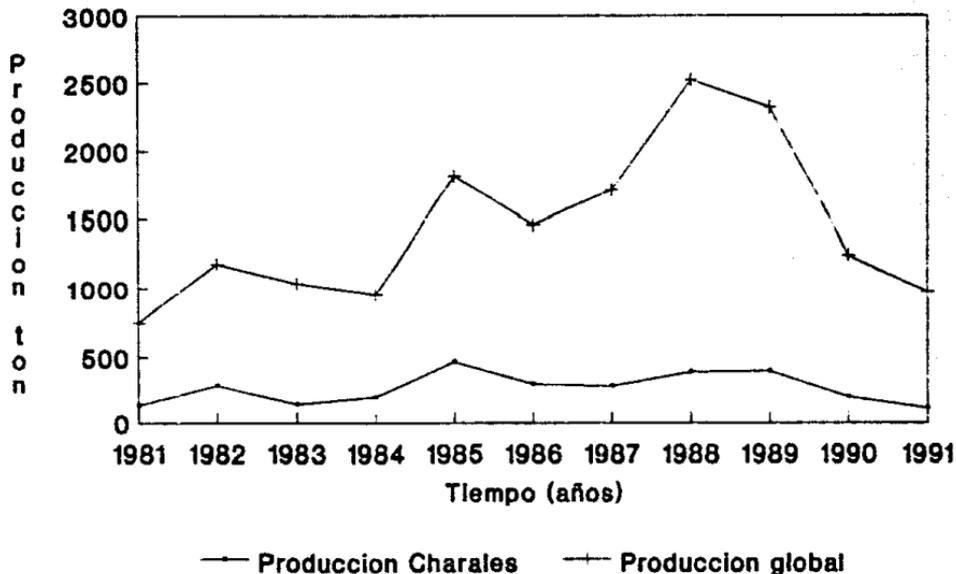


Fig. 24 PRODUCCION ANUAL DEL GENERO *Chirostoma* COMPARADA CON LA PRODUCCION ANUAL DEL LAGO DE PATZCUARO.



## PATRON DE RECLUTAMIENTO.

Se han analizado hasta aquí tres de los cuatro factores que rigen la dinámica de una población según el modelo de Russell (1931: fide Csirke, 1980), crecimiento, mortalidad natural y mortalidad por pesca. En esta sección se analiza el cuarto factor: el reclutamiento que representa el número de organismos que ingresan a la población explotable y que junto con el crecimiento constituyen los factores antagonicos a las tasas de mortalidad, de cuyo balance y de las interacciones que puedan establecerse entre ellos depende el equilibrio de cualquier población de peces.

Es gracias a la reproducción, que nuevos peces nacen y se integran a la población cada año. Al estudiar la dinámica de una población, lo que cobra importancia es la variación de la fecundidad entre los individuos de la misma especie ya que de esto depende la producción total de huevos de toda la población (Csirke, 1980). En principio, parecería que la magnitud del reclutamiento podría estar gobernada por la cantidad de huevos producidos por la población desovante y que a más huevos producidos, más reclutas. Esto se cumple hasta cierto punto. En poblaciones que se encuentran en pleno crecimiento o que por algún motivo ocupan sólo una parte del ambiente que tienen disponible y se encuentran lejos de los niveles de saturación, es posible que los incrementos de la población desovante produzcan un incremento más o menos proporcional en el número de reclutas (Csirke, 1980). También debe considerarse que las fluctuaciones en el desove no es el único factor que determina las fluctuaciones del reclutamiento. El éxito de que una larva se alimente y crezca dentro de un reclutamiento y al mismo tiempo evite ser comida por depredadores, es un proceso complejo afectado por una variedad de factores ambientales (bióticos y abióticos) de tal manera que la tasa de

sobrevivencia podrá ser casi nula para una estación de desove y alta para otra (Sparre, 1989).

Bajo estas premisas y mediante el empleo del programa FLEFAN se obtuvo el modelo de reclutamiento presentado en la figura 25 y anexo VII, donde se observan dos grupos normalmente distribuidos aproximadamente, uno más marcado que el otro, que biológicamente pueden interpretarse como la existencia de dos eventos de reclutamiento por año; uno de mayor magnitud que se presenta de mayo a agosto y otro de menor duración de diciembre a enero, lo cual parece corresponder con las épocas de desove señaladas por diferentes autores (De Buen, 1940a; Solórzano, 1961; Rosas, 1976; Delegación de Pesca, 1982; Morelos, 1987; Rauda, 1987; Rojas et al., 1991) para *C. attenuatum*, *C. patzcuaro* y *C. grandocule*, que aunque variables entre sí, parecen coincidir en señalar una época de desove de febrero a junio y una probable de diciembre a enero. No obstante, son necesarios más estudios sobre aspectos reproductivos de estas especies ya que los existentes aún son muy variables e incompletos, es necesario contar con mayor información sobre la magnitud relativa de los desoves y el número de veces que éste ocurre por especie. De confirmarse éstas dos épocas de desove podría pensarse que los organismos que nacen de febrero a junio producen el pulso de reclutamiento marcado de mayo a agosto y los que nacen de diciembre a enero producen el segundo pulso; esto considerando que la edad de reclutamiento al territorio de pesca es 1.32 meses correspondiente a la talla mínima promedio encontrada por localidad de 2.07 cm y la edad de reclutamiento al arte de pesca de 2.13 meses correspondiente a la talla de 25 % de retención (3.73 cm). Estos criterios para establecer la edad de reclutamiento fueron empleados en virtud de que, como señala Ricker (1975), las clases anuales fuertes pueden variar de año en año y si no se conoce la variabilidad en el número de peces establecido a cada

edad, no siempre es fácil decidir que edad representa la primera edad de completo reclutamiento.

La alta explotación a que han estado sujetos el pescado blanco y la lobina en el Lago de Pátzcuaro reduciendo notablemente su abundancia, probablemente ha contribuido en el incremento del reclutamiento de los charales dado que éstas especies son importantes depredadores de los mismos.

El reflejo del patrón de reclutamiento señalado, se presenta en la figura 26 que muestra incrementos en la captura en los meses de febrero, mayo y julio. Este comportamiento no puede generalizarse ni extrapolarse para años posteriores dado que las fluctuaciones en el reclutamiento y por consiguiente en las capturas, ocurrirán como una respuesta más o menos inmediata a las condiciones imperantes durante o inmediatamente después del desove. Las fases prereclutas y el stock desovante muestran una alta sensibilidad ante los factores favorables o desfavorables del medio (Csirke, 1980).

Las poblaciones que se encuentran en sus niveles máximos de equilibrio suelen depender muy poco del reclutamiento para mantener este nivel que normalmente es el de saturación de la población y donde el crecimiento y el reclutamiento deben compensar solamente las pérdidas producidas por la mortalidad natural. Es en las poblaciones explotadas, especialmente en aquéllas que son fuertemente explotadas, donde las fluctuaciones del reclutamiento tienen un gran efecto sobre la dinámica de la población (Csirke, 1980). A juzgar por los resultados hasta aquí obtenidos, en 1988-1989 la población se encontraba cercana al máximo rendimiento sostenible, no obstante, actualmente ha entrado en una fase de gran explotación, por lo que el reclutamiento comienza a cobrar gran importancia. Por tanto, es recomendable comenzar a capturar información para la aplicación de

métodos tales como el de Ricker (1954, 1958: fide Csirke, 1980), Beverton y Holt (1957), Gracia (1991), que pese a la dificultad que ello representa y a las limitaciones que aún se tienen para evaluar al respecto, permiten obtener una estimación más adecuada a la realidad estableciendo para ello, una relación entre el stock desovante y el número de reclutas. Quizá el principal problema para el estudio del reclutamiento radica, además de la necesidad de conocer con detalle la estructura por edades de la población durante varios años, en la interpretación lógica que se haga de la relación parentela-progenie que se obtenga, pues detrás de los parámetros y la forma de las ecuaciones que describen los modelos antes mencionados, está toda una explicación sobre cómo se compensan los cambios internos de las poblaciones bajo diferentes circunstancias, tanto naturales como originadas por la explotación (Arreguín, 1986b). Es necesario considerar simultáneamente los factores bióticos y/o abióticos que pueden afectar el reclutamiento (Sparre, 1989). Dentro de estos modelos, se requiere tener más conocimientos biológicos sobre las causas de la mortalidad natural en el primer año de vida de los organismos (Sparre, 1989).

La mayoría de las especies parecen mantener un nivel de reclutamiento medio constante y esto constituye la motivación para la suposición de reclutamiento constante en la evaluación de poblaciones de peces. El hecho más sobresaliente es quizá que el reclutamiento muestra solo variaciones relativamente pequeñas alrededor de su nivel medio, existiendo una gran reducción en números del estadio de huevo hasta la madurez (Ursin, 1982 fide Sparre, 1989). Estudios realizados por Ursin (1982) y Rothschild (1986) sobre diversos stocks de peces mostraron que el reclutamiento usualmente involucra fluctuaciones año con año de 25% a 50% a partir de la media de un período largo (Beyer, 1989).

En este análisis se ha tratado de remarcar la importancia y necesidad de evaluar el reclutamiento para establecer la dinámica de una población de peces, a la vez que se ha intentado señalar las dificultades que ello implica; por lo que en este estudio, por la información disponible, se presenta sólo un patrón de reclutamiento. Un análisis específico al respecto es necesario.

Fig. 25 PATRON DE RECLUTAMIENTO ANUAL PRESENTADO  
POR EL GENERO *Chirostoma* DEL LAGO DE  
PATZCUARO

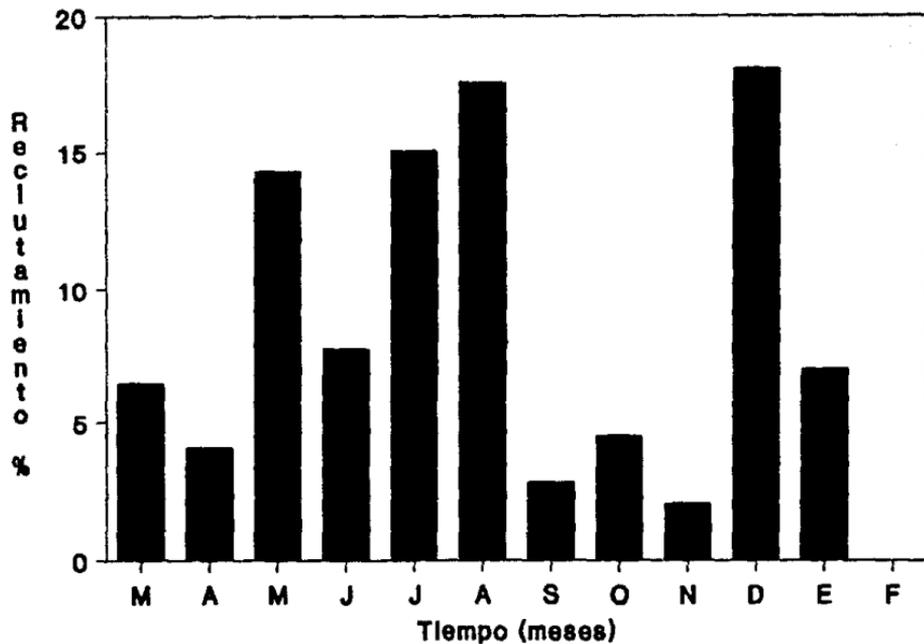
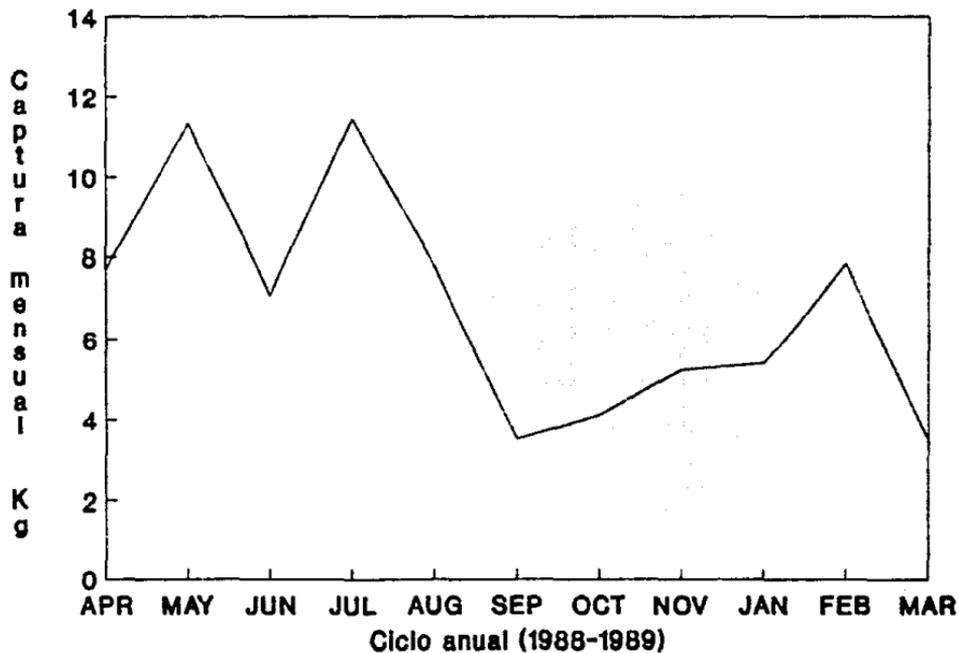


Fig. 26 CAPTURA MENSUAL DE CHARALES EN EL LAGO DE PATZCUARO DURANTE EL CICLO 1988-1989



## RENDIMIENTO POR RECLUTA.

El modelo de Beverton y Holt (1957) de rendimiento por recluta, cuya interpretación se refiere a la biomasa promedio que aporta cada individuo que se incorpora a la población susceptible de ser capturada, al ser aplicado en el presente estudio proporcionó la curva de rendimiento presentada en la figura 27, donde se puede apreciar que el rendimiento por recluta ( $Y/R$ ) aumenta con rapidez con los primeros incrementos de la mortalidad por pesca ( $F$ ), hasta llegar al máximo rendimiento sostenible de 1.169 gramos/recluta cuando  $F=0.574$  considerado como el valor óptimo ( $F_{msy}$ ). Luego comienza a disminuir lentamente conforme  $F$  se incrementa, acercándose a un valor límite de  $Y/R$  que resulta ser igual al peso promedio que tiene cada recluta cuando alcanza la talla a la primera captura (0.983 g). Para valores de  $F$  mayores de  $F_{msy}$  el rendimiento permanece casi igual durante un amplio intervalo de  $F$ . Por otra parte, la curva de biomasa por recluta ( $B/R$ ) que se refiere a la biomasa de peces de talla  $L_c$  y más viejos y que decrece conforme incrementa  $F$ , permite apreciar que la biomasa correspondiente al nivel óptimo de  $F$  es sólo 20 % de la biomasa del stock virgen (Anexo VIII). El modelo ilustra que la sobrepesca ocurre cuando el rendimiento total decrece conforme se incrementa el esfuerzo, mientras que un decremento en la biomasa es solo un signo de incremento pesquero no un signo de sobrepesca (Sparre, 1989).

El concepto de máximo rendimiento sostenible se refiere al número de organismos capturados que la naturaleza siempre repondrá; y es sostenible a rendimientos más altos sólo temporalmente por un súbito incremento de esfuerzo (Sparre, 1989). Más que una única producción máxima, un recurso dado pudiera tener varios rendimientos óptimos sostenibles, cuyas respectivas magnitudes dependen principalmente de las características y modalidades operativas del arte

de pesca utilizada, así como de la resultante composición por edad de la captura (Pauly, 1983). Toda población que es explotada y que se encuentra en equilibrio (cualquiera que sea el nivel de explotación) tiene un rendimiento sostenible y este rendimiento puede llegar hasta un máximo que se logra cuando la población y las capturas que se obtienen se estabilizan en un nivel que permiten a la población maximizar su capacidad innata de crecimiento. Lo cual equivale a ubicar a la población en un nivel donde su tamaño o su densidad y su estructura por edades le permite generar un reclutamiento y una velocidad de crecimiento máximos (Csrke, 1980). Aunque, como señalan García y Le Reste (1987), la misma noción de equilibrio inherente al máximo rendimiento sostenible es desafiada, ya que existen variaciones interanuales inevitables del reclutamiento y por lo tanto, de la producción.

El modelo de rendimiento por recluta ha sido uno de los elementos básicos para el establecimiento del régimen de pesca, especialmente por lo que se refiere a la determinación de tallas mínimas de captura y regulación de la intensidad de pesca (Arreguín, 1986b). En virtud de que  $F$  y  $L_c$  son los únicos parámetros que pueden ser controlados por el administrador pesquero, dado que el primero es proporcional al esfuerzo y la segunda está en función a la selectividad del arte de pesca, se procedió a realizar modelos de simulación con ambos parámetros.

El efecto de variar la talla de primera captura se ilustra en la figura 28, en donde se muestran las curvas de  $Y/R$  en función a  $F$  correspondientes a las tallas 3.71, 4.0, 4.66, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 y 7.0 cm observándose que conforme se incrementa la talla de primera captura se incrementa también el nivel de rendimiento máximo sostenible y el valor óptimo de  $F$ . En cada una de las curvas, se aprecia un rápido incremento en  $Y/R$  con los primeros incrementos en la mortalidad por pesca, esto se debe a que con cada incremento de  $F$  hay una menor parte de la biomasa total

que es removida por la mortalidad natural ya que los peces comienzan a ser tomados por la pesca antes que otras causas los maten. La reducción de  $Y/R$  que se aprecia a valores mayores de  $F$ , se debe a que si bien la pesca logra obtener más peces que la mortalidad natural, la misma pesca procede tan rápidamente, que no los deja crecer lo suficiente. Es evidente que si se aplican altas mortalidades por pesca con una talla de primera captura mayor, es decir, cuando los peces ya han crecido más, esta disminución no se produce o en todo caso no es tan marcada (Csirke, 1980). Por tanto, es recomendable incrementar el tamaño de malla de las redes, con lo que la talla de primera captura se incrementará proporcionalmente y por tanto el rendimiento por recluta; no obstante, este incremento tiene un límite. En la figura 29, se muestran curvas de  $Y/R$  en función a la talla de primera captura para diferentes tasas de mortalidad por pesca. En ellas se observa que si se comienza a capturar a los peces desde muy pequeños, cuando recién se han reclutado, el rendimiento por individuo es relativamente bajo. Esto debido al bajo peso promedio que tienen los peces a esta talla. Pero a medida que se va aumentando la talla a la primera captura el rendimiento por individuo también se va incrementando. Esto significa que se está aprovechando mejor la capacidad natural de incremento en peso de cada organismo, pero si se sigue aumentando la talla de primera captura llegará un momento en que el rendimiento por recluta comenzará a disminuir, luego de haber alcanzado su valor máximo. En esta parte  $Y/R$  disminuye debido a que a esas tallas ya el crecimiento es lento y es superado por la mortalidad natural que en este caso es la que se lleva la mayor parte de la población. A medida que  $L_c$  se aproxima a la talla máxima que puede alcanzar el organismo, el rendimiento por recluta disminuye hasta llegar a cero (Csirke, 1980).

Al combinar las figuras 28 y 29 se obtiene una proyección tridimensional como la presentada en la figura 30 que permite apreciar de una manera más clara e integral el rendimiento por recluta proporcionado por diferentes combinaciones entre la talla de primera captura y la mortalidad por pesca.

Una visión aún más clara de este modelo se obtiene de la proyección en un solo plano de la vista superior de la figura 30, que permite trazar líneas de contorno que unen valores iguales de rendimiento por recluta, dando por resultado un diagrama de isopletas de rendimiento. En la figura 31 se muestran las isopletas que representan rendimientos por recluta que van desde 0.900 hasta 1.400 g/recluta en función de diferentes tallas de primera captura y diferentes tasas de mortalidad por pesca.

Con los valores de  $Y/R$  máximos para cada talla de primera captura, se puede construir una curva llamada eumétrica (marcada en el diagrama como MSY) que permite encontrar el esfuerzo de pesca que deberá aplicarse en cada caso si se desea obtener un rendimiento máximo, o bien, si por las características de la actividad pesquera es posible mantener a  $F$  en un nivel más o menos constante, esta curva permite determinar la talla de primera captura que deberá establecerse para obtener un rendimiento óptimo. Por ejemplo para una intensidad de pesca equivalente a  $F=0.8$  se obtiene un valor máximo de  $Y/R$  de 1.274 g/recluta fijando la talla a la primera captura en 5.5 cm (Figura 31, Tabla 15). Si la actividad pesquera es equivalente a  $F=1.4$ , el  $Y/R$  máximo de 1.38 g/recluta se obtiene cuando  $L_c$  se establece a 6.5 cm y así sucesivamente. Comúnmente las estimaciones de talla de primera captura son más fáciles de obtener que las del esfuerzo y por lo tanto su disponibilidad permite actuar inversamente en el diagrama, por ejemplo, si se tiene una  $L_c$  de 4.0 cm el máximo rendimiento por recluta de 1.084 se alcanzará si se logra mantener a  $F$  con un valor de 0.46; si la

abertura de malla se amplía y la talla de primera captura se convierte en 7.0, la intensidad de pesca podrá mantenerse en 2.16 para obtener el máximo rendimiento por recluta de 1.419. Procediendo así fué posible ubicar la situación de la pesquería del género *Chirostoma* durante el ciclo anual 1988-1989 (marcada como P en la figura 31), en que se tenía una talla de primera captura de 4.66 cm y una tasa de mortalidad por pesca de 0.38, quedando ubicada en una posición anterior al máximo rendimiento sostenible, aún y cuando la mortalidad por pesca estuviera subestimada, lo que permitió corroborar la suposición que se había hecho en la sección de mortalidad de que se encontraba cercana al MSY. Por tanto, en esa época no se estaba explotando óptimamente la población y la intensidad de pesca pudo haberse incrementado hasta en un 50 %. Esta aseveración se refuerza por un diagnóstico que realizó Arreguín (1987) para las especies del Lago de Pátzcuaro con base en las estadísticas de captura de 1980 a 1985 mediante relaciones empíricas por la falta de datos; en el que señala que si los registros de captura reflejaran estrictamente las capturas provenientes de las poblaciones naturales de charal, indicarían que la pesquería estaba en franco desarrollo y en consecuencia existía una subutilización del recurso, esto llevaría a la conclusión directa de permitir el incremento de la intensidad de pesca sobre los charales. No obstante, los últimos registros de producción indican un decremento notable que abre la posibilidad de que actualmente se esté en riesgo de sobreexplotación. Para poder asegurar esto, es necesario disponer de una estimación de tasa de mortalidad por pesca y talla de primera captura actuales que permitan ubicar la posición actual de la pesquería. Desafortunadamente, ninguna de las dos estimaciones se tienen disponibles; sin embargo, por observación directa de las capturas que se extraen del lago con red agallera de alrededor de 1.6 cm de abertura de malla, se puede intuir que la talla de primera captura es alrededor de 6.5 cm. A pesar de que el uso de chinchorro ha sido restringido, la mayor captura

de charales se obtiene con este arte de pesca que produce una alta mortalidad en las tallas pequeñas. Dado que la abertura de malla no ha cambiado significativamente, la talla de primera captura para este caso podría considerarse alrededor de 5.0 cm. Bajo estas consideraciones puede decirse que la intensidad de pesca debe ser mayor de 1.4 para red agallera y mayor de 0.7 en el caso del chinchorro para que exista sobreexplotación. Es muy probable que este nivel ya se haya alcanzado para el chinchorro, por lo que es recomendable que su uso sea substituído por redes agalleras con una abertura de malla tal que permita fijar la talla de primera captura en 7.5 cm con lo que se lograría que una mayor proporción de la población desovara antes de ser capturada, asegurando con esto la recuperación de la población. Esta medida permitiría obtener un máximo rendimiento por recluta de 1.419 (g/recluta) si la tasa de mortalidad por pesca se mantiene en un valor de 2.16. Si por razones socio-políticas no es posible eliminar el chinchorro, se recomienda incrementar su abertura de malla a 2 cm para obtener una talla de primera captura de 7.5 cm según estudio realizado por Rodríguez (com. pers.). Es deseable definir algún nivel de mortalidad por pesca que esté a la izquierda de  $F_{máx}$  en la curva de rendimiento por recluta, el nivel definido como  $F_{0.1}$  ha sido considerado como una meta de manejo segura.  $F_{0.1}$  es el nivel en que los cambios en rendimiento por recluta con respecto a los cambios en la tasa de mortalidad es un décimo (1/10) de la tasa inicial de incremento con  $F$  para la pesquería a partir de la población virgen. Es un punto de referencia útil ya que empíricamente se ha visto que está cerca del nivel económico óptimo (Hoenig y Saita, 1984). De acuerdo con Gulland y Boerema (1973; vide García y Le Reste, 1987) este criterio permite una reducción de los costos para una pequeña pérdida de la captura total y un incremento del producto económico neto, así como una gran mejora del potencial reproductor. En la tabla 15 que concentra el rendimiento y la biomasa por recluta para diferentes tallas de primera captura y

diferentes tasas de mortalidad por pesca, se incluye esta estimación con su correspondiente rendimiento bajo el encabezado de  $F_{0,1}$  y  $Y/R_{F0,1}$  respectivamente.

Cierto es, que como menciona Arreguín (1986b), la ecuación expresada como rendimiento por recluta no tiene sentido en la práctica local, pues al pescador o al empresario le interesa conocer en un momento determinado el volumen potencial que podría explotar, pues ello representará sus posibles ingresos económicos. Este es un problema grave en la actualidad. Sin embargo, será también difícil resolverlo a corto plazo, pues habría que conocer con mucha precisión la magnitud del reclutamiento. Esta es una razón de más para la implementación de estudios sobre reclutamiento. No obstante, el modelo permite que el administrador pesquero pueda tomar decisiones referentes al establecimiento de aberturas de malla e intensidad de pesca.

De acuerdo con el régimen de pesca que se adopte, la población puede sufrir cambios mayores o menores en el número y biomasa total de sus integrantes, en su estructura por edad o por tamaños, en su velocidad de crecimiento e inclusive en su capacidad de reproducción (Csirke, 1980) por lo que es recomendable hacer uso de toda la información de que se disponga desde el punto de vista biológico, económico pesquero, social, etc. al momento de establecerlo. Asimismo, es indispensable monitorear continuamente a la población para verificar el efecto producido por tal régimen de pesca, lo que permitirá en un momento dado modificarlo si los resultados no están produciendo el efecto deseado.

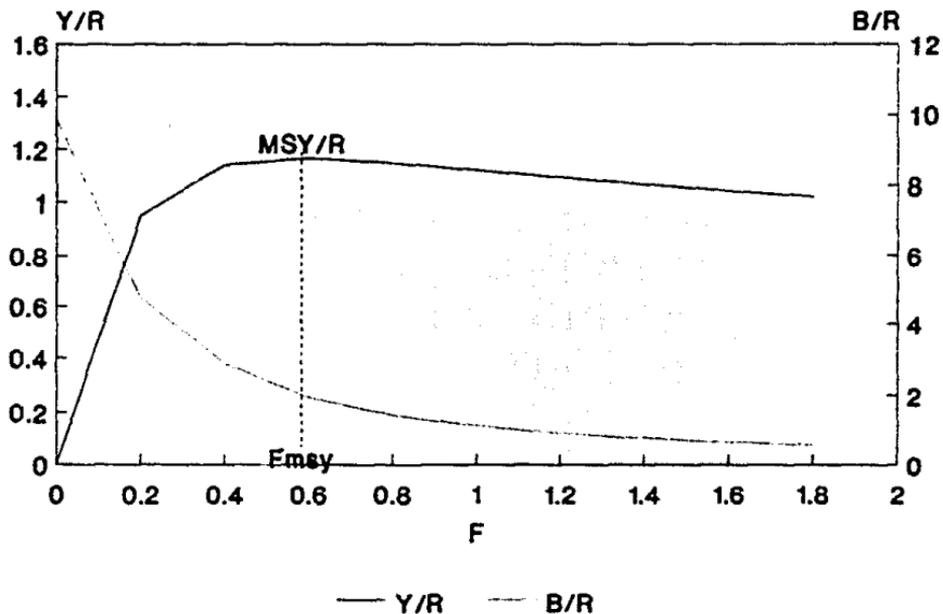
Para permitir una ordenación mejor adaptada, se debe igualmente poder expresar las consecuencias de una medida de ordenación, no sólo en términos de producción ponderal (absolutos o por recluta) sino también en términos

económicos: valor de la captura, costos, productos marginales, etc. (García y Le Reste, 1987), por tanto es recomendable complementar éste estudio con un análisis económico de la pesquería.

Es indispensable establecer un mecanismo que permita el acopio sistemático, continuo y fidedigno de información referente a capturas y esfuerzos que permitan la aplicación de modelos de producción general.

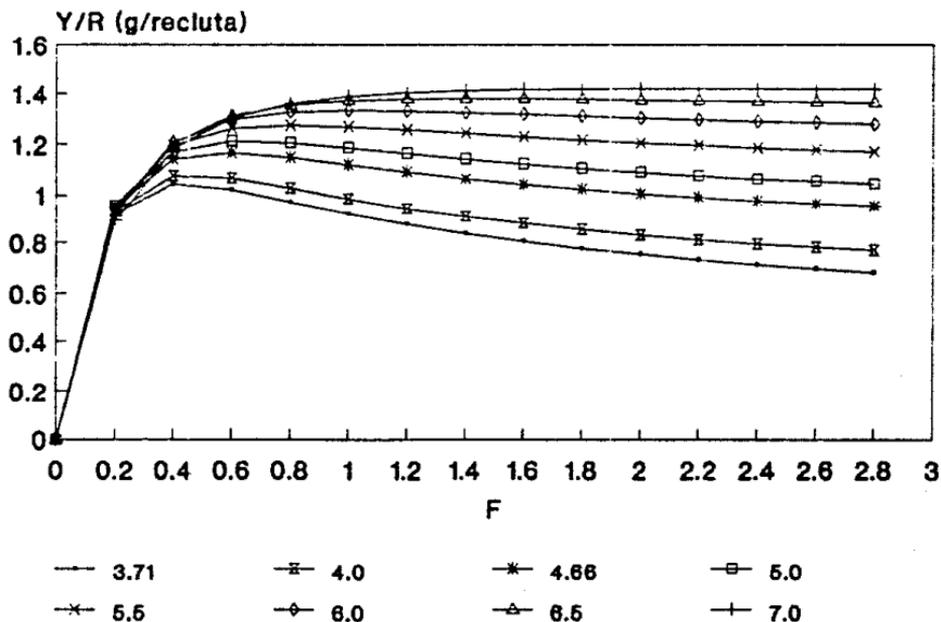
Una realidad palpable es la que señalan García y Le Reste (1987) acerca de que el desarrollo de la explotación de los recursos es generalmente más rápido que el del potencial investigador que tiene la misión de suministrar a los administradores con las bases científicas de una ordenación racional. Existe, por lo tanto, siempre el riesgo de que la información científica exacta, pero tardía, sólo permita un diagnóstico "post-mortem". Es preferible analizar un recurso desde el principio de su desarrollo sin esperar a que llegue a una situación de crisis.

Fig. 27 RENDIMIENTO Y BIOMASA POR RECLUTA DEL  
 GENERO *Chirostoma* EN FUNCION DE LA TASA  
 DE MORTALIDAD POR PESCA EN 1988-1989

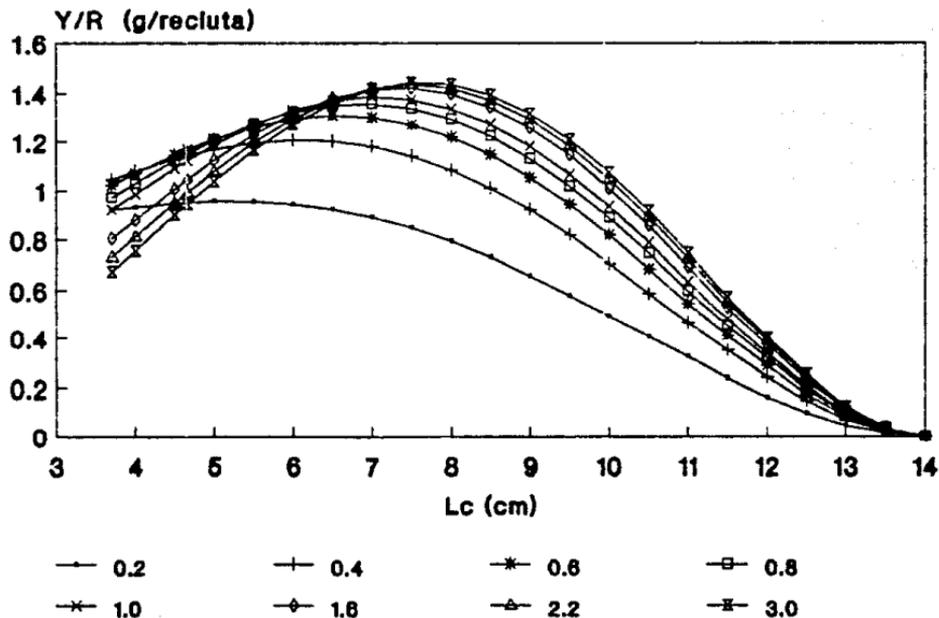


Lc=4.66 Fmsy=0.57 MSY/R=1.169

Fig. 28 CURVAS DE RENDIMIENTO POR RECLUTA EN  
 FUNCION A LA MORTALIDAD POR PESCA PARA  
 DIFERENTES TALLAS DE PRIMERA CAPTURA



**Fig. 29 CURVAS DE RENDIMIENTO POR RECLUTA EN  
FUNCION A LA TALLA DE PRIMERA CAPTURA  
PARA DIFERENTE MORTALIDAD POR PESCA**



**Fig. 30 RENDIMIENTO POR RECLUTA EN FUNCION A LA TALLA DE PRIMERA CAPTURA Y A LA TASA DE MORTALIDAD POR PESCA**

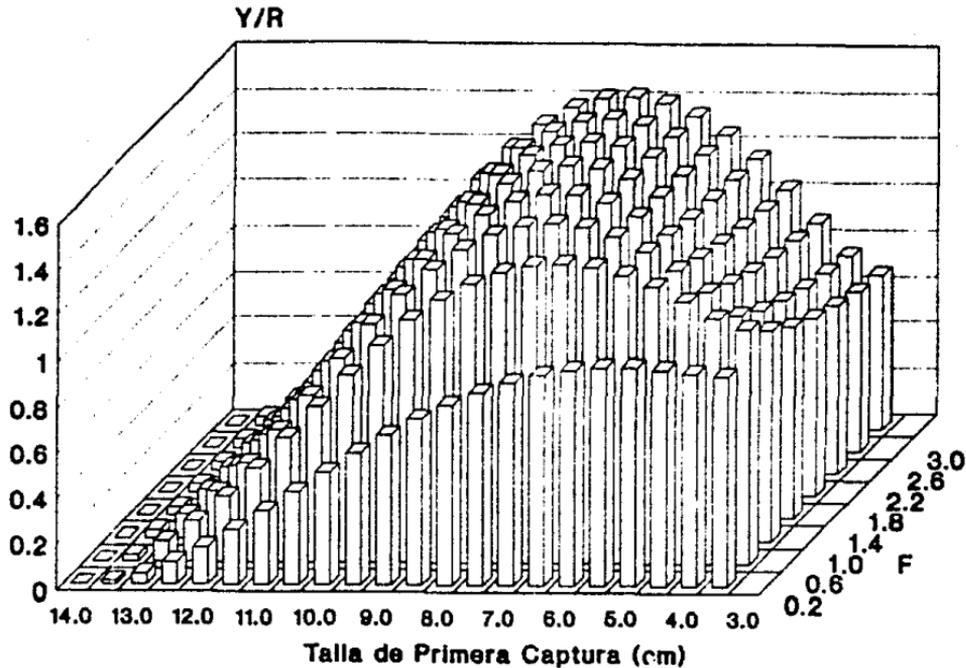
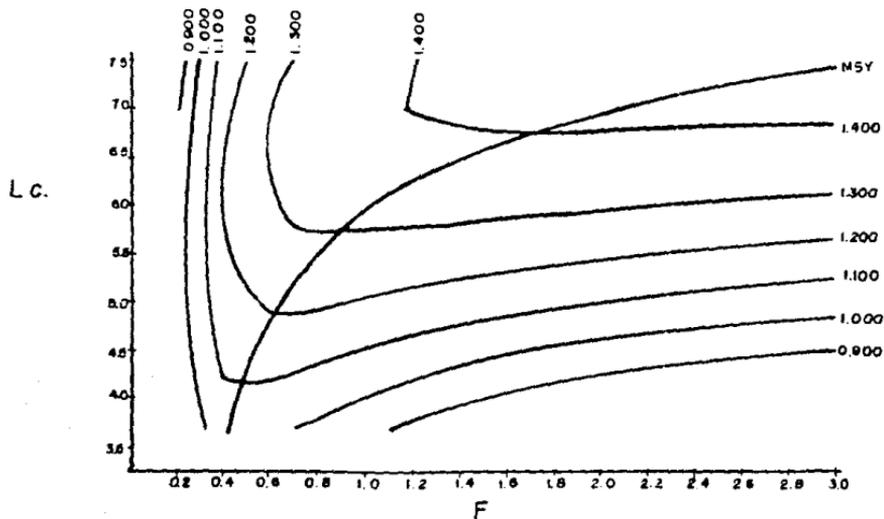


FIG.31 ISOPLETAS DE RENDIMIENTO PARA EL GENERO Chirostoma  
DEL LAGO DE PAZCUARO





## CONCLUSIONES.

1. Existe suficiente justificación para que las especies del género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro, que desde el punto de vista ecológico forman un grupo funcional y desde el punto de vista pesquero constituyen una sola pesquería, sean analizadas con fines de administración pesquera a nivel de género, y que las medidas administrativas a que sean sometidas se apliquen independientemente de las especies implicadas.

2. El análisis de la relación longitud-peso realizado por sexo y por localidad, demostró que las especies tienen un crecimiento isométrico independiente del sexo, con un factor de condición ligeramente mayor para los organismos que habitan la zona norte del lago.

3. Se determinó que el método de Gulland y Holt (1959) fué el más adecuado para estimar los parámetros de crecimiento del género *Chirostoma*, que al ser insertados en el modelo de Von Bertalanffy (1938) proporcionó las curvas de crecimiento expresadas en talla y peso, que permiten deducir que la talla máxima que pueden alcanzar estas especies es de 14.25 cm en dos años y medio creciendo a una tasa promedio de 0.179 cm/mes y el peso máximo que pueden alcanzar es de 27.9 g.

4. La curva de crecimiento esta determinada en gran medida por *C. humboldtianum* que crece más que todos los charales y por *C. grandocule* que es la especie más abundante.

5. El Análisis de Bhattacharya y el Análisis de Progresión Modal resultaron menos subjetivos al realizarse con el programa LEFA que con el ELFFAN. Se considera que éste último es un programa bastante útil cuando se tiene suficiente información biológica y en particular antecedentes acerca de los parámetros de

crecimiento. Mientras que el programa LFSA proporciona una estimación aceptable de estos parámetros si se dispone de una adecuada Progresión Modal, por lo que es recomendable este programa para cuando se desconocen muchos aspectos de la población en estudio.

6. La tasa de mortalidad total (0.80) obtenida por los diferentes métodos y que refleja la fracción de la población estable constante que podría morir durante un año si existe un balance entre el reclutamiento y la mortalidad; al ser separada en sus dos componentes, tasa de mortalidad por pesca (0.42) y tasa de mortalidad natural (0.38), permitió vislumbrar que durante este ciclo anual la mortalidad natural fué más importante que la mortalidad por pesca en el decremento de la población. Esta situación se manifiesta también cuando al realizar el análisis de rendimiento por recluta se observa que la población estaba siendo subexplotada y hubiera permitido un incremento en la intensidad de pesca hasta en un 50 %. Para la situación actual, podría pensarse que la mortalidad por pesca esta subestimada, dado que el esfuerzo pesquero evidentemente se ha incrementado, por lo que se recomienda evaluar continuamente este parámetro.

7. En la estimación de la mortalidad natural se encontraron varias limitantes para la aplicación de otros métodos, principalmente por la falta de información, por lo que es recomendable incursionar en estudios sobre este parámetro que es tan difícil de evaluar por la gran cantidad de factores de que depende.

8. La tasa de explotación obtenida (0.475) muestra que la población se encontraba en franco desarrollo, en una posición anterior al Máximo Rendimiento Sostenible, como se demostró con el análisis de rendimiento. No obstante, a pesar de que durante el ciclo anual 1988-1989 no existía una fuerte presión de pesca, se estaba capturando con una malla pequeña (0.7 cm) que incidía en organismos muy

pequeños (3.73 - 5.45 cm) como se demostró en el análisis de selectividad, no dando con esto oportunidad a una gran parte de la población de realizar su primer desove, con lo que su recuperación se ve alterada. Esto también se manifiesta en la estimación de la tasa de mortalidad por pesca, por grupo de talla, donde se hace evidente la baja incidencia sobre las tallas mayores, lo que habla de una inadecuada explotación, así como la baja proporción (20%) de biomasa por recluta obtenida en relación al stock virgen. La utilización de la misma tecnología de captura a través de éstos últimos años ha contribuido al decremento de la población.

9. A pesar de la existencia de redes agalleras para la pesca de este recurso, el chinchorro sigue siendo la red de preferencia. Se propone la completa sustitución de éste por red agallera con una abertura de malla tal, que permita la captura de organismos mayores de 7.5 cm y mantener la tasa de mortalidad por pesca alrededor de 2.16 a fin de lograr un rendimiento óptimo de 1.419 g/recluta; o bien, incrementar la abertura de malla del chinchorro a 2 cm. Para la determinación del tamaño de malla es necesario la realización de un estudio de selectividad específico para red agallera.

10. Respecto al tamaño de la población estimada a través del análisis de cohortes, sólo como referencia puede emplearse el valor obtenido en porcentaje, dado que no se cumplen estrictamente los supuestos del modelo. Este análisis puede mejorarse si se dispone de registros de captura total por grupo de talla de varios años y si la tasa de mortalidad por pesca constituye una parte importante en el decremento de la población.

11. Pueden presentarse dos eventos de reclutamiento al año, uno de mayor magnitud de mayo a agosto y otro de menor duración de diciembre a enero. Es

probable que este comportamiento cambie de acuerdo con cada especie. Por la importancia que tiene este parámetro en la dinámica de la población, es recomendable realizar un estudio en detalle al respecto.

12. Dadas las características ecológicas de las especies del género *Chirostoma* que ponen en relieve su comportamiento como grupo funcional y el aprovechamiento que de ellas se hace como recurso pesquero cuya explotación incide a nivel de grupo; resulta ventajoso desde un punto de vista práctico, manejarlas como una unidad biológica, respondiendo de esta manera a la necesidad de adecuar y regular su explotación. El análisis a nivel de especie permitirá afinar los valores y realizar los ajustes pertinentes a las estimaciones de los parámetros aquí obtenidos. No obstante, se propone que el manejo de la pesquería sea a nivel de grupo funcional.

13. En la evaluación de recursos pesqueros en explotación, es alto el riesgo de proporcionar información tardía acerca de la situación que guardan los recursos. Es recomendable atenderlos a la brevedad posible apoyándose en la información disponible, antes de que su situación se vuelva crítica e improductiva. En el caso de la pesquería de charales se está aún a tiempo de evitar la explotación inadecuada. Este trabajo pretende contribuir a su regulación proporcionando algunos parámetros básicos de la población y señalando las sugerencias que por la información disponible fué posible establecer. Para poder manejar adecuadamente este recurso, es indispensable que exista una coordinación entre todas las instituciones interesadas a fin de priorizar la investigación y evitar duplicidad, así como establecer un sistema de monitoreo continuo y sistemático que proporcione estadísticas de pesca confiables. Estos requerimientos no son privativos de esta pesquería y deberían extrapolarse a todos los recursos.

## LITERATURA CITADA.

- ALAYE R. N. 1988. Taxonomía de especies del género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro, tallas grandes (Pescado blanco). En: SEPESCA, 1988. Informe de Labores 1986-1988 del Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Mich. Instituto Nacional de la Pesca. 106-108 pp.
- ALVAREZ, J. 1950. Claves para la determinación de especies en los peces de aguas continentales mexicanas. Srfia. de Marina, Dir. Gral. de Pesca e Ind. Conex. México 136 pp.
- ALVAREZ, J. 1970. Peces mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. México. Serie Inv. Pesq. No. 1:1-166pp.
- ARMIJO, A. y L. SASSO. 1976. Observaciones preliminares en acuarios sobre incubación y alevinaje de Aterfnidos (*Chirostoma spp.*) del Lago de Pátzcuaro. Conferencia Técnica de la FAO sobre Acuicultura. Kyoto, Japón. 1-7 pp.
- ARREGUIN, S. F. 1986a. Evaluación de recursos pesqueros. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida. México. Manuscrito. 95 p.
- ARREGUIN, S. F. 1986b. Manual de técnicas para la evaluación de recursos pesqueros. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida. México. Manuscrito. 53 p.
- ARREGUIN, S. F. 1987. Sobre el estado actual de la explotación de los recursos pesqueros del Lago de Pátzcuaro y la Presa Adolfo López Mateos. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida. México. Manuscrito. 12 p.
- BAGENAL, T. 1978. Methods for assessment of fish production in freshwater. Blackwell, Scientific Publication. London. 365 pp.
- BARBOUR, C. D. 1973. The systematics and evolution of the Genus *Chirostoma*, Swainson (Pisces:Atherinidae). Tulane Studies in Zoology and Botany. Vol. 18, No.3 97-143 pp.
- BEVERTON, R. J. and S. J. HOLT. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations with special reference to sources of bias in catch sampling. In: Pauly, 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish. Tech. Paper (234):52 pp.
- BEVERTON, R. J. and S. J. HOLT. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. In: Erzini, et al. 1989. Microcomputer application in fisheries. Inst. Tec. y de Est. Sup. de Monterrey (ITESM) Campus Guaymas, Sonora. México. Manuscrito. 150 p.

- BEYER, E. J. 1989. Recruitment stability and survival simple size specific theory with examples from the early life dynamics of marine fish. Dana, Vol.7. 45-147pp.
- BHATTACHARYA, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. In: Sparre, et al. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment, Part. I. Manual FAO. Fish. Tech. Paper (306):337 pp.
- CHACON, T. A. 1990. El uso de sensores remotos en investigaciones limnológicas para el manejo de lagos, la evaluación pesquera y la acuicultura. Taller sobre la Problemática Biológico Pesquera del Lago de Pátzcuaro, Mich. 20-21 de Septiembre. INP. inédito.
- CHACON, T., R. PEREZ y E. MUZQUIZ. 1991. Síntesis limnológica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Escuela de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. 48 pp.
- CSIRKE, B. J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Doc. Téc. Pesca (192):82 pp.
- CUSHING, D. H. 1981. Fisheries Biology. A study in population dynamics. Second edition. University of Wisconsin Press. USA. 295 pp.
- DE BUEN, F. 1940a. Pescado blanco, chacuami y charari del Lago de Pátzcuaro. Trabajos de la estación Limnológica de Pátzcuaro, Mich. 1:1-24 p.
- DE BUEN, F. 1940b. Huevos, larvas, crías y jóvenes de *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro. Trabajos de la estación Limnológica de Pátzcuaro, Mich. 3:1-14.
- DE BUEN, F. 1944. Los lagos Michoacanos. II Pátzcuaro. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 5(1-2):99-155.
- DE BUEN, F. 1945. Investigaciones sobre Ictiología mexicana Atherinidae en aguas continentales de México. Anales del Inst. de Biol. México. 16(2):475-532.
- DELG. FED. DE PESCA Y SRIA. DE FOMENTO RURAL. 1982. Estudio Limnológico-Pesquero realizado en el Lago de Pátzcuaro. Informe Técnico del 17 al 20 de marzo. Delg. Fed. de Pesca en Michoacán, México. 13 p.
- ERZINI, K and M. CASTRO. 1989. Microcomputer application in fisheries. Inst. Tec. y de Est. Sup. de Monterrey (ITESM) Campus Guaymas. Guaymas, Sonora. México. Manuscrito. 150 p.
- FLORES, R. L. 1985. Contribución al conocimiento de la biología de las hembras del charal *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) Peces: Atherinidae, Embalse Huapango, Edo. de México. Tesis. Esc. Nal. de Ciencias Biológicas. IPN. 49 p.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Inst. de Geografía, UNAM. México. 77 pp.

- GARCIA, M. E. 1976. Pescado blanco y charal nacidos en México. Pisces. Rev. de Piscicultura 1-4 pp.
- GARCIA, O. R. 1990. Relaciones alimenticias entre cuatro especies simpátricas de peces de la familia Atherinidae en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis UMSNH. 82 pp.
- GARCIA, S. y L. L. E. RESTE. 1987. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones pencidos costeros. FAO, Documentos Técnicos de Pesca (203):179 p.
- GAYANILO, F. C. et al. 1988. A draft guide to the COMPLETE ELEFAN. ICLARM Software Project 2:65 pp. and 10 diskettes (5.25 inch. 360 K).
- GRACIA, G. A. 1989. Mortalidad natural del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en la Sonda de Campeche. Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México, 16(2):263-272.
- GRACIA, G. A. 1991. Spawning Stock-Recruitment relationships of white shrimp in the Southwestern Gulf of Mexico. American Fisheries Society 120:519-527.
- GULLAND, J. A. and S. J. HOLT. 1959. Estimation of growth parameters for data of unequal time intervals. J. Cons. CIEM, 25(1):47 p.
- HERRERA, F. 1979. Características y manejo del Lago de Pátzcuaro, Mich. Tesis Lic. Fac. Ciencias. UNAM. 82 pp.
- HOENIG, M. J. y S. B. SALLA. 1984. Guía de aprendizaje programado para administradores pesqueros sobre los fundamentos de la evaluación de poblaciones. FAO Circulares de Pesca (762):109 pp.
- HUBBS C. L. 1955. Hybridization between fish species in Nature. Systematic Zool. 4:1-20 pp.
- JONES, R. and N. P. VAN ZALINGE. 1981. Estimates of Mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. Kuwait Bull. Mar. Sci. 2:273-288.
- JONES, R. 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO Fish. Tech. Paper (256):118 p.
- JORDAN, D. F. and B. W. EVERMANN. 1895. A checklist of the fishes and fish like vertebrates of North and Middle America. Rep. U.S. Fish Comm. 21:209-584.
- JORDAN, D. F. and C. L. HUBBS. 1919. A monographic review of the family Atherinidae or Silversides. Stanford Univ. Publ. Univ. Ser. 87 pp.
- LARA, V. A. 1981. Introducción de nuevas especies al Lago de Pátzcuaro y su posible perjuicio a las especies nativas. II Simposio Latino Americano de Acuicultura. Srfa. de Pesca. México. 489-523 pp.

- LEDESMA A. P. C. 1990. Análisis de fases ontogénicas primarias y reconocimiento del híbrido obtenido por fecundación artificial entre *Chirostoma attenuatum* y *Chirostoma patzcuaro* (Pisces:Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. México. Tesis Profesional. Esc. de Biología. U.M.S.N.H. 91 pp.
- LIZARRAGA Y. y TAMAYO P. 1988. Análisis de la Producción Pesquera del Lago de Pátzcuaro período 1980-1987. En: SEPESCA, 1988. Informe de Labores 1986-1988 del Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Mich. Instituto Nacional de la Pesca. 49-70 p.
- MARTIN DEL CAMPO, R. 1940. Los vertebrados de Pátzcuaro. Anales del Instituto de Biología. 11(2):481-492 p.
- MEEK, S. E. 1904. The freshwater fishes of Mexico North of the Isthmus of Tehuantepec. Field. Col. Jus. Pub. (zool) 5:1-252 p.
- MESTRE, et al. 1991. Evaluación de las técnicas de recuperación de áreas degradadas en la cuenca del Lago de Pátzcuaro, Mich. Revista Michoacán Forestal. Grupo de Difusión de la Asociación Mexicana de Profesionales Forestales. Año 1, No. 2. Julio-Agosto. 27-35 pp.
- MORELOS, M. 1987. Contribución al conocimiento de la biología del "charal prieto", *Chirostoma attenuatum*, Meek 1902 (Pisces:Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. Tesis Lic. U.M.S.N.H. 110 p.
- MUNRO, S. L. and D. PAULY. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM. Fishbyte 1(1):5-6 p.
- OSEGUERA, F.L. 1990. Caracterización morfológica de estadios embrionarios y juveniles de *Ch. grandocule* Steindachner (1896) y verificación del híbrido con *Ch. attenuatum* Meek (1902) del Lago de Pátzcuaro, Mich. Tesis Lic. U.M.S.N.H. 108 p.
- PAULY, D. and N. DAVID. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. Meeresforschung, 28(4):205-211 p.
- PAULY, D. and J. INGLES. 1982. ELEFAN II User's instruction and program listing (Rev. 3). Mimeo. 26 p.
- PAULY, D 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stock. FAO Fish. Tech. Paper (234):52 pp.
- PAULY, D. 1984. Length converted catch curves. A powerful tool for Fisheries Research in the Tropics. In: Sparre, et al. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part. 1. Manual FAO. Fish. Tech. Paper (306):337 pp.

- PEREZ, H. 1987. Contribución al conocimiento de la hibridación natural entre *Chirostoma estor*, Jordan 1879 vs *Chirostoma grandocule* Steindachner 1894 (Pisces:Atherinidae) en el lago de Pátzcuaro, Mich. México. Tesis Lic. U.M.S.N.H. 47 p.
- RAUDA, J. 1987. Contribución al conocimiento de la biología pesquera del charal pinto *Chirostoma patzcuaro*, Meek 1902 (Pisces:Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro. Tesis Lic. U.M.S.N.H. 77 p.
- REGAN, C. T. 1906. Pisces. In: Biología Centrali-Americana 8:1-203 p.
- RIKHTER, V. A. and V. E. EFANOV. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc. 76/VI/8:12 p.
- RICKER, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board. Can. (191):382 pp.
- ROJAS, P., L. JIMENEZ, P. TOLEDO y G. MARES. 1991. Estimación de los parámetros de crecimiento y ciclo de madurez gonádic del charal blanco *Chirostoma grandocule* STEINDACHNER 1894 (Pisces:Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. En Prensa.
- ROSAS, M. 1976. Peces dulceacuñolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Srta de Ind. y Com. México. 135 p.
- SEPESCA, 1988. Informe de Labores 1986-1988 del Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Mich. Instituto Nacional de la Pesca. 131 pp.
- SOLOZANO, A. 1961. Contribución al conocimiento de la biología del charal pinto del Lago de Pátzcuaro (*Chirostoma bartoni*, Jordan y Evermann 1896). Srta. de Ind. y Com. Dir. Gral. de Pesca e Ind. Conex. México. 15 p.
- SPARRE, P. 1987. Computer programs for fish stock assessment length-based fish stock assessment for Apple II computers. FAO Fish. Tech. Paper (101) Suppl. 2:218 p.
- SPARRE, P. et al. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part. I. Manual FAO Fish. Tech. Paper (306):337 pp.
- TELLIEZ, P. A. 1983. Contribución al conocimiento de la biología de los machos del charal *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) del embalse Huapango, Edo. de México. Tesis. Esc. Nal. de Ciencias Biológicas. IPN. 36 p.
- TOLEDO, M. et al. 1980. Los purepechas de Pátzcuaro: una aproximación ecológica. América Indígena. 11(1):17-55 p.
- TOLEDO, P. 1988. Foraging by largemouth bass (*Micropterus salmoides*) on Atherinidae (*Chirostoma* spp.) in Lake Patzcuaro, Mich. México. Thesis. University of Michigan. 53 pp.

- VON BERTALANFFY, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. In: Arreguin, 1986. Evaluación de Recursos Pesqueros, CINVESTAV Unidad Mérida. IPN, México. Manuscrito. 95 p.
- WALFORD, L. A. 1946. A new graphical methods of describing the growth of animals. In: Ricker, 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board, Can. (191):382 pp.
- WETHERALL, J. A., J. J. POLOVINA and S. RALSTON. 1987. Estimating growth and mortality in steady state fish stocks from length-frequency data. In: Sparre, et al. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment, Part. 1. Manual FAO. Fish. Tech. Paper (306):337 pp.

## AGRADECIMIENTOS

**Al Dr. Adolfo Gracia Gasca por la acertada conducción y dirección del presente trabajo así como por brindarme sus conocimientos y amistad incondicional.**

**A los miembros del jurado de Tesis Dr. Virgilio Arenas Fuentes, Dr. Adolfo Gracia Gasca, Dr. David Salas de León, M. en C. Ramiro Román Contreras y M. en C. Concepción Rodríguez de la Cruz, por la revisión crítica del manuscrito y sus acertados comentarios y sugerencias.**

**A la M. en C. Araceli Orbe Mendoza directora del Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Michoacán perteneciente al Instituto Nacional de la Pesca, y a sus autoridades, por el apoyo y las facilidades otorgadas para la realización de éste trabajo.**

**A la Biól. Patricia Rojas Carrillo, Biól. Georgina Mares Baez y M. en C. Patricia Toledo Dfáz por facilitar el material biológico para la realización de éste trabajo.**

**A los técnicos Froylán León Juárez y Benigno Valentín Francisco por el apoyo brindado en el trabajo de campo.**

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico otorgado.**

**A la IBR Evelia Rodríguez Carrillo por su apoyo y amistad incondicional.**

## ANEXO I

## METODOS EMPLEADOS EN LA ESTIMACION DE PARAMETROS DE CRECIMIENTO.

## ANALISIS DE BHATTACHARYA (1967)

$$\ln N = a + b(X + dL/2)$$

$$\ln N = \ln N(X + dL/2, X + 3dL/2) - \ln N(X - dL/2, X + dL/2)$$

$$X_m = -a/b \quad S = \text{sqr}(-dL/b)$$

$$\ln N1c = a + b(X + dL/2)$$

$$\ln N1c = \ln N1 + \ln N1c$$

$$N1c = e^{(\ln N1c)}$$

$$N2+ = N1 + \cdot N1c$$

Donde:

$[X - dL/2, X + dL/2]$  = Grupo de talla

dL = Tamaño del intervalo

X = Punto medio del intervalo

$X + dL/2$  = Límite superior del intervalo

N = Frecuencia de organismos en un determinado grupo de talla

S = Desviación estándar

$X_m$  = Talla media del cohorte

N1c = Número de organismos calculado

N1+ = Número de organismos después de separar el cohorte 1

N2+ = Número de organismos después de separar el cohorte 2

## INDICE DE SEPARACION HASSELBLAD (1966)

$$I = [L(a+1) - L(a)] / [(S(a+1) + S(a))/2]$$

Donde:

L = Talla media

S = Desviación estándar

a = No. de cohorte

## GULLAND Y HOLT (1959)

$$Y(t_1, t_2) = a + b \cdot X(t_1, t_2)$$

$$Y(t_1, t_2) = [Lm(t_2) - Lm(t_1)] / t_2 - t_1$$

$$X(t_1, t_2) = [Lm(t_1) + Lm(t_2)] / 2$$

$$K = -b \quad L_{\infty} = -a/b$$

Donde:

$Lm(t_1)$  y  $Lm(t_2)$  = Tallas medias consecutivas de componentes asignados al mismo cohorte  
 $t_1$  y  $t_2$  = Fechas de muestreo correspondientes  
 $K$  = Parámetro de curvatura  
 $L_{\infty}$  = Talla máxima asintótica

Límites de confianza del 95%

$$a \pm s_a \cdot t(n-2) \quad b \pm s_b \cdot t(n-2)$$

$$s_b^2 = [1/(n-2)] \cdot [(sy/sx)^2 - b^2]$$

$$s_a^2 = s_b^2 \cdot [(n-1/n) \cdot s_x^2 + x^2]$$

## FORD-WALFORD (1933, 1946)

$$L(t+dt) = a + b \cdot L(t)$$

$$K = -1/dt \cdot \ln b \quad L_{\infty} = a/1-b$$

Donde:

$L(t+dt)$  y  $L(t)$  = Tallas consecutivas al tiempo  $t$  y  $dt$  cuando  $dt$  es constante  
 $dt = (t_2 - t_1)$  = Incremento de tiempo

## MODIFICADO DE WETHERALL, POLOVINA Y RALSTON (1987)

$$L \cdot L' = a + b \cdot L'$$

$$Z/K = -(1+b)/b \quad L_{\infty} = -a/b$$

Donde:

$L$  = Talla media de los peces más grandes que  $L'$   
 $L'$  = Alguna talla para la cual todos los peces de esta talla y más grandes están bajo completa explotación

#### VON BERTALANFFY (1934)

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

Donde:

$L(t)$  = Longitud del pez a la edad  $t$   
 $L_{\infty}$  = Talla máxima asintótica  
 $K$  = Parámetro de curvatura  
 $t_0$  = Parámetro de condición inicial  
 $t$  = Edad del pez

#### VON BERTALANFFY INVERTIDA (1934)

$$t_0 = t_1 + 1/K * \ln(1 - L(t_1)/L_{\infty})$$

#### $\phi'$ DE MUNRO (1984)

$$\phi = \ln K + 2 * \ln L_{\infty}$$

Donde:

$L_{\infty}$  = Talla máxima asintótica  
 $K$  = Parámetro de curvatura

## ANEXO II

## METODOS EMPLEADOS EN LA ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE MORTALIDAD.

## CURVA DE CAPTURA LINEARIZADA.

$$\ln C(L_1, L_2) / dt(L_1, L_2) = a - b((t(L_1) + t(L_2)) / 2)$$

$$dt = t(L_2) - t(L_1) = 1/K \cdot \ln(L_{\infty} - L_1) / (L_{\infty} - L_2)$$

$$X = (t(L_1) + t(L_2)) / 2 = t_0 - 1/K \cdot \ln(1 - (L_1 + L_2) / 2L_{\infty})$$

$$Y = \ln C(L_1, L_2) / dt(L_1, L_2)$$

$$b = -Z$$

Donde:

$C(L_1, L_2)$  = Número de organismos capturados que pertenecen al intervalo de talla  $L_1, L_2$

$dt$  = Tiempo que toma para crecer de  $L_1$  a  $L_2$

$X$  = Edad media de los peces que se encuentran en el intervalo  $L_1, L_2$

$Z$  = Tasa de Mortalidad Total

$a$  = Ordenada al origen

$L_{\infty}, K, t_0$  = Parámetros de crecimiento

## METODO DE JONES Y VAN ZALINGE (1981)

$$\ln(C(L, L_{\infty})) = a + Z/K \cdot \ln(L_{\infty} - L)$$

$$a = d - Z \cdot t_0 - Z/K \cdot \ln L_{\infty}$$

$$d = \ln(N(tr)F/Z) + Z \cdot tr = \text{constante}$$

$$b = Z/K \quad Z = b \cdot K$$

Donde:

$C(L, L_{\infty})$  = Captura acumulada

$L_{\infty}, K, t_0$  = Parámetros de crecimiento

$a$  = Ordenada al origen

$Z$  = Tasa de Mortalidad Total

$N(tr)$  = Número de reclutas

$tr$  = Edad de reclutamiento

## ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE SELECCION

$$Y(j) = S_1 - S_2 \cdot X(j)$$

$$X(j) = t$$

$$Y(j) = \ln\left(\frac{1}{q(j)} - 1\right)$$

$$q(j) = C(j) / (e^{(a-Z) \cdot X(j)} \cdot dt(j))$$

$$a_{50\%} = -S_1/S_2$$

$$a_{75\%} = a_{50\%} - \ln(3)/S_2$$

$$a_{25\%} = (\ln 3 - S_1)/S_2$$

$$L_{50\%} = L_{\infty}(1 - e^{-K \cdot (a_{50\%} - t_0)})$$

$$L_{75\%} = L_{\infty}(1 - e^{-K \cdot (a_{75\%} - t_0)})$$

$$L_{25\%} = L_{\infty}(1 - e^{-K \cdot (a_{25\%} - t_0)})$$

$$S(t) = 1 / (1 + e^{(S_1 - S_2 \cdot t)})$$

Donde:

$S_1, S_2$  = Parámetros de selección, ordenada al origen y pendiente respectivamente

$X(j)$  = Edad relativa del intervalo  $j$

$C(j)$  = Captura para el intervalo de tallas cuyo índice es  $j$ .

$a, Z$  = Ordenada al origen y pendiente de la Curva de Captura

$a_{25\%}, a_{75\%}$  = Edad de 25% y 50% de captura

$a_{50\%}$  = Edad de primera captura

$L_{25\%}, L_{75\%}$  = Talla de 25% y 50% de captura

$L_{50\%}$  = Talla de primera captura

$L_{\infty}, K, t_0$  = Parámetros de crecimiento

$S(t)$  = Fracción de organismos retenida por la red

## BEVERTON Y HOLT (1956)

$$Z = K \cdot (L_{\infty} - L_m) / (L_m \cdot L')$$

Donde:

$Z$  = Tasa de Mortalidad Total

$L_{\infty}, K$  = Parámetros de crecimiento

$L'$  = Alguna talla para la cual todos los peces de esa talla y más grandes están bajo completa explotación.

$L_m$  = Talla promedio de los peces de talla  $L'$  y más grandes

## FORMULA EMPIRICA DE PAULY (1983)

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \cdot \log l_{00} + 0.6543 \cdot \log K + 0.4634 \cdot \log T$$

Donde:

M = Tasa de Mortalidad Natural  
 $l_{00}$ , K = Parámetros de crecimiento  
 T = Temperatura promedio anual de la localidad en estudio (°C)

RIKHTER Y EFANOV (1976)

$$M = 1.521 / (tm_{50})^{0.720} - 0.155$$

Donde:

M = Tasa de Mortalidad Natural  
 $tm_{50}$  = Edad a la cual el 50 % de la población es madura reproductivamente

HOENIG Y SAILA (1984)

$$N_t = N_0 e^{-Zt}$$

$$S = e^{-Z}$$

$$A = 1 - S \quad A = U + V = 1 - e^{-Z}$$

$$U = F/Z \cdot (1 - e^{-Z})$$

$$V = M/Z \cdot (1 - e^{-Z})$$

$$Z = M + F \quad F = Z \cdot M$$

$$E = F / (F + M)$$

Donde:

$N_t$  = Número de organismos sobrevivientes al tiempo t  
 $N_0$  = Número de organismos inicial  
 Z = Tasa de Mortalidad Total  
 S = Tasa de Supervivencia Anual  
 A = Tasa de Mortalidad Anual  
 U = Tasa anual de explotación  
 V = Tasa anual de muertes naturales  
 M = Tasa de mortalidad natural  
 F = Tasa de mortalidad por pesca  
 E = Tasa de Explotación

## ANEXO III

FORMULAS EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE COHORTES DE JONES  
(1984) BASADO EN TALLAS.

$$t(L_1) = t_0 - 1/K * \ln(1 - L_1/L_{\infty})$$

$$dt = t(L_2) - t(L_1) = 1/K * \ln[(1 - L_1/L_{\infty}) / (1 - L_2/L_{\infty})]$$

$$X(L_1, L_2) = [(1 - L_1/L_{\infty}) / (1 - L_2/L_{\infty})]^{M/2K}$$

$$N(\text{último grupo}) = C(\text{último grupo}) / (F/Z)$$

$$N(L_1) = \{N(L_2) * X(L_1, L_2) + C(L_1, L_2)\} * X(L_1, L_2)$$

$$F/Z = C(L_1, L_2) / (N(L_1) - N(L_2))$$

$$F(L_1, L_2) = M * E(L_1, L_2) / (1 - E(L_1, L_2))$$

$$Z = F + M$$

$$Nm(L_1, L_2) * d_t = (N(L_1) - N(L_2)) / Z$$

$$B(L_1, L_2) * d_t = N(L_1, L_2) * d_t * W(L_1, L_2)$$

$$W(L_1, L_2) = a * (L_1^b + L_2^b) / 2$$

$$R = W(L_1, L_2) * C(L_1, L_2)$$

Donde:

- $t(L_1)$  = Edad relativa de la talla  $L_1$
- $L_{\infty}, K, t_0$  = Parámetros de crecimiento
- $d_t$  = Tiempo que toma para crecer de  $L_1$  a  $L_2$
- $(L_1, L_2)$  = (límite inferior, límite superior) de un grupo de talla
- $X(L_1, L_2)$  = {Fracción de  $N(L_1)$  que sobrevive a la mortalidad natural durante el período de tiempo de  $t(L_1)$  a  $t(L_1 + dt/2)$ }-1
- $M$  = Tasa de Mortalidad Natural
- $N(L_1)$  = No. de stock que alcanza la talla  $L_1$
- $C(L_1, L_2)$  = No. de peces capturados entre las tallas  $L_1$  y  $L_2$
- $E = F/Z$  = Tasa de Explotación
- $F(L_1, L_2)$  = Tasa de Mortalidad por Pesca para el grupo de talla  $(L_1, L_2)$
- $Z$  = Tasa de Mortalidad Total
- $Nm(L_1, L_2)$  = No. promedio anual de peces en el lago por clase de talla
- $B(L_1, L_2)$  = Biomasa promedio anual por grupo de talla en toneladas
- $W(L_1, L_2)$  = Peso promedio por grupo de talla en gr
- $a, b$  = Constantes de la relación Talla-Peso
- $R$  = Rendimiento en toneladas
- $M * Nm$  = Fracción de la población removida por muerte natural
- $F * Nm$  = Fracción de la población removida por pesca

## ANEXO IV

MODELO DE RENDIMIENTO POR RECLUTA DE BEVERTON Y HOLT  
(1957) EN LA FORMA SUGERIDA POR GULLAND (1969).

$$Y/R = F \cdot (B/R)$$

$$B/R = \exp^{-M(tc-tr)} \cdot W_{00} \cdot (1/Z - 3S/Z + K + 3S^2/Z + 2K - S^3/Z + 3K)$$

$$S = \exp^{-K(tc-t_0)}$$

$$W = q \cdot L^3$$

$$W(t) = W_{00} (1 - \exp^{-K \cdot (t-t_0)})^3$$

Donde:

Y/R = Rendimiento por recluta  
 B/R = Biomasa por recluta  
 F = Tasa de Mortalidad por Pesca  
 M = Tasa de Mortalidad Natural  
 tc = Edad a la primera captura  
 tr = Edad al reclutamiento  
 W<sub>00</sub> = Peso asíntotico del cuerpo del pez  
 K, t<sub>0</sub> = Parámetros de crecimiento  
 Z = Tasa de Mortalidad Total  
 W = Peso del cuerpo del pez  
 L = Talla del cuerpo del pez  
 q = Factor de condición  
 t = Edad

FECHA DE MUESTREO	$\bar{X}$	$\sigma$	N	$\bar{X}$	$\sigma$	N	I.S.	$\bar{X}$	$\sigma$	N	I.S.	$\bar{X}$	$\sigma$	N	I.S.
04-05-88	3.17	0.49	15	7.06	0.39	163	8.78	8.42	0.20	19	4.55				
18-05-88	2.86	0.45	45	4.90	0.38	15	4.84	7.65	0.97	150	4.84				
27-06-88	3.07	0.61	89	5.40	0.54	22	4.17	7.27	0.35	35	4.03	8.21	0.53	17	2.14
18-07-88	4.07	0.90	122	7.85	0.79	74	4.46								
22-08-88	4.42	0.55	134	6.84	0.76	76	3.64	9.60	0.22	5	5.04				
20-09-88	4.08	0.37	173	6.09	0.85	32	3.30	8.89	0.37	6	4.59				
18-10-88	4.49	0.59	130	7.13	0.70	87	4.08								
29-11-88	4.56	0.44	131	7.94	0.74	50	5.66								
25-01-89	4.75	1.28	107	9.15	0.67	5	4.50								
23-02-89	5.38	0.57	164	8.21	0.36	16	6.03	9.44	0.17	5	4.65				
30-03-89	4.05	0.49	169	5.84	0.60	37	3.28	7.59	0.24	10	4.12				

Talla med., dev. estándar, tamaño de la cohorte o índice de separación de los diferentes cohortes determinados a partir del Análisis de Bhattacharya, para la localidad Ibabuco.

FECHA DE MUESTREO	$\bar{X}$	$\sigma$	N	$\bar{X}$	$\sigma$	N	I.S.	$\bar{X}$	$\sigma$	N	I.S.	$\bar{X}$	$\sigma$	N	I.S.
13-04-88	3.61	0.43	74	6.80	0.44	107	7.20								
16-05-88	3.69	0.64	39	7.25	0.64	37	5.58								
30-06-88	3.62	0.49	106	5.11	0.43	32	3.21	7.31	0.68	63	3.93				
21-07-88	3.93	0.58	167	6.84	0.60	41	4.88								
22-08-88	5.21	1.19	220												
26-09-88	3.35	0.33	34	4.78	0.39	32	3.90	6.74	0.63	45	3.79				
18-10-88	4.58	0.46	131	6.79	0.79	81	3.51								
05-12-88	4.73	0.62	156	7.05	0.68	48	3.55								
25-01-89	3.50	0.47	16	6.34	1.07	198	3.66								
02-03-89	3.75	0.24	9	5.97	0.44	174	6.41	8.47	0.56	27	3.51				
04-04-89	5.77	0.50	122	7.09	0.57	78	2.48	8.74	0.22	17	4.20				

Talla med., dev. estándar, tamaño de la cohorte o índice de separación de los diferentes cohortes determinados a partir del Análisis de Bhattacharya, para la localidad Zecampio.

FECHA DE MUESTREO	$\bar{x}$	s	N	$\bar{x}$	s	N	I.S.	$\bar{x}$	s	N	I.S.	$\bar{x}$	s	N	I.S.
18-04-88	3.31	0.44	93	6.90	0.48	153	7.72	8.77	0.45	12	3.97				
16-05-88	2.34	0.28	12	3.81	0.23	27	5.72	7.25	0.59	151	8.41	9.47	0.17	9	5.82
27-06-88	3.25	0.42	151	6.81	0.20	17	9.80	7.94	0.16	10	4.88				
18-07-88	2.66	0.40	133	3.97	0.51	55	2.84	7.43	0.70	32	5.74				
18-08-88	2.75	0.38	111	4.86	0.34	36	3.40	6.77	0.41	52	4.88	7.97	0.40	13	2.89
20-09-88	4.09	0.39	137	5.47	0.21	18	4.57	6.80	0.19	37	6.53	8.06	0.37	11	4.40
18-10-88	4.10	0.44	127	6.76	0.59	79	5.10								
23-11-88	4.05	0.52	102	6.79	0.88	68	3.87								
23-01-89	4.16	1.42	75	7.02	0.66	133	2.74								
20-02-89	5.01	0.75	176	7.64	0.37	21	4.67								
04-04-89	2.50	0.39	12	5.63	0.45	168	5.03	8.25	0.24	10	7.53				

Talla med.a, desviación estándar, tamaño de la cohorte y índice de separación de los diferentes cohortes determinados a partir del Análisis de Bhattecharra, para la localidad Santa Fe de la Legua.

FECHA DE MUESTREO	$\bar{x}$	s	N	$\bar{x}$	s	N	I.S.	$\bar{x}$	s	N	I.S.	$\bar{x}$	s	N	I.S.
20-04-88	4.17	0.47	32	7.48	0.63	166	5.97								
06-06-88	3.28	0.35	67	7.27	0.43	103	10.2	9.06	0.36	10	4.51				
04-07-88	3.87	0.78	76	7.18	0.40	113	3.53	8.22	0.46	26	2.89				
25-07-88	3.05	0.33	166	6.15	0.57	10	6.83	7.72	0.26	15	3.75	8.82	0.35	4	3.60
25-08-88	4.35	0.41	30	6.96	0.63	164	5.00								
26-09-88	4.13	0.55	98	7.12	0.61	121	5.16								
24-10-88	6.38	1.07	210												
05-12-88	4.30	0.51	93	7.28	0.88	106	4.17	10.31	0.30	4	5.11				
30-01-89	6.20	1.29	216												
27-02-89	6.20	1.14	239												
06-04-89	6.34	0.71	195	8.89	0.38	12	4.67								

Talla med.a, desviación estándar, tamaño de la cohorte y índice de separación de los diferentes cohortes determinados a partir del Análisis de Bhattecharra, para la localidad Opagua.

FECHA DE MUESTRO	$\bar{x}$	$\sigma$	N	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I. S.	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I. S.	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I. S.
25-04-88	3,75	0,82	151	7,56	0,50	89	5,75	9,27	0,33	5	4,10				
18-05-88	4,66	0,65	26	7,44	0,40	153	5,30								
04-07-88	2,49	0,33	193	7,50	0,47	8	12,4								
25-07-88	3,08	0,46	91	4,94	0,70	76	3,16	7,49	0,83	39	3,31				
29-08-88	4,61	0,69	160	6,79	0,58	47	3,40								
29-09-88	4,06	0,62	227	6,20	0,28	8	4,71								
24-10-88	4,21	0,64	218	7,30	0,42	17	5,77								
08-12-88	4,60	0,35	168	7,13	0,71	42	4,77								
30-01-89	4,75	0,51	198	7,34	0,59	10	4,65								
08-02-89	3,70	0,67	34	6,47	0,57	116	4,46	8,30	0,52	14	3,31				
12-04-89	3,95	0,64	36	5,50	0,60	168	2,47	8,26	0,41	4	5,38				

Talla media, desviación estándar, tamaño de la cohorte e índice de supervivencia de los diferentes cohortes determinados a partir del Análisis de Bhattecherre, para la localidad Pasada.

FECHA DE MUESTRO	$\bar{x}$	$\sigma$	N	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I. S.	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I. S.	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I. S.
03-05-88	3,25	0,34	5	7,73	1,16	151	5,96								
09-06-88	4,09	0,67	130	6,47	0,25	9	5,11	8,81	0,43	48	6,75	10,86	0,55	20	4,16
11-07-88	4,58	1,07	179	8,22	0,42	13	4,85	10,20	0,47	23	4,43	12,34	0,56	4	4,12
01-08-88	4,00	0,90	183	8,73	0,55	13	6,49	10,79	0,93	16	2,77				
05-09-88	4,64	0,54	153	6,90	0,59	24	4,00	8,60	0,20	6	4,27				
03-10-88	5,17	0,49	154	7,90	0,70	21	4,58								
31-10-88	5,36	0,69	170	7,32	0,59	30	3,03	10,63	0,54	17	5,86				
13-12-88	5,93	0,67	158	9,75	0,66	13	5,72								
03-02-89	6,40	0,76	182	5,20	0,30	8	5,26	11,40	0,38	12	6,42				
08-03-89	6,39	0,84	194	9,41	0,25	7	5,61	11,16	0,85	10	3,07				
18-04-89	6,50	0,60	168	8,60	0,68	27	3,26	10,75	0,31	12	4,32				

Talla media, desviación estándar, tamaño de la cohorte e índice de supervivencia de los diferentes cohortes determinados a partir del Análisis de Bhattecherre, para la localidad La Plata.

FECHA DE MUESTREO	$\bar{x}$	$\sigma$	N	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I.S.	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I.S.	$\bar{x}$	$\sigma$	N	I.S.
28-04-88	2,84	0,25	18	5,16	0,34	7	7,68	7,80	0,72	31	3,42	9,31	0,46	38	3,90
06-06-88	3,73	0,65	42	7,00	0,66	25	4,93	9,34	0,78	145	3,22				
07-07-88	3,94	0,60	161	5,68	0,45	34	3,26	8,85	0,65	19	5,72				
28-07-88	3,59	0,55	101	5,60	0,59	35	3,50	7,84	0,55	60	3,85	9,35	0,28	14	3,67
29-08-88	5,70	0,91	208												
03-10-88	5,22	0,77	204	7,75	0,66	11	3,54								
31-10-88	5,56	0,63	191	7,53	0,35	15	4,01								
13-12-88	5,95	0,59	203	7,89	0,22	4	5,12								
03-02-89	5,99	0,60	211												
08-03-89	6,42	0,58	189												
13-04-89	3,36	0,40	13	5,21	0,68	51	3,38	7,32	0,64	39	3,19				

Talla media, desviación estándar, tamaño de la cohorte o índice de supervivencia de los diferentes cohortes determinados a partir del Registro de Bhattacharya, para la localidad Urundú.

FECHA DE MUESTREO	$\bar{x}$	s	N	$\bar{x}$	s	N	I.S.	$\bar{x}$	s	N	I.S.
16-04-88	3,80	0,60	322	7,04	0,74	907	4,80	9,32	0,54	92	2,56
13-05-88	3,50	0,55	346	7,57	0,75	774	6,24	10,19	0,49	143	4,20
16-06-88	3,67	1,19	1083	7,19	0,49	255	4,17	9,13	0,87	82	2,83
19-07-88	3,67	0,72	1035	7,17	1,14	417	3,75	10,66	0,36	19	4,67
21-08-88	2,80	0,36	112	4,67	0,70	809	3,49	6,75	0,69	535	2,98
18-09-88	4,27	0,53	823	6,20	1,24	642	2,18	12,11	3,70	18	2,39
22-10-88	5,12	1,40	1631	10,18	0,70	22	4,80				
14-12-88	4,60	0,55	742	6,27	0,42	429	2,43	7,69	0,41	207	3,40
20-01-89	5,94	1,27	1371	10,56	0,66	17	4,78				
14-03-89	5,93	1,21	1387	11,25	0,42	8	6,53				
12-04-89	5,92	1,18	1372	10,79	0,52	17	5,69				

FECHA DE MUESTREO	$\bar{x}$	s	N	I.S.	$\bar{x}$	s	N	I.S.
16-04-88								
13-05-88								
16-06-88								
19-07-88	12,18	0,35	6	4,28				
21-08-88	9,62	0,39	21	5,27	11,84	0,57	10	4,57
18-09-88								
23-10-88								
14-12-88	8,87	0,25	44	3,54	10,00	0,42	20	3,37
20-01-89								
14-03-89								
12-04-89								

Talla media, desviación estándar, tamaño de la cohorte o índice de separación de los diferentes cohortes determinados a partir del Análisis de Bhattacharya, pero al lado de Pétersons.

MES	LOCALIDAD No. DE COHORTE	ICHUPIO				ZACUPIO			SANTA FE			OPONUCO		
		1o.	2o.	3o.	4o.	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.
ENERO '88														
FEBRERO														
MARZO														
ABRIL													4,172	
MAYO		7,061	2,864			3,690				2,339				
JUNIO		7,653	5,481	3,067		5,110			6,813			7,268	3,286	
JULIO				4,076					7,450	3,967		8,229	6,154	3,057
AGOSTO		9,602	6,828				5,209			4,865		8,829	6,963	4,350
SEPTIEMBRE				6,093		6,740		3,354	8,060	5,467				
OCTUBRE				7,133										6,363
NOVIEMBRE				7,944						6,780				
DICIEMBRE						7,052						10,31		7,281
ENERO '89			9,152	4,750				6,339			4,161			
FEBRERO				5,384							5,015			
MARZO				5,848				8,475						
ABRIL						8,744	7,091				8,250	5,627		

MES	LOCALIDAD No. DE COHORTE	PACAMDA				LA PLATA					URANDEN			
		1o.	2o.	3o.	4o.	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.	1o.	2o.	3o.	4o.
ENERO '88														
FEBRERO														
MARZO														
ABRIL													5,167	2,843
MAYO		3,750						3,250						
JUNIO		4,665						8,811	6,476	4,090			7,000	3,738
JULIO			4,936	2,420		10,204	8,227					7,611	5,681	5,606
AGOSTO		6,791		4,613	3,081	10,795				4,004				3,948
SEPTIEMBRE			6,208		4,064				8,608	6,909				5,703
OCTUBRE								10,632	7,908	5,368			7,755	7,532
NOVIEMBRE														
DICIEMBRE			7,134											7,897
ENERO '89				7,341										
FEBRERO									11,401	9,209				
MARZO		8,302		6,476										
ABRIL				8,261							10,750			

Cohortes identificadas a través del Análisis de Programación Matemática por localidad. Los datos corresponden a talleres sociales (cs) obtenidos a partir del Análisis de Bhatlacharra.

MES LOCALIDAD No. DE COHORTE	LAGO DE PATZCUARO					
	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.	6o.
NOVIEMBRE						
DICIEMBRE	N					
ENERO '88		N				
FEBRERO			N			
MARZO				N	N	
ABRIL	9,325 92	7,044 907	3,805 322			
MAYO	10,193 149			3,303 346		N
JUNIO			7,197 255			
JULIO	12,189 6	10,665 19		7,169 417		
AGOSTO			9,622 21		6,756 535	4,672 809
SEPTIEMBRE		12,109 18				6,204 642
OCTUBRE				10,163 22		
NOVIEMBRE						
DICIEMBRE					10,003 20	8,871 43
ENERO '89					10,559 17	
FEBRERO						
MARZO					11,257 8	
ABRIL						10,796 17

Cohortes identificadas a través del Análisis de Progresión Medial para el Lago de Patzcuaro. Los datos corresponden a tallas medias (ca) y al tamaño de la cohorte obtenidos a partir del Análisis de Balthazero. No se refiere a la fecha asignada de nacimiento de cada cohorte.

## ANEXO VI

INTERVALO	CAPTURA	dt	t x	ln(C/dt) y	y=11.09- 0.83 t
1.5 - 2.0	23.0	0.2233	0.7316	4.6344	
2.0 - 2.5	275.0	0.2326	0.9595	7.0748	
2.5 - 3.0	560.0	0.2428	1.1971	7.7434	
3.0 - 3.5	802.0	0.2538	1.4453	8.0581	
3.5 - 4.0	1316.0	0.2659	1.7051	8.5068	
4.0 - 4.5	1679.0	0.2792	1.9775	8.7016	
4.5 - 5.0	1465.0	0.2939	2.2639	8.5140	
5.0 - 5.5	1389.0	0.3102	2.5657	8.4066	
-----					
5.5 - 6.0	1448.0	0.3285	2.8849	8.3910	8.69
6.0 - 6.5	1517.0	0.3490	3.2234	8.3769	8.41
6.5 - 7.0	1542.0	0.3723	3.5837	8.3287	8.11
7.0 - 7.5	1373.0	0.3989	3.9690	8.1435	7.79
7.5 - 8.0	842.0	0.4297	4.3827	7.5804	7.45
8.0 - 8.5	534.0	0.4655	4.8296	7.0449	7.06
8.5 - 9.0	286.0	0.5079	5.3155	6.3333	6.68
9.0 - 9.5	235.0	0.5588	5.8476	6.0415	6.23
9.5 - 10.0	122.0	0.6210	6.4359	5.2804	5.75
10.0 - 10.5	99.0	0.6988	7.0936	4.9534	5.20
10.5 - 11.0	54.0	0.7990	7.8391	4.2133	4.56
11.0 - 11.5	37.0	0.9327	8.6998	3.6605	3.87
11.5 - 12.0	18.0	1.1204	9.7178	2.7766	3.02
12.0 - 12.5	15.0	1.4032	10.9637	2.3692	1.99
12.5 - 13.0	9.0	1.6786	12.5700	1.5666	0.66
-----					
13.0 - 13.5	2.0	2.8521	14.8339	-0.3549	
13.5 - 14.0	3.0	0.0000	18.7041	0.0000	
14.0 - 14.5	3.0	0.0000	0.00000	0.0000	
14.5 - 15.0	2.0	0.0000	0.00000	0.0000	
15.0 - 15.5	1.0	0.0000	0.00000	0.0000	
15.5 - 16.0	1.0	0.0000	0.00000	0.0000	
16.0 - 16.5	0.0	0.0000	0.00000	0.0000	
16.5 - 17.0	1.0	0.0000	0.00000	0.0000	

Datos para la construcción de la Curva de Captura Linearizada para el género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro.

INTERVALO	CAPTURA	CAPTURA ACUMULADA	ln(L - Li) x	ln(Li.L) y	Z	INTERVALOS DE CONFIANZA 95%		y = -0.89 + 4.51 x
1.5 - 2.0	23.0	15653.0	2.5455	9.6584				
2.0 - 2.5	275.0	15830.0	2.5055	9.6569				
2.5 - 3.0	560.0	15355.0	2.4638	9.6392				
3.0 - 3.5	802.0	14795.0	2.4203	9.6020				
3.5 - 4.0	1316.0	13993.0	2.3749	9.5463				
4.0 - 4.5	1679.0	12677.0	2.3272	9.4475				
-----								
4.5 - 5.0	1465.0	10998.0	2.2772	9.3054	0.808	0.761	0.855	9.385
5.0 - 5.5	1389.0	9533.0	2.2246	9.1825	0.812	0.780	0.864	9.149
5.5 - 6.0	1448.0	8144.0	2.1690	9.0050	0.812	0.753	0.872	8.898
6.0 - 6.5	1517.0	6696.0	2.1102	8.6092	0.806	0.739	0.874	8.633
6.5 - 7.0	1542.0	5179.0	2.0477	8.5523	0.792	0.706	0.878	8.351
7.0 - 7.5	1373.0	3637.0	1.9810	8.1989	0.768	0.691	0.845	6.049
7.5 - 8.0	842.0	2264.0	1.9095	7.7248	0.736	0.665	0.807	7.726
8.0 - 8.5	534.0	1422.0	1.8325	7.2598	0.706	0.641	0.772	7.379
8.5 - 9.0	286.0	888.0	1.7492	6.7889	0.678	0.617	0.740	7.003
9.0 - 9.5	235.0	602.0	1.6582	6.4002	0.657	0.585	0.730	6.593
9.5 - 10.0	122.0	367.0	1.5581	5.9053	0.625	0.557	0.693	6.141
10.0 - 10.5	88.0	245.0	1.4489	5.5012	0.608	0.481	0.735	5.639
10.5 - 11.0	54.0	146.0	1.3217	4.9836				5.074
11.0 - 11.5	37.0	92.0	1.1786	4.5217				4.428
11.5 - 12.0	18.0	55.0	1.0116	4.0073				3.674
-----								
12.0 - 12.5	15.0	37.0	0.8109	3.6109				
12.5 - 13.0	9.0	22.0	0.5596	3.0810				
13.0 - 13.5	2.0	13.0	0.2231	2.5649				
13.5 - 14.0	3.0	11.0	-0.2876	2.3979				
14.0 - 14.5	3.0	8.0	-1.3883	2.0794				
14.5 - 15.0	2.0	5.0	0.0000	1.6094				
15.0 - 15.5	1.0	3.0	0.0000	1.0986				
15.5 - 16.0	1.0	2.0	0.0000	0.6931				
16.0 - 16.5	0.0	1.0	0.0000	0.0000				
16.5 - 17.0	1.0	1.0	0.0000	0.0000				

Datos para la construcción de la Curva de Captura Acumulada para el género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro

INTERVALO	CAPTURA	dt	t	MARCA DE CLASE	FRACCION RETENIDA
1.5 - 2.0	23.0	0.2233	0.7318	1.75	0.0315
2.0 - 2.5	275.0	0.2326	0.9595	2.25	0.0521
2.5 - 3.0	560.0	0.2428	1.1871	2.75	0.0869
3.0 - 3.5	802.0	0.2538	1.4453	3.25	0.1443
3.5 - 4.0	1316.0	0.2659	1.7051	3.75	0.2349
4.0 - 4.5	1679.0	0.2792	1.9775	4.25	0.3653
4.5 - 5.0	1465.0	0.2939	2.2639	4.75	0.5270
5.0 - 5.5	1389.0	0.3102	2.5657	5.25	0.6909
5.5 - 6.0	1448.0	0.3285	2.8849	5.75	0.8235
6.0 - 6.5	1517.0	0.3490	3.2234	6.25	0.9106
6.5 - 7.0	1542.0	0.3723	3.5837	6.75	0.9589
7.0 - 7.5	1373.0	0.3989	3.9690	7.25	0.9827
7.5 - 8.0	842.0	0.4297	4.3827	7.75	0.9932
8.0 - 8.5	534.0	0.4655	4.8296	8.25	0.9975
8.5 - 9.0	286.0	0.5079	5.3155	8.75	0.9992
9.0 - 9.5	235.0	0.5588	5.8476	9.25	0.9997
9.5 - 10.0	122.0	0.6210	6.4359	9.75	1.0000
10.0 - 10.5	99.0	0.6986	7.0936	10.25	1.0000
10.5 - 11.0	54.0	0.7980	7.8391	10.75	1.0000
11.0 - 11.5	37.0	0.9327	8.6998	11.25	1.0000
11.5 - 12.0	18.0	1.1204	9.7178	11.75	1.0000
12.0 - 12.5	15.0	1.4032	10.9637	12.25	1.0000
12.5 - 13.0	9.0	1.8786	12.5700	12.75	1.0000
13.0 - 13.5	2.0	2.8521	14.8339	13.25	1.0000
13.5 - 14.0	3.0	0.0000	18.7041		
14.0 - 14.5	3.0	0.0000	0.00000		
14.5 - 15.0	2.0	0.0000	0.00000		
15.0 - 15.5	1.0	0.0000	0.00000		
15.5 - 16.0	1.0	0.0000	0.00000		
16.0 - 16.5	0.0	0.0000	0.00000		
16.5 - 17.0	1.0	0.0000	0.00000		
$t_{.995} = 1.744$	$L_{.995} = 3.736$	$S_1 = 5.11$			
$t_{.990} = 2.217$	$L_{.990} = 4.689$	$S_2 = 2.30$			
$t_{.985} = 2.693$	$L_{.985} = 5.453$				

Datos para la estimación de los parámetros de selección del género *Chirostoma* del Lago de Patzcuaro.

Lm-L' y	L' x	N acumulada
4.173	1.5	15653
3.679	2.0	15630
3.240	2.5	15355
2.854	3.0	14795
2.503	3.5	13993
2.237	4.0	12677
2.040	4.5	10998
1.815	5.0	9533 **
1.582	5.5	8144
1.370	6.0	6696
1.198	6.5	5179
1.100	7.0	3637
1.116	7.5	2264
1.128	8.0	1422
1.157	8.5	888
1.087	9.0	602
1.123	9.5	367
1.058	10.0	245
1.106	10.5	146
1.109	11.0	92
1.166	11.5	55
1.142	12.0	37
1.250	12.5	22
1.442	13.0	13
1.159	13.5	11
1.000	14.0	8
0.950	14.5	5
0.917	15.0	3
0.750	15.5	2
0.750	16.0	1
0.250	16.5	1

\*\* La línea de regresión es fijada a partir de este punto

$$y = 2.59 - 0.186 x \quad r = -0.83$$

Estimación de Loo = 13.88

Estimación de Z/K = 4.364

Datos a partir de los cuales se obtuvo una estimación de Loo y Z/K mediante el método de Wetherall et al. para el género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro.

TIEMPO (años)	No. DE SOBREVIVIENTES (Nt)
0.00	15653
0.25	12815
0.50	10492
0.75	8590
1.00	7033
1.25	5758
1.50	4714
1.75	3860
2.00	3160
2.25	2587
2.50	2118
2.75	1734
3.00	1420

$$N_t = 15653 e^{-0.55t}$$

TASA DE SOBREVIVENCIA ANUAL (S)	0.45
TASA DE MORTALIDAD ANUAL (A)	0.55

Estimación del número de organismos que sobreviven anualmente bajo una tasa de mortalidad total (Z) de 0.80 para el género *Chirotoma* del Lago de Patzcuaro.

## ANEXO VII

AÑO	PRODUCCION ANUAL DE CHARALES (tons)	PRODUCCION GLOBAL DEL LAGO DE PATZCUARO (tons)
■ 1981	126	737
■ 1982	285	1190
■ 1983	137	1039
■ 1984	195	954
■ 1985	463	1814
■ 1986	295	1459
■ 1987	279	1710
■ 1988	387	2524
■ 1989	396	2320
■ 1990	194	1252
■ 1991	106	973
■ Lizárraga y Tamayo, 1988 ■ Ofn. Reg. Pesq. de Pátz.		

Producción global del Lago de Pátzcuaro en comparación con la producción del género *Chirostoma* para el mismo período.

TIEMPO	NUMERO DE RECLUTAS	RECLUTAMIENTO EN PORCENTAJE
MARZO	1019	6.51
ABRIL	638	4.08
MAYO	2237	14.29
JUNIO	1219	7.78
JULIO	2363	15.10
AGOSTO	2753	17.59
SEPTIEMBRE	449	2.87
OCTUBRE	703	4.49
NOVIEMBRE	329	2.10
DICIEMBRE	2836	18.12
ENERO	1107	7.07
FEBRERO	0	0

Patrón de reclutamiento estimado para el género *Chirostoma* en el ciclo 1988-1989.

F	Y/R	B/R
0.0	0.000	9.839
0.2	0.951	4.756
0.4	1.143	2.858
0.6	1.168	1.947
0.8	1.150	1.438
1.0	1.122	1.122
1.2	1.094	0.911
1.4	1.068	0.762
1.6	1.044	0.653
1.8	1.024	0.569
2.0	1.005	0.503
2.2	0.991	0.450
2.4	0.977	0.407
2.6	0.965	0.371
2.8	0.954	0.340
3.0	0.944	0.315

$L_{\infty} = 14.25$   
 $W_{\infty} = 27.97$   
 $K = 0.1791$   
 $M = 0.42$   
 $t_0 = 0.444$   
 $t_c = 2.655$   
 $t_r = 2.130$

$a = 0.012$   
 $b = 2.89$   
 $L_c = 4.66$

$F_{0.5} = 0.574$

$MSY/R = 1.169$

$F_{0.25} = 0.285$

Y/R para  $F_{0.25} = 1.07$

Rendimiento y Biomasa por recluta para el género *Chirostoma* bajo las condiciones de explotación existentes en el ciclo anual 1986-1989.

F	TALLA DE PRIMERA CAPTURA							
	3.7	4.0	4.66	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
0.2	0.920	0.932	0.951	0.956	0.955	0.944	0.923	0.891
0.4	1.047	1.079	1.143	1.169	1.195	1.208	1.203	1.182
0.6	1.023	1.070	1.168	1.211	1.261	1.295	1.309	1.302
0.8	0.972	1.324	1.352	1.358	1.274	1.324	1.352	1.358
1.0	0.920	0.984	1.122	1.166	1.268	1.330	1.371	1.387
1.2	0.875	0.943	1.094	1.165	1.256	1.328	1.378	1.402
1.4	0.836	0.908	1.068	1.143	1.243	1.323	1.380	1.411
1.6	0.803	0.878	1.044	1.124	1.229	1.316	1.379	1.416
1.8	0.775	0.852	1.024	1.107	1.217	1.309	1.377	1.418
2.0	0.752	0.830	1.006	1.092	1.206	1.302	1.374	1.419
2.2	0.732	0.811	0.991	1.078	1.196	1.295	1.371	1.419
2.4	0.714	0.794	0.977	1.066	1.187	1.289	1.365	1.419
2.6	0.699	0.780	0.965	1.056	1.178	1.283	1.365	1.418
2.8	0.686	0.767	0.954	1.046	1.171	1.278	1.362	1.417
3.0	0.674	0.756	0.944	1.030	1.164	1.273	1.359	1.417

Rendimiento por recluta del género *Chirostoma* en función de la Tasa de Mortalidad por Pesca simulando diferentes Tallas de Primera Captura. Las unidades son g/recluta.

Lc	INTENSIDAD DE PESCA							
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.6	2.2	3.0
3.7	0.920	1.047	1.023	0.972	0.920	0.803	0.732	0.674
4.0	0.932	1.079	1.070	1.029	0.984	0.878	0.811	0.756
4.5	0.947	1.129	1.146	1.123	1.090	1.005	0.948	0.899
5.0	0.956	1.189	1.211	1.205	1.186	1.124	1.078	1.038
5.5	0.955	1.195	1.261	1.274	1.268	1.229	1.196	1.164
6.0	0.944	1.208	1.295	1.324	1.330	1.316	1.295	1.273
6.5	0.923	1.203	1.309	1.352	1.371	1.379	1.371	1.359
7.0	0.891	1.182	1.302	1.358	1.387	1.416	1.419	1.417
7.5	0.848	1.142	1.272	1.339	1.376	1.423	1.437	1.443
8.0	0.794	1.085	1.221	1.294	1.338	1.399	1.422	1.436
8.5	0.731	1.011	1.148	1.225	1.273	1.344	1.374	1.394
9.0	0.658	0.922	1.055	1.132	1.182	1.259	1.294	1.318
9.5	0.579	0.819	0.944	1.019	1.068	1.147	1.184	1.210
10.0	0.494	0.706	0.820	0.889	0.935	1.011	1.048	1.075
10.5	0.407	0.587	0.686	0.747	0.789	0.858	0.893	0.918
11.0	0.321	0.467	0.548	0.599	0.634	0.694	0.725	0.748
11.5	0.238	0.349	0.412	0.453	0.481	0.529	0.554	0.572
12.0	0.163	0.241	0.286	0.315	0.335	0.370	0.389	0.403
12.5	0.099	0.147	0.175	0.184	0.207	0.229	0.241	0.251
13.0	0.049	0.073	0.087	0.097	0.104	0.116	0.122	0.127
13.5	0.016	0.024	0.029	0.032	0.034	0.036	0.041	0.042
14.0	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002			

Rendimiento por recluta del género *Chirostoma* en función de la Talla de Primera Captura simulando diferentes Tasas de Mortalidad por Pesca. Las unidades son g/recluta.