



00381  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ALGUNOS ASPECTOS DE LA DINAMICA DE POBLACIONES DE  
Mugil cephalus (Linneo, 1758) Y M. curema (Valenciennes, 1836)  
(Pisces: Mugilidae) EN LA LAGUNA DE TAMIANUA, VERACRUZ

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A:

ANA LAURA IBAÑEZ AGUIRRE

DIRECTOR DE TESIS: DR. MANUEL GALLARDO CABELLO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

*"Aunque esto es locura.  
hay cierto método en lo que dice"*

*W. Shakespeare. Hamlet*

***Con todo mi cariño  
para Arturo y Andrés***

## **Agradecimientos**

---

Al Dr. Manuel Gallardo Cabello por su apoyo y orientación como Director de esta tesis.

Al Dr. Jordi Lleonart por sus valiosas enseñanzas, revisiones y apoyo constate durante mi estancia en Barcelona.

A los miembros del comité tutorial los Drs. Carlos Rosas Vásquez por su asesoría y apoyo logístico en el "Centro de Investigaciones Regional de Tamiahua, Ver.", y a Xavier Chiappa Carrara por sus valiosas correcciones al presente estudio.

A los miembros del jurado, los Drs. José Luis Arredondo Figueroa, Ramiro Román Contreras, Héctor Garduño Argueta, Guillermina Alcaraz Zubeldia y Virgilio Arenas Fuentes, por su asesoría académica y por las importantes observaciones realizadas al manuscrito.

A la SEP y al CONACyT, por su apoyo al proyecto de Mugílicos.

A la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y en particular al Departamento de Hidrobiología por la beca otorgada para la finalización de la presente tesis.

La identificación de los grandes grupos taxonómicos del contenido estomacal de *M. cephalus* y *M. curema* fue realizado por el Biól. Israel González Mar, y el del contenido específico de diatomeas por la M. en C. Patricia Sánchez Rueda, a quienes agradezco su apoyo y el haberme proporcionado amablemente la información. Así mismo, el conteo de los ovocitos lo realizó la Biól. Adriana Cuervo Salas, a quien reitero mi agradecimiento.

A los Biólogos de la Universidad Veracruzana: Adriana Cuervo Salas, Daniel Sánchez Medina, Arnulfo López Hernández, Israel González Mar, Clara Aoyama Argumedo y Silvia Martínez Santiago por su colaboración activa en el trabajo de campo.

A Walter Norbis por sus sugerencias en la aplicación de los análisis de varianza.

## Resumen

Se llevó a cabo el estudio de algunos aspectos relacionados con la dinámica de las poblaciones de los Mugilidos, *Mugil cephalus* y *Mugil curema* en la laguna de Tamiahua, Veracruz. Se destacan siete temas a saber: el análisis de la forma (1); edad y crecimiento (2); reproducción (3); hábitos alimenticios (4); indicadores morfofisiológicos de la condición de los peces (5); mortalidad total y sobrevivencia (6) y las oscilaciones acopladas de los volúmenes de captura de 6 ciclos anuales (7). Se llevó a cabo un muestreo anual con periodicidad mensual, tomando los ejemplares de las capturas comerciales desembarcadas en la población de Tamiahua, Ver. Las submuestras se obtuvieron con base en el análisis de Tallo y Hoja (Tukey, 1977). A los ejemplares seleccionados se les tomaron medidas morfométricas, se pesaron y se les extrajeron las escamas. Posteriormente, los ejemplares se evisceraron con el objeto de observar sexo y determinar estado de madurez sexual, obtener los diversos pesos (eviscerado, gónadas e hígado) y adquirir los otolitos sagittas. Para el análisis de la forma se empleó la ley de isometría de Teisler (1948), así como el análisis de componentes principales, de correspondencias y canónico de poblaciones. La determinación de la edad se llevó a cabo a través de los análisis de las frecuencias de las tallas (Petersen, 1892; Cassie, 1954 y Battacharya, 1967), así como por medio de la lectura de escamas y otolitos. Las constantes de la ecuación del crecimiento de Von Bertalanffy (1938) se calcularon a través de los métodos propuestos por Ford (1933) y Walford (1946); Gulland (1965), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966), Beverton (1954) y Fishparm (1987). Se obtuvo la relación fecundidad vs. talla, peso vivo y peso eviscerado por medio de la regresión lineal ajustada por el método de mínimos cuadrados y por regresión lineal resistente. Se determinó la variación mensual de los estadios de desarrollo gonádico. Para el análisis de hábitos alimenticios se determinaron los individuos presentes en el contenido estomacal a nivel de grandes grupos taxonómicos y, en el caso de las diatomeas, al nivel de especie cuando fue posible. Para el primer caso se analiza la información en términos de porcentajes numéricos anuales y mensuales. Con los resultados del conteo de diatomeas se obtuvo la frecuencia de ocurrencia; el índice de diversidad de Levins (1968); el índice de solapamiento de dietas de Horn (1956) y de MacArthur y Levins (1967) y el análisis de grupos cualitativamente a través de los índices de Jaccart, Sokal y Mächener, así como cuantitativamente por medio de los índices de correlación lineal y porcentaje de similitud. Como medida de distancia se utilizaron los algoritmos de Ward y UPGMA. Se obtuvo la relación edad-factor de condición (Clark, 1928), se estimó la relación talla-peso del hígado. Se determinó la variación mensual del factor de condición y del índice hepatosomático por medio del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal y Wallis y de Dunn. Se analizó la variación mensual del índice gonadosomático de las hembras. Se estimó la mortalidad natural por medio del método de Taylor y la sobrevivencia por medio de las curvas de captura. Finalmente se realizó un análisis de series de tiempo, de autocorrelación y de correlación cruzada para el estudio de los 6 ciclos anuales de variación en los volúmenes de captura.

En relación a los temas antes mencionados los resultados más importantes son: (1) Estudio de la forma: *M. cephalus* presenta dimorfismo sexual, a diferencia de *M. curema*. Las variables morfométricas que influyeron mayormente en la diferenciación de las especies y los sexos fueron: el grosor, la longitud preanal y la longitud cefálica. (2) Edad y crecimiento: a través del análisis de los anillos de crecimiento de las sagittas pudieron obtenerse 5 grupos de edad, para *M. cephalus* mientras que para *M. curema* se obtuvieron 6 grupos de edad. El crecimiento en longitud de *M. cephalus* es mayor durante los meses de marzo a agosto, y para *M. curema* durante julio a noviembre. La formación de las bandas de crecimiento lento coincidieron con la época de predesove y desove en ambas especies. Se calcularon las constantes del crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy. Los parámetros del crecimiento obtenidos son los siguientes:  $L_{\infty} = 642.4$  mm,  $W_{\infty} = 2.352$  g,  $k = 0.099$ ,  $t_0 = -1.85$  para *M. cephalus*; y  $L_{\infty} = 461.4$  mm,  $W_{\infty} = 844.7$  g,  $k = 0.14$ ,  $t_0 = -2.62$  para *M. curema*. La longevidad ( $A_{95}$ ) es de 28.3 y 18.7 años. Las hembras de ambas especies crecen, ligeramente más rápido que los machos. (3) Reproducción: la época de desove se

presentó durante los meses de noviembre a febrero para *Mugil cephalus* y de febrero a mayo para *M. curema*. En *Mugil cephalus* los machos alcanzan la madurez sexual a los 280 mm y las hembras a los 299 mm (3 años), para *M. curema* la talla de desove fue de 181 y 208 mm que corresponden a una edad de 0 y 1 años, para machos y hembras, respectivamente. La fecundidad absoluta para *M. cephalus* fue del rango de 540,706 a 1,483,056 ovocitos, para hembras de entre 380-492 mm de talla, y para *M. curema* de 82,278 a 379,992, para hembras de entre 208 - 320 mm de talla. (4) Hábitos alimenticios: en términos anuales y de grandes grupos taxonómicos se observó un gran parecido en la dieta de ambos Mugilidos, con dominancia de diatomeas penales bénticas. El nivel de competencia de estas especies se incrementa durante la época de secas de la laguna. (5) Índices morfofisiológicos: para ambas especies el factor de condición de Clark disminuyó a través de la edad. La relación logarítmica entre la talla y el peso del hígado fue lineal y la alometría positiva para ambas especies. La maduración del ovario de *M. cephalus* ocurre durante los meses de noviembre y diciembre. Para *M. curema* la maduración de la gónada femenina se inició en enero y alcanzó sus mayores valores en marzo y abril. El índice gonadosomático de *M. curema* fue mucho más pequeño a diferencia de los valores que mostró *M. cephalus*, lo cual señala la importancia de la hueva de esta última especie desde el punto de vista comercial. Para *M. curema* los valores más bajos del índice hepatosomático y el factor de condición se relacionaron estrechamente con la fase final del desove. El índice hepatosomático no fue el mejor indicador del desove de *M. cephalus*, debido a la acumulación de grasa observada en la cavidad abdominal en los meses previos. (6) Mortalidad: los valores de la mortalidad total para *M. cephalus* y *M. curema* fueron de 0.27 y 0.85 y los de la sobrevivencia de 0.53 y 0.15, respectivamente. La mortalidad natural obtenida para *M. cephalus* fue de 0.106 y para *M. curema* de 0.16. (7) Oscilaciones acopladas de los volúmenes de captura en 6 ciclos anuales: las capturas de las poblaciones de *Mugil cephalus* y *M. curema* variaron siguiendo un patrón anual bien definido que se repitió a lo largo de los 6 años analizados, presentando un desfaseamiento de tres meses entre los picos máximos de captura. Se propone que el desfaseamiento en las épocas de desove conduciría a una separación temporal en el reclutamiento lo cual llevaría a una separación en el espacio y a que la alimentación se lleve a cabo en periodos alternos, reduciendo la posible competencia por alimento entre los nuevos reclutas.

## Abstract

A study of some aspects related with the population dynamics of *Mugil cephalus* and *M. curema* was carried out, with emphasis in seven subjects: the analysis of the shape (1); age and growth (2); reproduction (3); feeding habits (4); morphophysiological index of the fish conditions (5); total mortality and survival rate (6); and, the coupling oscillations of the catch in six annual cycles (7). It was carried out an annual monitoring with mensual periodicity. The specimens were taken from the commercial catch of the fishermen of Tamiahua City. The subsample was obtained according to the stem and leaf analysis (Tukey, 1977). A morphometric study was practiced to the fishes selected, they were weighted and scales were taken off. Then, the organisms were eviscerated in order to get the sexual maturity, sex determination, and the different weights (eviscerated, gonadic and liver), and to get the saggitae. The isometry law of Teissier (1948) and multivariate analysis (principal components, reciprocal averaging and canonical of populations) were used for the shape analysis. The age was determined by size frequency (Peterson, 1992; Cassle, 1954 and Battacharya, 1967) and by the lecture of scales and otoliths. The constants of the growth equation of Von Bertalanffy (1938) were calculated according to the methods of Ford (1933) and Walford (1946), Gulland (1965), Tomilson and Abramson (1961), Allen (1966), Beverton (1954) and Fishparm (1987). The rations: Fecundity-size, Fecundity-weight and Fecundity-gonad weight were obtained by lineal regression, fitted by square minimum, and by resistant lineal regression methods. It was determined the mensual variation of the gonadic stages. Items at great taxonomic groups were determined for feeding habits observations and analysis; in the diatoms case species levels were determined when possible. In the first case the information was analysed through mensual and annual percentages. With the count of diatoms it was obtained: the frequency of occurrence, the Levins (1968) index of diversity, the overlap indexes of Horn (1966) and of MacArthur & Levins (1967), the qualitative analysis of groups through the indexes of Jaccard, Sokal & Michener, as well as the quantitative through the indexes of lineal correlation and similarity percentage. As a distance measure it was used the Ward and UPGMA algorithms. It was obtained the relation age-factor of fish condition (Clark, 1928) and it was estimated the relation size-liver weight. The mensual variation of the fish condition and the hepatosomatic index were determined through the non parametric variances analysis of Kruskal & Wallis and Dunn. It was analysed the mensual variation of the gonadosomatic index of the females. Natural mortality was estimated through the Taylor method and the survival through the catch curves. Finally, a time series, autocorrelation and cross correlation analysis were fulfilled, for the study of the variation of six catch annual cycles.

The most important results are: (1) shape analysis: *M. cephalus* shows sexual dimorphism instead of *M. curema*. The morphometrical measures that had more influence in the differentiation of the species and sexes were: the thickness at maximum width, the length to the anal fin and the cephalic length. (2) Age and growth: aging by growth increments provided the means to establish five and six age-groups for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively. A general growth curve based upon the Von Bertalanffy equation produced the following results:  $L_{\infty}$  = 642.4 mm,  $W_{\infty}$  = 2,352.1 g,  $k$  = 0.099,  $t_0$  = -1.85 for *M. cephalus* and;  $L_{\infty}$  = 461.4 mm,  $W_{\infty}$  = 844.7 g,  $k$  = 0.14,  $t_0$  = -2.62 for *M. curema*. Longevity ( $A_{0.95}$ ) is 28.3 and 18.7 years for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively. Growth curves between sexes were different. Females grow faster than males. Growth is higher during March and August for



*M. cephalus* and during July and November for *M. curema*. (3) Reproduction: spawning was during November and February for *M. cephalus* and during February and May for *M. curema*. Sexual maturity for males were at 280 mm and for females at 299 mm (3 years) for *M. cephalus*. For *M. curema* sexual maturity were at 181 and 208 mm for males and females, 0 and 1 year, respectively. Absolute fecundity values for *M. cephalus* were from 540,706 to 1,483,053 eggs for females between 380-492 mm of length and between 82,278 and 379,992 (208.320 mm) for *M. curema*. (4) Feeding habits: differences in diet are not evident between the species. Pennate diatoms were the most important and most frequently occurring food item in *M. cephalus* and *M. curema*. Competition levels increase during the dry season of the lagoon. (5) Morphophysiological index: the factor of fish condition decrease according to age. The logarithmic relation between the size and the liver weight was linear, with a positive allometry for both species. *M. cephalus* have a greater gonadosomatic index than *M. curema*. It remarks the commercial importance of *M. cephalus*. The lower values of the hepatosomatic index and the factor of fish condition were tightly related with the end of the spawning in *M. curema*. Nevertheless the hepatosomatic index was not the best indicator of spawning in *M. cephalus* due to a great fat accumulation in the abdominal cavity. (6) Mortality: total mortality and natural mortality was 0.27 and 0.85, and 0.106 and 0.16 for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively. (7) Coupling oscillations of the catch in six annual cycles: the time series analysis showed that the greatest catch volumes for boths species are cyclic. The greatest correspondence between the two time series indicated that the greatest catch values for both species are three months late. It is proposed that the seasonal desynchronisation of the reproductive season exerts an attenuating effect on competition pressure, which is mediated by the difference in the time of recruitment. The temporal desynchronisation in migrations makes it possible for feeding to take place during alternate periods.

## Indice General

---

### Resumen

<b>Introducción</b> . . . . .	1
<b>Antecedentes</b> . . . . .	3
<b>Objetivos</b> . . . . .	5
<b>Especies y área estudiada</b>	
Posición taxonómica de <i>Mugil cephalus</i> y <i>M. curema</i> . . . . .	7
Supragenérica . . . . .	7
Genérica. . . . .	8
Específica. . . . .	8
Distribución geográfica . . . . .	10
Características del área de estudio	
Situación. . . . .	11
Clima. . . . .	11
Configuración y naturaleza del fondo . . . . .	13
Masas de agua, corrientes. . . . .	14
Salinidad. . . . .	14
Temperatura. . . . .	16
Oxígeno. . . . .	20
Productividad primaria . . . . .	20
Nutrientes . . . . .	21
Especies acompañantes en la captura comercial . . . . .	21

## Material y Métodos

Actividades de campo . . . . .	23
Actividades de laboratorio . . . . .	24
Métodos de análisis de la información . . . . .	25
Análisis de la forma . . . . .	26
Edad y crecimiento . . . . .	26
Reproducción y fecundidad . . . . .	27
Indíces morfofisiológicos . . . . .	27
Hábitos alimenticios . . . . .	28
Mortalidad . . . . .	29
Coexistencia mediada por variación temporal en el reclutamiento entre <i>M. cephalus</i> y <i>M. curema</i> . . . . .	29

## Resultados y Discusión

<b>Estudio de la forma . . . . .</b>	<b>33</b>
Datos agregados . . . . .	37
Datos desagregados . . . . .	45
<b>Determinación de la edad y análisis de crecimiento . . . . .</b>	<b>57</b>
Análisis de frecuencias de tallas	
Métodos:	
Petersen . . . . .	59
Cassie . . . . .	62
Bhattacharya . . . . .	65
Descripción de las escamas y de las <i>sagittae</i> . . . . .	69
Determinación de los anillos de crecimiento en escamas y otolitos . . . . .	72
Medidas de las escamas y de las <i>sagittae</i> . . . . .	75
Patrón de crecimiento estacional . . . . .	80
Tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento . . . . .	80
Valoración de los métodos empleados:	
Métodos indirectos . . . . .	82
Métodos directos . . . . .	83
Obtención del grupo de edad "1" por medio del retrocálculo para <i>M. cephalus</i> . . . . .	85
Aplicación de la ecuación de von Bertalanffy . . . . .	90
Métodos para calcular las constantes de la ecuación . . . . .	90
Crecimiento en longitud	
<i>Mugil cephalus</i> . . . . .	91
<i>Mugil curema</i> . . . . .	93
Crecimiento según el sexo de <i>M. cephalus</i> . . . . .	102
Estimación del crecimiento de las hembras . . . . .	102
Estimación del crecimiento de los machos . . . . .	104

Crecimiento según el sexo de <i>M. curema</i> . . . . .	.108
Estimación del crecimiento de las hembras . . . . .	.108
Estimación del crecimiento de los machos. . . . .	.109
Diferencias de crecimiento entre sexos. . . . .	.111
Crecimiento en peso . . . . .	.112
Relación talla-peso . . . . .	.112
Peso a cada edad. . . . .	.120
Crecimiento teórico en peso . . . . .	.122
Longevidad (Edad $A_{0.95}$ ) . . . . .	.126
<b>Reproducción</b> . . . . .	.127
Características de las gónadas. . . . .	.127
Proporción de sexos . . . . .	.128
Ciclo de madurez gonádica . . . . .	.128
Periodo de desove . . . . .	.131
Talla de desove . . . . .	.134
Fecundidad. . . . .	.136
Expresiones analíticas de la fecundidad . . . . .	.136
Variaciones de la fecundidad	
A. Variaciones intraespecíficas . . . . .	.140
B. Variaciones interespecíficas . . . . .	.145
<b>Indices morfofisiológicos</b> . . . . .	.147
Factor de condición (K)-Grupos de edad. . . . .	.149
Relación alométrica (Lt-Peso del Hígado) . . . . .	.151
Variación intramensual del índice gonadosomático (IGS). . . . .	.154
Variación intramensual del factor de condición (K) y del índice hepatosomático (IHS) . . . . .	.156
<b>Hábitos alimenticios</b> . . . . .	.163
Caracterización general y variación estacional de los hábitos alimenticios de los adultos de <i>Mugil cephalus</i> y <i>M. curema</i> . . . . .	.167
Análisis de la dieta de diatomeas . . . . .	.173
Frecuencia de ocurrencia. . . . .	.174
Variaciones mensuales . . . . .	.175
Índice de diversidad de Levins (1968) . . . . .	.175
Índices de solapamiento de las dietas de <i>Mugil cephalus</i> y <i>M. curema</i> . . . . .	.178
Análisis de grupos	
Índices cualitativos. . . . .	.180
Índices cuantitativos. . . . .	.182
Cambios en la abundancia del recurso. . . . .	.184

<b>Mortalidad</b> . . . . .	.187
Estimación de la mortalidad total y la sobrevivencia por medio de las curvas de captura.	.188
Mortalidad natural por el método de Taylor.	.190
Mortalidad por pesca.	.191
Selectividad.	.191
<b>Coexistencia mediada por variación temporal en el reclutamiento entre <i>Mugil cephalus</i> y <i>M. curema</i> en la laguna de Tamiahua, Veracruz</b> . . . . .	.195
<b>Conclusiones</b>	
Análisis de la forma.	.203
Edad y crecimiento.	.204
Reproducción y fecundidad	.205
Indices morfofisiológicos	.206
Hábitos alimenticios.	.207
Mortalidad.	.207
Coexistencia mediada por variación temporal en el reclutamiento entre <i>M. cephalus</i> y <i>M. curema</i>	.208
<b>Referencias bibliográficas</b> . . . . .	209

## Indice de figuras

---

Fig. 1. <i>Mugil cephalus</i> , 205.0 mm Longitud total. Tomado de Reséndez (1970) . . . . .	9
Fig. 2. <i>Mugil curema</i> , 303 mm Longitud total. Tomado de Reséndez (1970) . . . . .	10
Fig. 3. Fisiografía generalizada del área de estudio . . . . .	12
Fig. 4. Valores máximos y mínimos de salinidad y temperatura: a. Cd. Madero, Tamps. en el período 1962-1973. b. Tuxpam, Ver. en el período 1958-1973. . . . .	18
Fig. 5. Medidas morfométricas tomadas en <i>Mugil cephalus</i> y <i>M. curema</i> . . . . .	33
Fig. 6. Análisis de Componentes Principales de los logaritmos de la matriz de datos agregados . . . . .	38
Fig. 7. Análisis de Correspondencias de los logaritmos de la matriz de datos agregados. . . . .	42
Fig. 8. Análisis Canónico de Poblaciones de los logaritmos de la matriz de datos agregados . . . . .	42
Fig. 9. Análisis de Componentes Principales de la matriz de datos agregados con el procedimiento HT. . . . .	43
Fig. 10. Análisis de Correspondencias de la matriz de datos agregados con el procedimiento HT. . . . .	44
Fig. 11. Análisis Canónico de Poblaciones de la matriz de datos agregados con el procedimiento HT . . . . .	44

Fig. 12. Análisis de Componentes Principales de la matriz de datos desagregados, con el procedimiento TA . . . . .	46
Fig. 13. Análisis de Correspondencias de la matriz de datos desagregados, con el procedimiento TA. . . . .	48
Fig. 14. Análisis Canónico de Poblaciones de la matriz de datos desagregados con el procedimiento TA . . . . .	49
Fig. 15. Análisis Canónico de Poblaciones de la matriz de datos desagregados con el procedimiento TA, habiendo eliminado la variable grosor (Ga. Máx.) . . . . .	50
Fig. 16. Histogramas mensuales de las distribuciones de frecuencia de tallas <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	60
Fig. 17. Histogramas mensuales de las distribuciones de frecuencia de tallas <i>Mugil curema</i> . . . . .	61
Fig. 18. Distribución de frecuencia de tallas para <i>M. cephalus</i> por medio del papel de probabilidades. Noviembre de 1991. . . . .	62
Fig. 19. Distribución de frecuencia de tallas para <i>M. cephalus</i> por medio del papel de probabilidades. Junio de 1991. . . . .	63
Fig. 20. Distribución de frecuencia de tallas para <i>M. curema</i> por medio del papel de probabilidades. Febrero de 1992. . . . .	64
Fig. 21. Distribución de frecuencia de tallas para <i>M. curema</i> por medio del papel de probabilidades. Julio de 1991. . . . .	65
Fig. 22. Distribución de frecuencia de tallas de <i>M. cephalus</i> Método de Bhattacharya. Noviembre de 1991. . . . .	66
Fig. 23. Distribución de frecuencia de tallas de <i>M. cephalus</i> Método de Bhattacharya. Junio de 1991. . . . .	66
Fig. 24. Distribución de frecuencia de tallas de <i>M. curema</i> Método de Bhattacharya. Febrero de 1992. . . . .	68

Fig. 25. Distribución de frecuencia de tallas de <i>M. curema</i> Método de Bhattacharya. Julio de 1991. . . . .	68
Fig. 26. Diagrama del otolito <i>sagitta</i> del género <i>Mugil</i> . . . . .	71
Fig. 27. Variación a lo largo de un año del porcentaje de anillos de crecimiento rápido (opacos) y de crecimiento lento (hialinos) en el margen de los otolitos . . . . .	81
Fig. 28. Curva teórica de crecimiento en longitud de <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	96
Fig. 29. Crecimiento en longitud de las hembras de <i>M. cephalus</i> . . . . .	103
Fig. 30. Crecimiento en longitud de los machos de <i>M. cephalus</i> . . . . .	105
Fig. 31. Curva teórica de crecimiento en longitud de <i>Mugil curema</i> . . . . .	106
Fig. 32. Crecimiento en longitud de las hembras de <i>M. curema</i> . . . . .	109
Fig. 33. Crecimiento en longitud de los machos de <i>M. curema</i> . . . . .	110
Fig. 34. Relación Peso - Longitud de <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	114
Fig. 35. Relación Peso - Longitud de <i>Mugil curema</i> . . . . .	115
Fig. 36. Relación ln del peso vs. ln talla de <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	116
Fig. 37. Relación ln del peso vs. ln talla de <i>Mugil curema</i> . . . . .	117
Fig. 38. Residuos de la relación Talla-Peso, <i>M. cephalus</i> . . . . .	118
Fig. 39. Residuos de la relación Talla-Peso, <i>M. curema</i> . . . . .	119
Fig. 40. Crecimiento en peso entero y eviscerado de <i>M. cephalus</i> . . . . .	123
Fig. 41. Crecimiento en peso entero y eviscerado de <i>M. curema</i> . . . . .	124



Fig. 42. Proyección de la curva teórica de crecimiento en peso vivo. a) <i>Mugil cephalus</i> . b) <i>Mugil curema</i> . . . . .	125
Fig. 43. Variación mensual de la frecuencia relativa de los estadios de desarrollo gonádico de <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	130
Fig. 44. Variación mensual de la frecuencia relativa de los estadios de desarrollo gonádico de <i>Mugil curema</i> . . . . .	131
Fig. 45. Relación Fecundidad-Talla; Peso vivo y Peso de las gónadas. a) <i>Mugil cephalus</i> . b) <i>Mugil curema</i> . . . . .	138
Fig. 46. Residuos de la relación Fecundidad-Talla; Peso vivo y Peso de las gónadas de <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	139
a) Regresión Lineal Resistente (RLR).	
b) Regresión por Mínimos Cuadrados (RMC).	
Fig. 47. Residuos de la relación Fecundidad-Talla; Peso vivo y Peso de las gónadas de <i>Mugil curema</i> . . . . .	139
a) Regresión Lineal Resistente (RLR).	
b) Regresión por Mínimos Cuadrados (RMC).	
Fig. 48. Relación Edad-Factor de condición de Clark (K) . . . . .	150
Fig. 49. Relación Edad-Incremento del factor de condición de Clark (K) . . . . .	150
Fig. 50. Relación Ln Talla vs. Ln Peso del Hígado de <i>M. cephalus</i> y sus residuos. . . . .	152
Fig. 51. Relación Ln Talla vs. Ln Peso del Hígado de <i>M. curema</i> y sus residuos. . . . .	153
Fig. 52. Variación mensual del Índice Gonadosomático (IGS) de las hembras de <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	154
Fig. 53. Variación mensual del Índice Gonadosomático (IGS) de las hembras de <i>Mugil curema</i> . . . . .	155
Fig. 54. Variación mensual del Factor de condición de Clark para <i>M. curema</i> . . . . .	159

Fig. 55. Variación mensual del Índice Hepatosomático (IHS) para <i>M. curema</i> . . . . .	160
Fig. 56. Variación mensual del Factor de condición de Clark para <i>M. cephalus</i> . . . . .	160
Fig. 57. Variación mensual del Índice Hepatosomático (IHS) para <i>M. cephalus</i> . . . . .	161
Fig. 58. Caracterización general de la dieta de <i>M. cephalus</i> . a) Valores porcentuales totales anuales. b) Valores porcentuales de los grupos alimenticios sin considerar las diatomeas. c) Valores porcentuales de los grupos alimenticios sin considerar las diatomeas y eliminando los casos extremos (4 estómagos). . . . .	168
Fig. 59. Caracterización general de la dieta de <i>M. curema</i> . a) Valores porcentuales totales anuales. b) Valores porcentuales de los grupos alimenticios sin considerar las diatomeas. c) Valores porcentuales de los grupos alimenticios sin considerar las diatomeas y eliminando los casos extremos (2 estómagos). . . . .	168
Fig. 60. Variación mensual del contenido de la dieta, <i>Mugil cephalus</i> eliminando a las diatomeas . . . . .	170
Fig. 61. Variación mensual del contenido de la dieta, <i>Mugil curema</i> eliminando a las diatomeas . . . . .	171
Fig. 62. Variación mensual del índice de diversidad de Levins (1968) para la dieta de diatomeas . . . . .	175
Fig. 63. Variación mensual del índice de solapamiento de Horn (1966) para la dieta de diatomeas . . . . .	178
Fig. 64. Variación mensual del índice de solapamiento de MacArthur y Levins (1968) para la dieta de diatomeas. . . . .	179
Fig. 65. Dendrogramas mostrando la variación mensual de la dieta de diatomeas. Índice de Jaccard. . . . .	180
Fig. 66. Dendrogramas mostrando la variación mensual de la dieta de diatomeas, Índice de Sokal y Michener. . . . .	181

Fig. 67.	Dendrogramas mostrando la variación mensual de la dieta de diatomeas. Correlación lineal. . . . .	182
Fig. 68.	Dendrogramas mostrando la variación mensual de la dieta de diatomeas. Porcentaje de similaridad. . . . .	183
Fig. 69.	Curva de mortalidad total. <i>Mugil cephalus</i> . . . . .	188
Fig. 70.	Curva de mortalidad total. <i>Mugil curema</i> . . . . .	189
Fig. 71.	Curvas de selección usando tendales de: a) 35 mm de abertura de malla para <i>Mugil cephalus</i> . b) 30 mm de abertura de malla para <i>Mugil curema</i> . . . . .	193
Fig. 72.	Serie de tiempo (valores suavizados) de las capturas mensuales de <i>M. cephalus</i> y <i>M. curema</i> . . . . .	198
Fig. 73.	Coefficiente de autocorrelación de las capturas de <i>M. cephalus</i> y <i>M. curema</i> . . . . .	199
Fig. 74.	Correlación cruzada de los datos de series de tiempo . . . . .	200

## Introducción

---

De la familia Mugilidae, la lisa *Mugil cephalus* ha sido estudiada en forma extensiva, particularmente en lo que se refiere a su desove y cultivo, a partir de la década de los setentas. Esta especie es un importante recurso pesquero en el mundo que se distribuye en todos los océanos desde los 42° N a los 42° S (De Silva y Silva, 1979).

*M. curema* (lebrancha) es una especie esencialmente americana que también forma parte importante de las pesquerías. A pesar de que ambas especies son fuente de alimento en muchos países, son pocos los estudios que hacen referencia a estos organismos en relación a su ecología y dinámica de poblaciones.

En México, la lisa y la lebrancha constituyen una de las 10 pesquerías más importantes dados sus elevados volúmenes de captura, superiores a las 10,000 toneladas anuales (Polanco et al., 1987).

De estas especies se consume no solo la carne, sino también la "hueva" o gónada femenina. Generalmente, la hueva alcanza un valor comercial mucho mayor que la carne. Mientras que el Kg de carne de lisa tiene un valor en el mercado de N \$ 3.00, la hueva se cotiza en N \$ 50.00 /Kg. aproximadamente, así mismo, es un producto de amplio mercado ya que se consume regionalmente, a nivel nacional e internacional. En 1985 se exportaron a los E.E.U.U. 43 toneladas de hueva con un valor de 143,000 dólares (Polanco et al., 1987). Los estados de la República Mexicana en donde se registra el 99 % de la producción de hueva de lisa son Tamaulipas y Veracruz y dentro de éstos los sitios mas importantes son: en la laguna Madre, Tamps., Pueblo Viejo y Tamiahua, Veracruz.

Debido al éxito comercial de la hueva de la lisa, por un lado, y de la lebrancha en la utilización como carnada, así como producto pesquero de bajo precio por el otro, se ha observado el deterioro de los niveles de

captura en una forma dramática. De las visitas realizadas a la zona de Tamiahua desde 1987 se ha podido observar un descenso sustancial en los volúmenes de captura en la zona. Por ejemplo, las capturas mensuales en época de desove de ambas especies han disminuido en un 50% aproximadamente en un periodo de cinco años.

Es importante señalar que como estrategia de regulación de la pesquería de la lisa y la lebrancha, se implementó un período de veda a partir de 1985, que comprendió del 3 de diciembre al 28 de febrero; sin embargo, esta veda resultó ser insuficiente debido a que los pescadores tenían oportunidad, para el caso de la lisa, de llevar a cabo capturas masivas en el intervalo octubre-noviembre, en el cual el 80 % de la población desova. Así mismo, en el caso de la lebrancha, esa época de veda no protegía en absoluto el período de reproducción de esta especie.

A partir de 1989, se modificó la veda anterior, implementandose una mas razonable, constituida de dos épocas: la primera para proteger a la lisa, del 15 de noviembre al 31 de diciembre; y la segunda para proteger a la lebrancha, del 1° de febrero al 15 de marzo. Por otro lado, la abertura reglamentaria de la malla no siempre es respetada y se abusa de las tallas pequeñas en las capturas.

Con el objeto de contribuir en el conocimiento de estos importantes recursos pesqueros de escama en la Laguna de Tamiahua, Ver., se trazó esta investigación que recapitula aspectos de la biología, ecología y dinámica de poblaciones de *Mugil cephalus* y *M. curema* analizando las diferencias morfológicas, la edad y el crecimiento, reproducción, hábitos alimenticios, algunos índices morfofisiológicos y la mortalidad, para finalmente, plantear la hipótesis de coexistencia de estas especies congéneres a través de la exclusión competitiva.

## Antecedentes

---

En México los estudios sobre *Mugil cephalus* y *M. curema* no ofrecen un panorama global de la dinámica poblacional de estas especies, y se limitan a presentar algunos parámetros poblacionales, entre éstos se encuentra el de Márquez (1974) que trata sobre mortalidad y crecimiento de *M. cephalus* en la laguna de Tamiahua, Ver.; Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980), que realizan varios análisis de relación edad-longitud, ciclo de madurez, época de reproducción y fecundidad, así como posición trófica de la lisa en la Laguna de San Andrés, Tamaulipas; García (1980) que realiza un análisis de distribución espacio-temporal de la lisa en la laguna de Tamiahua, Ver. y el de Romero y Castro (1983), que proporciona información sobre edad-longitud, crecimiento y en general aspectos de la biología de la lisa *M. cephalus* en el Mar Muerto, Chiapas. Así mismo, Yáñez-Arancibia (1976), realiza observaciones sobre alimentación, crecimiento y madurez de *M. curema* en la zona del Pacífico.

Sobre abundancia y distribución de las dos especies se cuenta con la tesis de López (1982) que abarca el litoral del Golfo de México y Caribe, así como la compilación realizada por Polanco et al. (1987) para ambas vertientes en relación a las capturas comerciales de 1981 a 1985.

Se conocen estudios relacionados con inventarios ictiofaunísticos como los de Kobelkowsky (1981) y Reséndez-Medina (1970), en los que se mencionan ambas especies de Mugílidos.

En el ámbito internacional tampoco son numerosos los estudios de la ecología de los mugílidos (no así para aspectos sobre su cultivo), los cuales se encuentran básicamente enfocados a *M. cephalus*. Dentro de los más completos e interesantes se pueden citar los de De Silva (1980), Perera y De Silva (1978) y De Silva y Silva (1979), trabajos que muestran información importante sobre crecimiento, relación longitud-peso y épocas migratorias de los Mugílidos de Sri Lanka en los que se encuentra *M. cephalus* como parte importante de las pesquerías regionales.

Alvarez-Lajonchere (1981) lleva a cabo un estudio sobre la determinación de la edad, el crecimiento y la fecundidad de *M. curema* en Cuba; y Drake et al. (1984), sobre la biología de los Mugílidos en el Puerto de Cádiz, España, entre los que se incluye a *M. cephalus*. Collins y Stender (1989) presentan un muy interesante estudio sobre la distribución de las larvas de *M. cephalus* y *M. curema* en el sureste de los Estados Unidos de América.

Por otro lado, han sido de interés los aspectos tróficos en áreas naturales como son los estudios de Marais (1980) y Odum (1968), así como la formación y estructura de otolitos en larvas de Mugílidos, de Radtke (1984).

Como puede observarse, *M. curema* ha sido muy poco estudiada a diferencia de *M. cephalus*, que debido a su gran distribución y éxito ecológico, es un importante recurso pesquero a nivel mundial. De acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo se realiza un estudio integral de *Mugil cephalus* y *M. curema* en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México.

## Objetivos

---

Determinar los diferentes grupos de edad de *M. cephalus* y *M. curema* a través del análisis de frecuencias de tallas, así como por medio del estudio de las escamas y los otolitos *sagittae*.

Obtener los parámetros del crecimiento en longitud y peso de la ecuación de Von Bertalanffy para ambas especies, así como determinar la mortalidad natural y por pesca.

Determinar el tipo de crecimiento de las diferentes partes del cuerpo en relación a la longitud total en las diferentes fases de crecimiento, con el objeto de relacionarlo con los hábitos de las especies objeto de estudio.

Determinar las variaciones mensuales de los índices morfofisiológicos: factor de condición, índice hepático e índice gonadosomático en ambas especies.

Determinar las variaciones mensuales de la proporción y madurez sexual de ambas especies de Mugílidos en la Laguna de Tamiahua, Ver., con el objeto de conocer la proporción de sexos y la época de desove masivo de ambas especies.

Relacionar el régimen alimenticio de ambas especies de Mugílidos con las diferentes épocas climáticas.

Inferir la relación existente entre estas especies congéneres con el objeto de explicar su éxito poblacional.

Analizar las oscilaciones anuales de densidad de *M. cephalus* y *M. curema*, durante 6 ciclos anuales.



The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze the data. This includes both primary and secondary data collection techniques. The primary data was gathered through direct observation and interviews, while secondary data was obtained from existing reports and databases.

The third section provides a detailed description of the data analysis process. This involves identifying patterns, trends, and anomalies within the dataset. Statistical tools and software were used to facilitate this process, ensuring that the results are both reliable and valid.

Finally, the document concludes with a summary of the findings and their implications. It highlights the key insights gained from the study and offers recommendations for future research and practice. The author notes that while the study has provided valuable information, there are still several areas that require further investigation.

## Especies y Area estudiada

---

Posición taxonómica de Mugil cephalus y M. curema.

### Clasificación supragenérica

A continuación se presenta la clasificación de *Mugil cephalus* (lisa) y *Mugil curema* (lebrancha) para las categorías taxonómicas desde Phylum hasta familia según Berra (1981). Para las categorías de género y especie se empleó la clasificación de Jordan y Evermann (1896)

#### *Mugil cephalus*:

PHYLUM	Chordata
SUBPHYLUM	Vertebrata
CLASE	Osteichthyes
SUBCLASE	Actinopterygii
SUPERORDEN	Acanthopterygii
ORDEN	Perciformes
SUBORDEN	Mugiloidei
FAMILIA	Mugilidae
GENERO	<i>Mugil</i>
ESPECIE	<i>M. cephalus</i> , Linneo, 1758

#### *Mugil curema*:

PHYLUM	Chordata
SUBPHYLUM	Vertebrata
CLASE	Osteichthyes
SUBCLASE	Actinopterygii
SUPERORDEN	Acanthopterygii
ORDEN	Perciformes
SUBORDEN	Mugiloidei
FAMILIA	Mugilidae
GENERO	<i>Mugil</i>
ESPECIE	<i>M. curema</i> , Cuvier y Valenciennes, 1836.

## Familia mugilidae "Lisas"

Según Nelson (1976) los mugílidos se distribuyen en mares tropicales y templados, encontrándoseles preferentemente en las zonas costeras y lagunares. Las aletas dorsales presentan 4 espinas. Las aletas pélvicas son subabdominales y muestran 1 espina y 5 radios ramificados. La boca es de tamaño moderado con dientes pequeños o ausentes; branquias en forma de rastrillo, largas. Vértebras de 24 a 26. Longitud máxima de 90 cm. De acuerdo con Nelson (1976) para la familia están descritos 10 géneros y 95 especies, sin embargo Thompson (1964) reconoce 13 géneros y 70 especies.

### Genérica

Género *Mugil* (Artedi) Linneo.

*Mugil* (Artedi) Linneo, Syst. Nat., Ed. x, 1758, 316 (*cephalus*). Para Jordan y Everman (1896) el género *Mugil* presenta un cuerpo oblongo, un tanto comprimido, cubierto por escamas grandes. Cabeza grande, convexa, escamas sobre la cabeza y en los lados. Boca pequeña, subinferior, la mandíbula baja angulada. Mandíbulas con uno o varias series de dientes ciliformes pequeños, cortos y flexibles, sin dientes en el vómer o palatinos.

Ojos grandes, con párpados adiposos, los cuales están poco desarrollados en los juveniles, estómago como "molleja de gallo". Habitan fondos lodosos y nadan formando grandes bancos a lo largo de las costas y en las lagunas de las regiones calientes.

### Específica

*Mugil cephalus* Linneo

*Mugil cephalus* Linne, Systema Naturae, Ed. x, 316, 1758, Europe.

De acuerdo con Jordan y Everman (1896) esta especie presenta el cuerpo algo robusto, un tanto comprimido. Hocico preferentemente estrecho y agudo, su contorno superior es ligeramente menos oblicuo que el inferior. El labio superior es grueso.

Ojos escondidos anterior y posteriormente por una membrana adiposa. Dientes pequeños, pero evidentes. Presenta 23 grandes escamas entre el

origen dorsal y la punta del hocico, escamas en la cabeza ligeramente alargadas. La primera espina dorsal usualmente ocupa la mitad de la cabeza o un poco más, su longitud está sujeta a algunas variaciones. El margen dorsal ligeramente cóncavo. La aleta dorsal profundamente bifurcada. De color azulado oscuro en la parte superior, a los lados: grisáceo, con líneas negras conspicuas a lo largo de cada hilera de escamas.

Longitud de 30 a 60 cm. Nombres comunes: lisa, lisa macho, cabezona, cabezuda, lisa rayada, garrotillo, mújol rayado.

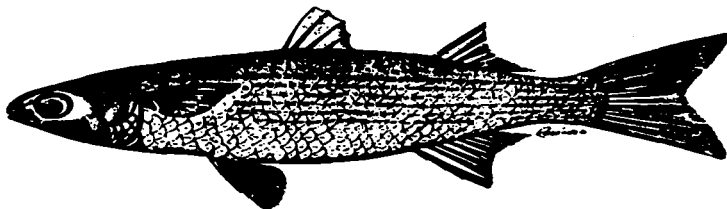


Figura 1. *Mugil cephalus* 205.0 mm Longitud Total.  
Tomado de Reséndez (1970)

#### *Mugil curema* Cuvier y Valenciennes

*Mugil curema*, Cuvier y Valenciennes, Hist. Nat. Poiss., xi, 87, 1836, Brasil; Martinique; Cuba.

Según Jordan y Everman (1896), la lebrancha presenta el cuerpo moderadamente elongado, hocico preferentemente estrecho y puntiagudo, el perfil superior no tan oblicuo como el inferior. El labio superior preferentemente grueso.

Ojos escondidos anterior y posteriormente por una membrana adiposa ancha. Dientes abundantes, pequeños pero visibles a simple vista. Escamas algo pequeñas, alrededor de 23 desde el origen dorsal hasta la punta del hocico. La aleta caudal es bifurcada. De color olivo oscuro en la parte superior, con algunos reflejos azulados, grisáceo en la parte inferior, con una mancha oscura en la base de la aleta pectoral. Longitud de 30 cm. Nombres comunes: lebrancha, lisa blanca, liseta, lisa plateada, lisa voladora.

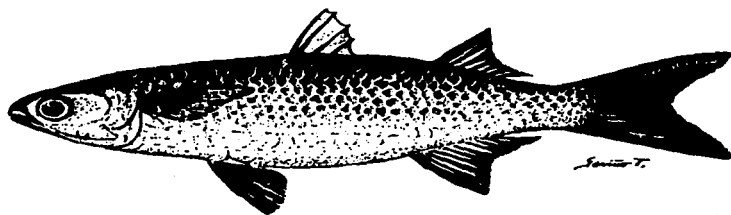


Figura 2. *Mugil curema* 303.0 mm Longitud Total.  
Tomado de Reséndez (1970)

### Distribución Geográfica

#### *Mugil cephalus*

Jordan y Everman (1896) mencionan que *Mugil cephalus* se localiza en las costas del sur de Europa y norte de Africa, en el Mar Mediterráneo. En las costas del Atlántico Americano, desde Cabo Cod, Canada, hasta Brasil. En el Pacífico desde Monterey, Cal. hasta Chile.

Sin embargo los autores mencionados reportan que no ha sido registrada en Cuba, así también Alvarez-Lajonchere (1976), especialista cubano en mugílidos, corrobora la ausencia de *M. cephalus* en aguas cubanas. Por otro lado Paperna y Overstreet (1981) mencionan que esta especie se localiza en la región del Indo Pacífico y en zonas del Atlántico. Así mismo Rodgers y Burke (1988) la reportan para las costas de Australia.

De Silva (1980) refiere que *M. cephalus* se encuentra en todos los océanos de 42° N a 42° S y que es la especie más ampliamente conocida de los Mugílidos.

#### *Mugil curema*

Para Jordan y Everman (1896) esta especie es eminentemente americana, distribuyéndose desde Cabo Cod, Canadá hasta Brasil en el Atlántico; y en el Pacífico desde Bahía Magdalena hasta Chile, sin embargo Alvarez-Lajonchere (1976) agrega a esta distribución la presencia de *M. curema* en la costa occidental de Africa.

## Características del área de estudio

### Situación

La zona de estudio se encuentra ubicada en el sur de la Laguna de Tamiahua, la cual se localiza en la zona norte del Estado de Veracruz, entre los ríos Pánuco al norte y Tuxpam al sur, correspondiendo a la porción media occidental de las costas del Golfo de México ( $21^{\circ} 06'$  a  $22^{\circ} 06'$  lat. N.  $97^{\circ} 23'$  a  $97^{\circ} 46'$  long. W).

La laguna tiene una longitud norte-sur de 85 Km. por 18 Km en su parte más ancha, su orientación va de nor-noroeste a sur-sureste, paralela a la línea de costa, se encuentra separada del Golfo de México por una barra arenosa llamada Cabo Rojo, la cual presenta dos bocas de comunicación, al sur una boca natural y permanentemente abierta llamada boca de Corazones, y al norte la boca de Tampachiche abierta artificialmente en 1970, y en la que aún se llevan a cabo operaciones de dragado debido a que tiende a asolverse.

En su porción occidental recibe las aportaciones de los arroyos La Laja, Cucharas, Carbajal, Tancochín, Tampache y Milpas, el escurrimiento durante la época de lluvias llega a ser considerable. En la laguna se encuentran abundantes islas dentro de las cuales las más importantes, se disponen de norte a sur en una serie que parece indicar la presencia de una barra antigua (Reséndez-Medina, 1970). De norte a sur de la laguna, la Isla Juana Ramírez, del Toro y del Idolo son las islas de mayor tamaño (Fig. 3).

El puerto de desembarque considerado en este estudio, comprende el poblado de Tamiahua al sur de la Laguna, en este lugar se reciben capturas de la zona sur, comprendida entre la Isla del Toro y la boca de Corazones, principalmente.

### Clima

Según García (1973), el clima en la región es subhúmedo, lluvioso en verano y seco en invierno, a excepción de las frecuentes tormentas o "nortes" que se presentan durante septiembre-marzo y que se caracterizan por fuertes vientos fríos de dirección norte, con precipitación superior a 750 mm. y temperatura media anual de  $18^{\circ}$  C.

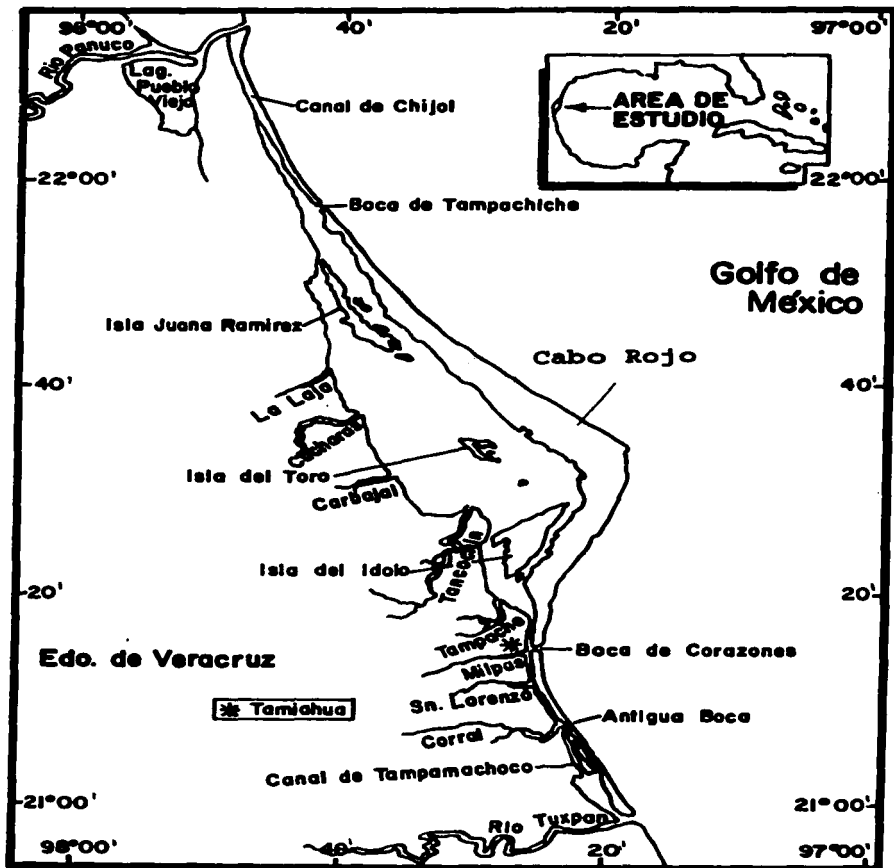


Fig. 3. Localización de la laguna de Tamiahua (modificado de Cruz, 1968).

Durante el verano prevalecen vientos del oeste que cambian hacia el este sureste, así como los del sur, de origen ciclónico, del Caribe, (Reséndez-Medina, 1970).

De la Laguna de Tamiahua ha sido estudiada su geología marina; la batimetría; distribución de sedimentos; de oxígeno disuelto, de clorinidad; fitoplancton; ictiofauna y foraminíferos recientes, entre otros (Cruz, 1966 y 1968; Reséndez-Medina, 1970; Villalobos et al., 1976; Ayala-Castañares, 1969; Ayala-Castañares y Segura, 1981), sin embargo, el trabajo de campo de los estudios mencionados se llevó a cabo anteriormente a la apertura artificial de la boca del norte (llamada Tampachiche) en 1970, este hecho ha dado lugar a cambios importantes en el régimen hidrológico natural de la laguna, con las consiguientes modificaciones del fondo y de la biota que puebla sus aguas.

Son numerosos los estudios posteriores a la abertura de la boca norte, sin embargo solamente hacen referencia a temas específicos y presentan información escasa y puntual sobre aspectos hidrobiológicos de la laguna en general, a diferencia de los anteriormente mencionados. No obstante, se consideran los estudios de Gutierrez y Contreras (1981) y de Contreras (1981), para describir las condiciones actuales de la Laguna en cuanto a temperatura, salinidad, nutrientes, producción primaria y oxígeno.

### Configuración y naturaleza del fondo

Según Cruz (1968) la laguna de Tamiahua tiene una profundidad entre 2 y 3 metros, el fondo de la parte occidental media tiene una pendiente más suave que el de la parte oriental, donde hay un canal más profundo mantenido por la acción de las mareas y en parte por dragados.

Para Villalobos et al. (1976) la batimetría de la laguna puede ser afectada considerablemente por la persistencia de movimientos de materiales dentro de la propia Laguna como de ésta al mar o de los arroyos y ríos a la misma como consecuencia de las lluvias, los vientos y particularmente por las perturbaciones ciclónicas durante el verano o de los vientos, del Norte durante el invierno.

Se distinguen 5 tipos de sedimentos en función del diámetro de las partículas y su grado de clasificación según Cruz (1968). Grupo I:



arenas finas, entre bien y moderadamente bien clasificadas, distribuidas en la parte norte de la laguna, en áreas cercanas a sotavento de la barrera arenosa y a las playas. Grupo II: arenas finas de transición, pobremente clasificadas. Grupo III: limos pobremente clasificados procedentes de los ríos y esteros del sur, distribuidos en las porciones occidental y sur de la laguna. Grupo IV: arcilla muy pobremente clasificada que predomina en la parte subcentral de la laguna. Grupo V: arcillas pobremente clasificadas en la porción central de la cuenca.

### Masas de agua y corrientes

De acuerdo con Villalobos et al. (1976) se enfatizan tres aspectos con respecto a la hidrología de Tamiahua; el de la clorinidad, la temperatura y el de la dinámica de sus aguas, quedando éste último implícito en la discusión de los parámetros de salinidad y temperatura.

### Salinidad

Está referida a los valores de clorinidad ya que las aguas de tipo estuárico, resultan de la mezcla de aguas marinas y continentales y la salinidad está determinada no solo por los halógenos de las aguas marinas, sino por los carbonatos y otras sales aportadas por las aguas dulces. Por lo tanto, Villalobos et al. (1976), se refieren sólo a valores de clorinidad y presentan, para dar una idea aproximada de la correspondencia de los valores clorínicos con los de salinidad, la siguiente tabla de equivalencias:

Clorinidad ‰	Salinidad ‰	Agua de Mar ‰
1.00	1.84	5.0
5.00	9.06	25.0
10.00	18.08	50.0
15.00	27.11	75.0
20.00	36.13	100.0

Se puede decir que la laguna de Tamiahua es un depósito constante de agua de tipo estuárico polihalino según su clorinidad media, que

temporalmente es influenciada por los aportes de agua continental y por el influjo de aguas neríticas que se introducen a nivel de la boca de Corazones, principalmente. De esta manera la clorinidad tiene oscilaciones que no llegan a ser muy apreciables, excepto cuando fluyen las grandes avenidas.

Por causa de los vientos el agua dulce y nerítica se mezclan esencialmente en zonas comprendidas en la parte central de la laguna.

En la parte sur, el agua fluvial se estratifica y se desliza sobre un gran manto de agua estuárica, buscando su salida a través de la barra de Corazones. También es posible que siga su curso por el canal de Tampamachoco, hecho que no ha sido comprobado.

Se ha logrado precisar en estas investigaciones que durante el estiaje las aguas de la laguna se introducen mas allá de la desembocadura, a través de un estrato inferior que se extiende hasta casi unas cinco millas marinas río arriba.

Cuando el gasto de los esteros aumenta, este frente de agua estuárica se retira hasta más o menos dos millas de la desembocadura. El establecimiento de ese frente de mezcla constituye, en el río de Cucharas, una estratificación durante la época lluviosa que da lugar en el nivel superficial, a una capa de aguas más frías de origen pluvial, un estrato medio de aguas de la Laguna y en el fondo, otro de aguas más frías de origen fluvial.

En la época de lluvias el flujo de agua dulce de los ríos se extiende sobre la Laguna, manifestándose su presencia en las playas de Cabo Rojo.

Las aguas que provienen del Río Pánuco arriban a la laguna a través del canal del Chijol. La influencia de estas aguas rara vez se deja sentir en la parte occidental, al parecer, porque las masas de agua se desplazan siguiendo principalmente la dirección del canal de navegación paralelo a la costa oriental de la Laguna. No obstante, durante la época de "nortes" la acción de los vientos dominantes desplaza una considerable masa de agua hacia el sur y suroeste, causando un desnivel en la parte norte que activa en forma notable el flujo de las aguas que corren a través del canal del Chijol. Esta corriente se desplaza principalmente a través del canal oriental de la isla Juana Ramírez y sigue hacia el sur por el canal de navegación.

En ausencia de "nortes" las aguas del Pánuco encuentran, por lo general, una resistencia en las aguas marinas que invaden la Laguna y que se desplazan hacia el norte, lo que propicia, por anulación de las fuerzas, una zona de aguas sin movimiento localizada más o menos a la mitad del canal oriental de la isla Juana Ramírez.

Las aguas de origen marino más frías y salinas penetran libremente en la parte sur de la laguna desde mediados de marzo; en abril la influencia se deja sentir en el sur de la isla del Idoló. Las aguas de origen marino y las aguas salobres de la Laguna al ponerse en contacto, originan un gradiente de mezcla que se extiende en una zona muy amplia ocasionando cambios de gran notoriedad. En el mes de julio las aguas de altos valores clorínicos se localizan en toda la parte sur y central de la Laguna, excluyendo la zona costera nor-oriental, que es ocupada por aguas de naturaleza menos clorínicas y más cálidas. A fines de julio y principios de agosto, los valores altos de clorinidad se presentan hasta el canal oriental de la isla Juana Ramírez. En esta época el agua de la porción norte de la Laguna debe sus características de clorinidad y temperatura a los aportes del Pánuco, a la insolación y a los vientos dominantes, cuya acción directa se restringe por la estrechez de la Laguna en esa porción.

El inicio y el establecimiento de la época de lluvias a partir de agosto, así como el advenimiento de los vientos dominantes del norte, van modificando la naturaleza de una gran parte de las masas de agua, observándose una franca variación en el mes de septiembre. El incremento del flujo de los esteros ocasiona la presencia de zonas de mezcla, que ofrecen gradientes que oscilan entre 16.00 y 7.00 ‰, de clorinidad (con equivalencia aproximada de 27.00 a 11.00 ‰ en valores de salinidad, respectivamente). Estas zonas, por lo regular, muestran cambios drásticos de clorinidad en áreas relativamente pequeñas.

### Temperatura

Las temperaturas registradas en diferentes niveles de la Laguna oscilaron entre 10.3°C, temperatura mínima registrada en una helada invernal, y 33°C durante el período de máxima insolación.

La temperatura de la laguna, tanto en el nivel del fondo como en el superficial, se halla determinada principalmente por el efecto de la insolación, y secundariamente por las características físicas de las aguas de invasión tanto marina como continental.

Las temperaturas más altas se registraron entre las 12 y las 14 horas, y las mínimas en las primeras horas de la mañana y al atardecer.

Durante el mes más lluvioso del año de 1966, la temperatura varió entre 24.5°C a las 08:05 horas y 25.0°C a las 19:20 horas del día de octubre.

Durante el mes más seco del año de 1967, la temperatura varió entre 18.8°C a las 08:45 horas y 25.0°C a las 15:45 horas del día 22 de enero.

De lo anterior se desprende que la oscilación de la temperatura es mayor en la época invernal o más seca, que en el verano que comprende la época lluviosa.

Durante el mes de enero la temperatura es menor desde la boca de Corazones hasta la parte sur de la isla del Idolo.

En general, es de considerarse que las aguas de invasión nerítica son más frías que las aguas propias de la laguna, excepto en el período invernal, durante el cual las aguas de la Laguna reciben fuertes heladas que se reflejan principalmente en el nivel superficial, que suele ser más frío que el nivel del fondo, sobre todo en las primeras horas de la mañana.

Se presentan a continuación las observaciones, sobre salinidad y temperatura que se realizaron en las estaciones mareográficas que mantiene en servicio el Instituto de Geofísica de la UNAM. Los datos de temperatura se obtuvieron de las lecturas de muestras de agua de mar, tomadas aproximadamente a medio metro bajo la superficie; la salinidad fue obtenida con base en la densidad media por medio de un hidrómetro y reducida a una temperatura estándar de 15°C.

Las gráficas que se presentan (Fig. 4 a y b) contienen valores medios de las medias mensuales de temperatura y salinidad y muestran la variación estacional de cada lugar. Para Cd. Madero, Tamps. se presenta el período de 1962 a 1973 y en el caso de Tuxpam, Ver., de 1958 a 1973.

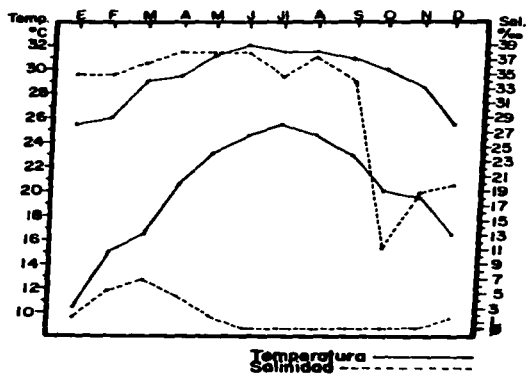


Fig. 4 a: Valores máximos y mínimos de salinidad y temperatura para Cd. Madero, Temp. en el periodo 1952-1973.

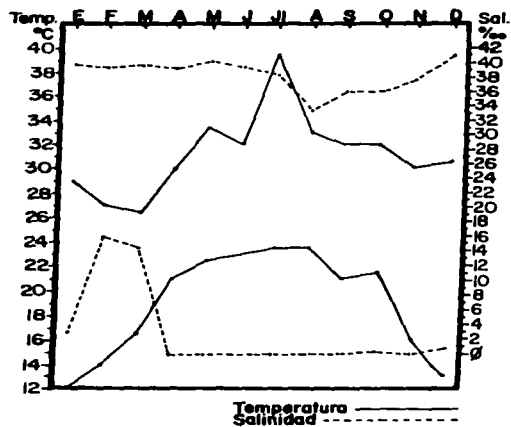


Fig. 4 b: Valores máximos y mínimos de salinidad y temperatura para Tuxpan, Ver. en el periodo 1958-1973.

Considerando que las muestras fueron obtenidas en superficie, los niveles de insolación, lluvias y la influencia de los vientos nortes son importantes para la comprensión de los resultados. Se observa en las gráficas que los valores medios mayores de temperatura se presentan entre mayo y septiembre y los menores durante noviembre a febrero, época que como se mencionó anteriormente, corresponde a la influencia de los vientos del norte; los valores mínimos de temperatura para Cd. Madero, Tamps., se presentan para los meses de enero y febrero (10.5°C y 15°C respectivamente), mientras que los valores máximos se encuentran en junio y julio con valores de 32.0°C y 31.5°C respectivamente.

En el Puerto de Tuxpam, Ver., la temperatura mínima se presenta en los meses de diciembre y enero (13.0°C y 12.0°C respectivamente), y la máxima, de 39.5°C en el mes de julio.

Para la salinidad los valores medios más bajos se presentan de julio a noviembre que corresponde al período de lluvia y principio de la época de "nortes", que generalmente vienen acompañados de lluvias; el valor máximo (38.1 ‰) se presenta para el mes de abril y el mínimo (0.0 ‰) para septiembre y noviembre.

Información obtenida posteriormente a la apertura de la boca de Tampachiche (Gutierrez y Contreras, 1981), menciona que las características estuarinas de la laguna quedan representadas por las variaciones en sus valores de salinidad que van de 24.11 a 29.82 ‰ en los meses de abril y agosto, siendo el mínimo y máximo respectivamente; a su vez, estos valores son promedio para toda el área, lo que la clasifica como una laguna mixohalina en la que las mayores salinidades se encuentran principalmente en las bocas de la laguna, provocando una zona de mezcla por el aporte de los ríos en la parte central de la misma.

Para Gutierrez y Contreras (1981) la temperatura mínima en la laguna de Tamiahua se registra en el mes de noviembre (18.6°C) y el máximo en el mes de mayo (30°C). Estos autores mencionan que la primavera presenta valores altos de temperatura y salinidad (30°C y 29.82 ‰) dados por el aumento de la insolación propia de esta época, que provoca una alta tasa de evaporación elevando así la concentración de sales, aunado a la ausencia de aporte de agua dulce. Del mismo modo señalan que a partir del mes de septiembre se presenta una drástica disminución de temperatura y salinidad provocadas por los "nortes".

## Oxígeno

Según Villalobos et al. (1976), los valores medios de oxígeno de las aguas de la laguna de Tamiahua, son ligeramente más altos que en otras zonas estuáricas. No obstante estos valores suelen descender en forma notable en el momento de las invasiones de aguas continentales o neríticas; en el primer caso con la afluencia de las primeras avenidas de aguas dulces los valores de oxígeno se abaten a veces hasta alcanzar la cifra de 1.0 ml/l, bien sea por la remoción de aguas profundas de los esteros con escaso contenido de oxígeno, o por la presencia de abundantes terrígenos dispersos que también atenúan los valores. Por otra parte, la invasión de la laguna por aguas marinas, imparte a las zonas que ellas ocupan, sus propios valores de oxígeno disuelto, que por lo regular oscilan entre 3.0 y 3.5 ml/l.

Contrariamente, se encontraron valores de alto contenido de oxígeno que llegaron a cifras superiores a los 7.0 ml/l. De acuerdo con los resultados anteriores Villalobos et al. (1976), agregan que la producción de fitoplancton es responsable de un alto y sostenido contenido de oxígeno disuelto en aguas reflejándose también una condición favorable de nutrimentos que habrán de traducirse en crecimiento y desarrollo de organismos mayores de interés en la biología pesquera.

Según Gutierrez y Contreras (1981), la cantidad de oxígeno disuelto se encuentra siempre superior al 100 % de saturación, debido a la difusión de este gas sobre la laguna y a la cantidad de oxígeno desprendido por procesos fotosintéticos que son de magnitud considerable. La variación de los valores de oxígeno disuelto que presenta Contreras (1981), van desde 18.6 hasta 30.2 ml/l.

## Productividad primaria

Como se mencionó anteriormente, Villalobos et al. (1976), citan que existe una alta producción de fitoplancton, exceptuando las áreas de mezcla entre esteros, arroyos y lagunas que contienen alta turbiedad y valores bajos de oxígeno y consecuentemente pobreza del plancton; este fenómeno se vio acentuado en la época de lluvias.

De acuerdo con Contreras (1981), se observan en la laguna de Tamiahua dos meses representativos de considerable actividad biológica y de características opuestas; la primera se presenta en la época invernal, en la que la productividad bruta en su mayoría, está dada por la respiración y es el resultado de los fenómenos climáticos imperantes. Al inicio de la época primaveral (marzo), las condiciones climáticas propician una mayor estabilidad en el ecosistema y es en este mes donde se presenta un surgimiento fitoplanctónico que propicia una productividad neta importante (176 mgC/m/hr) auspiciada por la disponibilidad de nutrientes y mayor penetración de luz.

## Nutrientes

Para Gutierrez y Contreras (1981) la limitación de los nutrientes en la Laguna es prácticamente inexistente, ya que se encuentran en concentraciones significativas durante todo el ciclo anual. Mencionan que en las zonas norte y sur el efecto de la marea provoca que el contenido de nutrientes sea menor que en la zona central, y que en ésta los aportes terrígenos proporcionan una mayor riqueza en elementos nutritivos.

## Especies acompañantes de Mugil cephalus y M. curema en la captura comercial

Se presenta a continuación la fauna ictiológica que acompaña a los mugílidos, siendo éstas las especies dominantes de la captura en términos de volumen. De los artes de pesca más empleados en la zona de estudio destacan la red agallera y la atarraya de diferentes aberturas de malla.



<b>NOMBRES CIENTIFICOS</b>	<b>NOMBRES COMUNES.</b>
<b>FAM. CLUPEIDAE</b>	
<i>Brevoortia patronus</i>	Lacha
<i>Dorosoma cepedianum</i>	Lacha escamuda
<i>D. petenense</i>	Lacha escamuda
<b>NOMBRES CIENTIFICOS</b>	<b>NOMBRES COMUNES.</b>
<b>FAM. CENTROPOMIDAE</b>	
<i>Centropomus parallelus</i>	Chucumite
<i>C. undecimalis</i>	Robalo blanco
<b>FAM. CARANGIDAE</b>	
<i>Trachinotus falcatus</i>	Palometa
<i>Caranx hippos</i>	Jurel
<i>Selene vomer</i>	Jorobado
<b>FAM. LUTJANIDAE</b>	
<i>Lutjanus griseus</i>	Pargo mulato
<b>FAM. GERREIDAE</b>	
<i>Diapterus olisthostomus</i>	Mojarra blanca
<i>D. rhombeus</i>	Boquilla
<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra rayada
<b>FAM. POMADASYDAE</b>	
<i>Conodon nobilis</i>	Ronco
<b>FAM. SPARIDAE</b>	
<i>Lagodon rhomboides</i>	Chopa
<i>Archosargus probatocephalus</i>	Sargo
<b>FAM. SCIAENIDAE</b>	
<i>Bairdiella chrysura</i>	Ronco
<i>B. ronchus</i>	Gurrubata
<i>Sciaenops ocellata</i>	Curvina
<i>Leiostomus xanthurus</i>	Ronco
<i>Cynoscion arenarius</i>	Trucha blanca
<i>C. nebulosus</i>	Trucha pinta
<b>FAM. EPHIPPIDAE</b>	
<i>Chaetodipterus faber</i>	Chabela
<b>FAM. CICHLIDAE</b>	
<i>Cichlasoma cyanoguttatum</i>	Guapota

## **Material y Métodos**

---

### **Actividades de campo**

El muestreo de campo se realizó tomando los ejemplares de las capturas comerciales desembarcadas en la población ribereña a la Laguna de Tamiahua, Ver., localizada en la cabecera municipal del mismo nombre (Fig.3).

Por capturas comerciales se entiende descargas de producto mayores a 10 kg. destinados a la venta regional o nacional y que fueron extraídas por pescadores libres, asociados, sociedades cooperativas de productos pesqueros, uniones pesqueras y permisionarios, empleando como artes de pesca atarrayas y tendales de diferentes dimensiones y abertura de malla.

Las visitas a la zona de colecta se llevaron a cabo mensualmente, durante los primeros ocho días de cada mes, durante un año, desde el mes de abril de 1991 al mes de marzo de 1992.

La submuestra se obtuvo con base en el diagrama de Tallo y Hoja (Tukey, 1977), dibujando una paralela menor a la curva. El método de Tallo y Hoja ha sido definido como un híbrido que combina los aspectos usuales del histograma con la información numérica que proporciona una tabla de distribución de frecuencias (Curts, 1986). De esta forma se pueden observar frecuencias de tallas de la población y obtener una muestra representativa de la captura.

A los ejemplares de la submuestra se les determinaron datos morfométricos y biológicos.

De cada lote de ejemplares se consignaron en las hojas de muestreo los siguientes datos: fecha de captura, zona de captura, peso total de la especie, peso total de la captura, especies acompañantes en la captura y su peso, arte de pesca usado, así como sus dimensiones y abertura de malla, tipo de embarcación (material y eslora), tipo de propulsión (caballaje cuando es motor) número de pescadores que intervinieron en la captura y tiempo invertido en la pesca.

### Actividades de laboratorio

Para obtener las mediciones se utilizó un ictiómetro colocando siempre al ejemplar sobre su costado derecho para determinar su longitud total, así también se midió la longitud estándar, longitud a la primera y segunda aleta dorsal, longitud a la aleta anal. Por medio de un vernier se obtuvo: la anchura máxima, altura mínima, longitud cefálica, el diámetro ocular y el grosor en altura máxima.

Posteriormente, se llevó a cabo la obtención del peso vivo del pez y a continuación se disectó con el objeto de obtener los siguientes pesos: eviscerado, vísceras, hígado y gónadas. Para la obtención de los pesos se usó una balanza electrónica con aproximación a 0.1 g. Así mismo, se obtuvieron las escamas y los otolitos.

El sexo de ambas especies se determinó a través de la clave para la madurez sexual de *M. cephalus* de Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980), misma que se presentará posteriormente.

La identificación de los organismos presentes en el contenido estomacal de ambas especies de mugílidos, a nivel de grandes grupos taxonómicos y a nivel específico en el caso de las diatomeas, fueron realizados por el Biól. Israel González y la M. en C. Patricia Sánchez Rueda, respectivamente. Quienes asequiblemente proporcionaron la información para ser analizada en esta tesis.

Para conocer los hábitos alimenticios se determinó el peso del contenido estomacal en una balanza electrónica de 0.1 g de error, así mismo se registró la longitud y diámetro del estómago por medio de un vernier.

El contenido estomacal se fijó en una solución de formaldehído al 10 ‰. Posteriormente, se extrajo el contenido estomacal el cual se colocó en

una probeta agregando agua destilada hasta un volumen conocido de 20 ml. De esta solución se tomaron dos alícuotas: la primera de 5 ml para la lectura del contenido estomacal a nivel de grandes grupos taxonómicos y la segunda (de 2 ml) que fue sometida a técnica de limpieza (Moreno, 1990) de acuerdo a los métodos de Hasle y Frixell (1970), y Simonsen (1974).

Con el material obtenido se elaboraron preparaciones permanentes por cuatuplicado a partir de submuestras de 0.1 ml montadas en resina sintética Sigma, cuyo índice de refracción aproximado es de 1.7. Para el análisis cualitativo y cuantitativo de diatomeas se tomó una preparación. El conteo incluyó varios campos dependiendo de la concentración de organismos hasta completar un mínimo de 300 organismos de acuerdo con el criterio de Keast (1968), según el cual, los individuos fragmentados o parcialmente destruidos se incluyen en los conteos siempre y cuando sean identificables.

En la identificación taxonómica de diatomeas fueron utilizadas las claves y descripciones de Cupp (1943), Cleve-Euler (1951, 1952, 1953a y 1953b), Foged (1975), Hasle (1964 y 1965), Hustedt (1930, 1961 y 1966), Licea (1974), Moreno (1985), Patrick y Reimer (1966), Peragallo (1897-1908), Prescott (1962) y Prescott et al. (1981 y 1982). El trabajo fue apoyado con microfotografías y fotomicroscopio invertido de contraste de fases. Fue evaluado el contenido de materia orgánica particulada como peso seco libre de cenizas. Se realizó un cálculo gráfico para caracterizar la distribución del tamaño de grano de acuerdo con el criterio de Folk y Ward (1957).

Para la obtención de la fecundidad fueron utilizadas las gónadas de las hembras en fase V de maduración, de acuerdo a la clave de Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980). Se utilizó el método gravimétrico de obtención de fecundidad (Simpson, 1959).

## **Métodos de análisis de la información**

Aquí se presenta la metodología empleada para cada análisis de forma general. No obstante, se comentarán los métodos en cada una de las secciones con el objeto de profundizar en cada caso.

## **Análisis de la forma**

Fueron obtenidas 10 medidas morfométricas de las dos poblaciones de *M. cephalus* y *M. curema*, de muestras tomadas entre abril de 1990 y marzo de 1991. Los organismos fueron sexados y medidos en fresco. Los ejemplares cuyo sexo no fue determinado se descartaron para el análisis. La longitud total (LT), longitud estándar (LS), longitud a la primera y segunda aleta dorsal (LPD1 y LPD2) y la longitud a la aleta anal (LPA), fueron medidas con aproximación a 1 mm. con la ayuda de un ictiómetro graduado. El resto de las medidas ( Anchura máxima (A. máx.), Anchura mínima (A mín.), Longitud cefálica (LC), Diámetro ocular (D. oc.) y el grosor (Grosor)), fueron obtenidas por medio de un vernier con aproximación a 0.01 mm. Los datos fueron divididos en 4 grupos por sexo y por especie.

## **Estimación de la alometría**

Inicialmente se estimaron las relaciones alométricas de cada una de las medidas en relación a la longitud total por medio del modelo:  $Y = a X^b$ , ajustado en coordenadas logarítmicas neperianas:  
 $\ln Y = \ln a + b \ln X + \epsilon$ .

## **Análisis multivariante**

Fueron utilizados los análisis factoriales de Componentes Principales, de Correspondencias y Canónico de Poblaciones.

## **Edad y crecimiento**

La determinación de la edad se llevó a cabo a través de los análisis de frecuencias de tallas (Petersen, 1892; Cassie, 1954; Battacharya, 1967) y por medio de la lectura de escamas y otolitos. Posteriormente se utilizó esta información con el objeto de obtener las constantes de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy (1938), a través de los métodos propuestos por Ford (1933), Walford (1946), Gullan (1965), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966), Beverton (1954) y Fishparm (1987), para la especie, como para las hembras y los machos.

## Reproducción y fecundidad

Se obtuvo la variación mensual de la frecuencia relativa de los estadios de desarrollo gonádico. Para determinar la proporción de sexos se obtuvo la proporción de hembras y machos con respecto al total de individuos presentes en el muestreo. La talla de maduración se estimó observando la talla mínima a la cual los organismos presentan madurez sexual considerando la etapa V de maduración, según Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980). Para la estimación de la fecundidad total se obtuvieron dos submuestras de aproximadamente 500 huevos, utilizando para el cálculo total la siguiente expresión:

$$F = n * P/p$$

donde:

F= fecundidad.

n= número de huevos de la submuestra.

p= peso de la totalidad de los óvulos (g).

P= peso promedio de la submuestra (g).

Se estimó la relación de la talla vs. la fecundidad, el peso vivo y el peso de las gónadas por medio de la regresión lineal resistente y la regresión por mínimos cuadrados.

## Indices Morfofisiológicos

Con los datos obtenidos del análisis biológico se calcularon los llamados indicadores morfofisiológicos que reflejan el peso relativo de órganos y tejidos en relación con el peso del cuerpo, y que poseen una relación estrecha con el metabolismo del pez.

Ellos son: los índices gonadosomático (IG), y hepatosomático (IH) (relación porcentual entre el peso de las gónadas y el hígado con el peso del pez eviscerado) y el factor de condición (K). Este último se calculó empleando el peso del pez eviscerado (Clark, 1928).

$$K = \frac{P s/v * 100}{L^3}$$

donde:

P s/v = peso eviscerado.

L = longitud total.

Debido a que el factor de condición de Clark presenta la desventaja de excluir las grasas acumuladas en algunos órganos, también fue empleado el factor de condición propuesto por Fulton (1902), que utiliza el peso total del pez.

## Hábitos alimenticios

La lista taxonómica del contenido estomacal, a nivel de grandes grupos taxonómicos, fue obtenida por González (1994) y el del contenido específico de diatomeas por Sánchez (1995).

Con la información del contenido estomacal identificado a nivel de grandes grupos, se estimaron los porcentajes numéricos anuales y mensuales.

Con los resultados del conteo de diatomeas a nivel de especie, se realizaron los siguientes análisis:

### Frecuencia de ocurrencia

Con base en el criterio de Hureau (1970) se estableció una clasificación en función de la frecuencia de ocurrencia de diatomeas.

### Índice de diversidad de Levins (1968)

Se calculó el porcentaje numérico de los componentes de la muestra de diatomeas. Se obtuvo mensualmente el índice de diversidad de la dieta de Levins (1968).

## **Indices de solapamiento de las dietas de M. cephalus y M. curema**

Se obtuvieron mensualmente dos indices de solapamiento de dietas: 1) Horn (1966) y 2) MacArthur y Levins (1967). La medida utilizada en la aplicación de estos indices fue el porcentaje total en número de diatomeas.

### **Análisis de grupos (cualitativos y cuantitativos)**

Se realizó un análisis de grupos y su representación en un dendrograma con el objeto de comparar las muestras mensuales de los contenidos estomacales de ambas especies, utilizando el porcentaje en número de diatomeas normalizados a través de los indices cuantitativos de correlación lineal y porcentaje de similaridad. Así mismo, se llevó a cabo el análisis de grupos con los indicadores cualitativos de Sokal y Michener y de Jacart. Como medida de distancia se utilizaron los algoritmos de Ward y UPGMA.

### **Mortalidad**

Para la determinación de la mortalidad natural se utilizó el método de Taylor (1960) que toma en cuenta los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy, en el caso de la obtención de la mortalidad por pesca se emplearon las curvas de captura.

## **Coexistencia mediada por variación temporal en el reclutamiento entre Mugil cephalus y M. curema en la Laguna de Tamiahua, Veracruz**

Con el objeto de analizar las oscilaciones anuales de densidad de Mugil cephalus y M. curema en la Laguna de Tamiahua se obtuvieron los datos sobre los volúmenes de captura directamente de las oficinas de la Secretaría de Pesca, donde se registran las capturas realizadas en la Laguna. Se separó la información por mes/año, para los resultados que aquí se presentan; se eligió el período comprendido entre los años de 1982 a 1987 por ser éste el más completo. Es muy importante mencionar



que durante este período no existía ninguna restricción en la captura de estas especies y que además, ésta se llevaba a cabo exclusivamente dentro de la Laguna de Tamiahua.

Con el propósito de probar la estacionalidad en el desove de ambas especies se llevó a cabo un análisis de series de tiempo a través del Análisis Exploratorio de Datos (Tukey, 1977), con el suavizador 4253 HT, el cual es una técnica de suavizamiento robusta que puede revelar tendencias y patrones de comportamiento; así también, se obtuvieron los residuos. Se realizó una transformación de raíz cuadrada de los pesos de la captura debido a que ésta fue la más apropiada. Se llevó a cabo un análisis de autocorrelación con el objeto de identificar la relación de los valores de los datos consigo mismos en los 6 períodos anuales mencionados.

Finalmente se realizó un análisis de correlación cruzada entre los valores mensuales de captura de ambas especies, con el objeto de determinar las posiciones de correspondencia pronunciada a sucesivos retrasos.

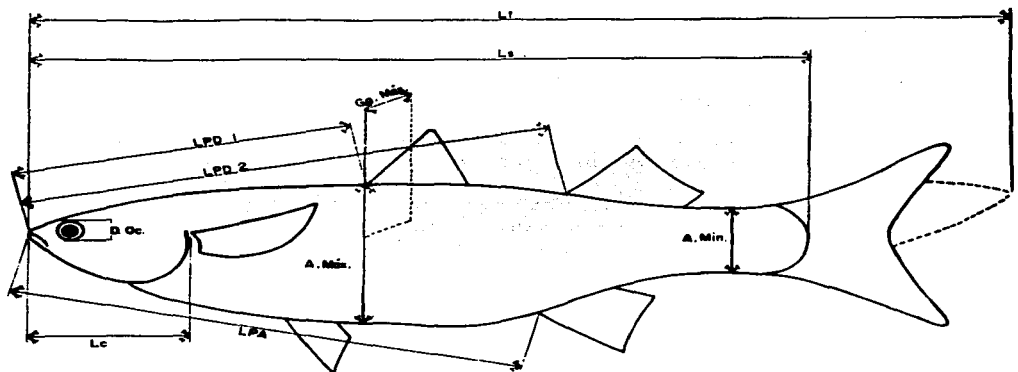
## Resultados y Discusión



## Estudio de la forma

RESUMEN: Se estudian las diferencias morfométricas, a través de 10 medidas, entre las dos especies de Mugilidos (*M. cephalus* y *M. curema*) y sus sexos. Los datos se organizaron de dos formas: a) agregados en un solo conjunto, y b) desagregados por sexo y especie. Se realiza el cálculo de los parámetros de las relaciones alométricas y se hace una comparación entre sexos. Posteriormente los datos se someten a 3 normalizaciones con el objeto de eliminar el efecto de la talla, y se llevan a cabo: análisis de componentes principales, correspondencias y canónico de poblaciones para cada una de las organizaciones (a y b). Los datos indican que la morfología de las dos especies es distinta, existiendo una mayor diferencia entre los sexos de *M. cephalus*, mientras que no hay desigualdades importantes entre los sexos de *M. curema*. Las variables morfométricas que influyeron mayormente en la discriminación de los grupos, fueron: el grosor (Ga. Máx.), la longitud preanal (LPA) y la longitud cefálica (Lc).

Se tomaron 10 medidas morfométricas (se presentan en la figura 5), de las dos poblaciones de *M. cephalus* y *M. curema*.



L1= long. total.	LPD1= long. primera aleta dorsal.	Lc= long. cefálica.	A. Máx.= anchura máxima.	D. Oc.= diámetro ocular.
L2= long. estándar.	LPD2= long. segunda aleta dorsal.	LPA= lon. preanal.	A. Mín.= anchura mínima.	Ga. Máx.= grosor en anchura máxima.

Figura 5. Medidas morfométricas tomadas en *M. cephalus* y *M. curema*.

En la tabla 1 se presenta el tamaño de muestra, la media de la longitud total (en cm) así como, la varianza y rango de tallas de los organismos, sus sexos y los ejemplares indiferenciados.

**TABLA 1**  
**TAMAÑO DE MUESTRA, MEDIA, VARIANZA Y RANGO DE TALLAS**  
**(LT EN CM) DE LAS ESPECIES, SUS SEXOS Y LOS ORGANISMOS**  
**INDIFERENCIADOS**

	n	media	var	rango
<i>Mugil curema</i>				
Hembras	179	27.8	8.7	27.8 - 37.0
Machos	130	25.4	8.0	17.6 - 33.9
Indif.	21	24.19	7.7	16.3 - 27.9
<i>Mugil cephalus</i>				
Hembras	126	38.7	32.1	25.8 - 53.0
Machos	123	34.4	11.8	21.7 - 45.6
Indif.	32	24.8	5.48	20.8 - 28.4

Los datos se han organizado de dos formas: a) agregados en un solo conjunto y, b) desagregados en 4 grupos, por sexo y por especie.

De esta forma disponemos de 4 matrices, por especie y sexo, cada una de ellas con 10 columnas (una por cada variable) y distinto número de filas (una por cada individuo muestreado; Tabla 2).

**TABLA 2**  
**MATRICES EMPLEADAS EN LOS ANALISIS MULTIVARIANTES**

Especie	sexo	código	tamaño de muestra
<i>Mugil cephalus</i>	hembras	LIHE	126
<i>Mugil cephalus</i>	machos	LIMA	123
<i>Mugil curema</i>	hembras	LEHE	179
<i>Mugil curema</i>	machos	LEMA	130

Asimismo se dispuso también de todos los datos agrupados en una única matriz con 558 filas.

## Datos agregados

Con los datos agregados en una única matriz con 558 filas se realizaron los siguientes análisis:

1.- Análisis de componentes principales, correspondencias y canónico de poblaciones de los logaritmos de la matriz de datos agregados. A este procedimiento lo llamaremos ln.

2.- Filtrado de los datos a través de la notación:

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij}}{X_0}$$

donde  $Y_{ij}$ , es la variable  $i$  del individuo  $j$ ,  $Z_{ij}$  es el valor que toma la variable  $Y_{ij}$  una vez transformada y  $X_0$  es un valor de referencia de la longitud total, el cual fue establecido en 30 cm, por ser este valor cercano a la media en ambas especies (Tabla 1). Una consecuencia de este proceso es la pérdida de la primera columna de datos al convertirse a  $X_0$  en todas las filas.

A este procedimiento lo identificaremos por el código HT (Homogenización de Talla). Se realizó análisis de componentes principales (CP), correspondencias (CO) y canónico de poblaciones (CANP) sobre esta matriz.

3.- Normalización o filtrado de los datos mediante la fórmula (Lombarte & Leonart, 1993)

$$Z_{ij} = Y_{ij} \left[ \frac{X_0}{X_j} \right]^{b_i} \quad (2)$$

donde  $Z_{ij}$  es el valor que toma la variable  $Y_{ij}$  una vez transformada,  $X_j$  es la longitud total del individuo  $j$ ,  $b_i$  es el parámetro de la relación alométrica entre la longitud total y la variable  $i$ , y  $X_0$  representa un valor de referencia de la talla al cual reducimos (o ampliamos) todos

los individuos. Dicho valor de referencia fue establecido en 30 cm. Una consecuencia de este proceso es la pérdida de la primera columna de datos al convertirse a  $X_0$  en todas las filas.

Estos datos fueron agrupados desde un principio y luego transformados de acuerdo con una estimación única de los parámetros alométricos comunes. Los identificamos por el código AT (agrupados y transformados).

Sobre esta matriz, se realizaron los análisis de: componentes principales (CP), correspondencias (CO) y canónico de poblaciones (CANP).

### Datos desagregados

Con los datos desagregados se realizaron los siguientes análisis:

4.- Cálculo de los parámetros de las relaciones alométricas entre la longitud total ( $L_t$ ), tomada como variable independiente, y cada una de las otras 9 variables tomadas como variable dependiente. Empleamos la notación:

$$Y_{ij} = a_i X_j^{b_i} \quad (3)$$

donde  $X_j$  es la longitud total del individuo  $j$ ,  $Y_{ij}$ , es la variable  $i$  del individuo  $j$ , y  $a_i$  y  $b_i$  son los parámetros de la relación alométrica entre la longitud total y la variable  $i$ .

5.- Normalización, o filtrado, de los datos mediante la fórmula (Lombarte & Lleonart, 1993), como se mencionó anteriormente.

Estos datos fueron transformados de acuerdo con los parámetros de alometría calculados para el correspondiente especie y sexo, y luego agrupados en una sola matriz. Los identificamos por el código TA (transformados y agrupados).

Se realizaron: análisis de componentes principales (CP), correspondencias (CO) y canónico de poblaciones (CANP) sobre la matriz agrupada resultante.

De los análisis mencionados se obtuvieron los siguientes resultados:

### Datos agregados

1.- El análisis de componentes principales del logaritmo de los datos agregados (Fig. 6) muestra un alto porcentaje del total de la varianza explicado en el primer eje (Tabla 3), lo que refleja la diferencia en el rango de tallas de los individuos.

TABLA 3  
PORCENTAJE ACUMULADO DE LA VARIANZA EN  
LOS TRES PRIMEROS EJES DE LOS DIVERSOS  
ANÁLISIS

Anál.	Proc.	Eje 1	Eje 2	Eje 3
<b>a) Agregados.</b>				
CO	ln	58.01	80.76	89.78
CP	ln	92.44	95.92	97.29
CANP	ln	98.02	99.50	100.0
CO	HT	37.77	53.18	65.98
CP	HT	92.89	96.12	97.48
CANP	HT	98.27	99.49	100.0
CO	AT	37.00	61.08	75.30
CP	AT	29.16	45.66	57.82
CANP	AT	70.31	92.28	100.0
<b>b) Desagregados.</b>				
CO	TA	55.76	74.64	84.55
CP	TA	30.43	48.58	61.78
CANP-10var	TA	92.79	99.38	100.0
CANP-9var	TA	54.74	96.21	100.0



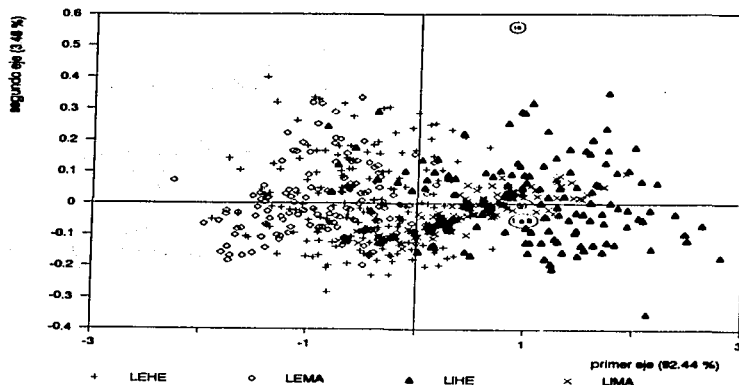


Figura 6. Análisis de Componentes Principales de los logaritmos de la matriz de datos agregados.

Todas las variables analizadas estuvieron altamente correlacionadas con el primer componente. Las correlaciones fueron del mismo signo y de similar magnitud (Tabla 4), patrón que expresa variación en la talla (Neff & Smith, 1978; Thorpe, 1983; Corti et al., 1988; Cuadras, 1991). Contrariamente, para que un componente se identifique como "forma" debe tener algunos de los coeficientes de diferente signo, unos deben ser positivos y otros negativos. Un factor de forma debe ser tal que un incremento del factor resulte de un incremento de unas medidas y de un decremento de otras (Cuadras, 1991).

TABLE 4  
MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS LOGARITMOS DE LA  
MATRIZ DE LOS DATOS AGREGADOS

Var\Dim.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Le	1.0000									
La	0.9897	1.0000								
A.Máx.	0.9456	0.9375	1.0000							
A.Mín.	0.9184	0.9189	0.8893	1.0000						
LPD1	0.9823	0.9756	0.9281	0.9028	1.0000					
LPD2	0.9902	0.9863	0.9449	0.9143	0.9888	1.0000				
LPA	0.9871	0.9822	0.9409	0.9068	0.9872	0.9909	1.0000			
Lc	0.9567	0.9551	0.9158	0.9015	0.9460	0.9552	0.9508	1.0000		
D.Oc.	0.9567	0.9526	0.9300	0.9061	0.9465	0.9543	0.9493	0.9402	1.0000	
Ga.Máx.	0.7990	0.7887	0.7669	0.7419	0.7791	0.7852	0.7723	0.7494	0.7936	1.0000

Para una aplicación correcta del análisis canónico de poblaciones (CANP) es necesario verificar dos hipótesis: la primera se refiere a la homogeneidad de matrices de covarianzas;  $H_{0,a}: C_1 = \dots = C_k$  (la cual debe ser aceptada), y la segunda hipótesis que se debe estudiar es;  $H_{0,b}: M_1 = \dots = M_k$  la cual, al contrario de  $H_{0,a}$  debe ser rechazada para que tenga sentido la aplicación del CANP. En el presente trabajo la primera hipótesis no se cumplió para el tratamiento ln, hecho que sucede normalmente (Tabla 5), sin embargo, tras examinar la matriz de covarianza se observó que los signos no cambian de una población a otra; esto es, la orientación de los elipsoides de concentración no varía demasiado, siendo todavía posible realizar un CANP (Cuadras, 1991).

TABLA 5

## ANÁLISIS CANÓNICO DE POBLACIONES DE LAS 10 VARIABLES MORFOMÉTRICAS

## 1) Homogeneidad de matrices de covarianzas.

## a) Agregados

Proc.	$\chi^2$	g.l.
ln	1601.23*	165
HT	1821.91*	135
AT	1336.19*	135

## b) Desagregados

Proc.	$\chi^2$	g.l.
TA	1399.06*	135

\* valor significativo ( $p < 0.05$ ).

## 2) Comparación de las poblaciones.

La razón de  $\lambda$  de Wilks y el valor de F correspondiente son:

## a) Agregados

Proc.	$\lambda$	F	g.l.
ln	0.0874	69.058	30 y 1600
HT	0.0876	68.933	27 y 1595
AT	0.6321	84.134	27 y 1595





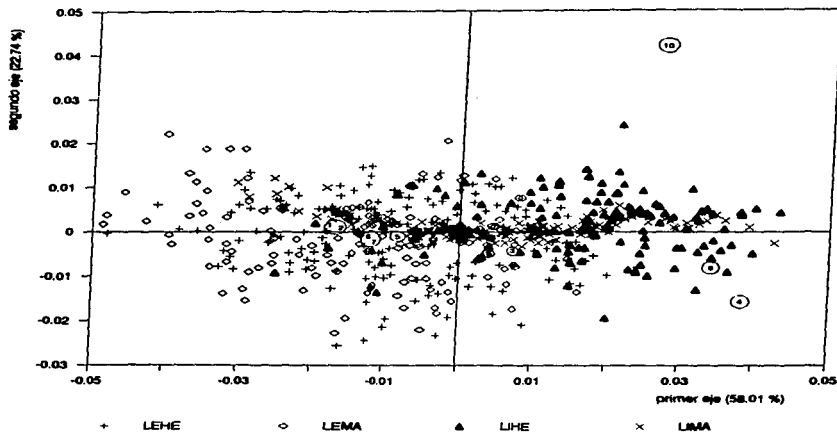


Figura 7. Análisis de Correspondencias de los logaritmos de la matriz de datos agregados.

Evidentemente la nube mayor de puntos en el caso del análisis de correspondencias se encuentra en las tallas con mayores valores de frecuencia.

Estos análisis evidencian que, a pesar de llevar a cabo una normalización por medio del uso de logaritmos, no se elimina el efecto de talla en las poblaciones.

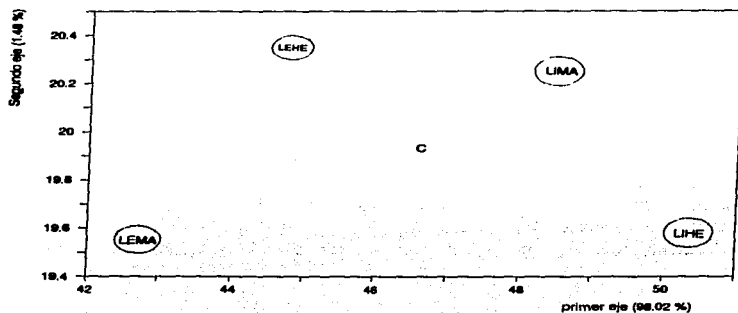


Figura 8. Análisis Canónico de Poblaciones de los logaritmos de la matriz de datos agregados. Co. centroide.

2.- Al igual que en el caso anterior, el análisis de componentes principales del procedimiento HT (Fig. 9) muestra un alto porcentaje del total de la varianza explicado en el primer eje (Tabla 3), lo que refleja que a pesar del filtro utilizado con el objeto de eliminar el efecto de la talla éste persiste.

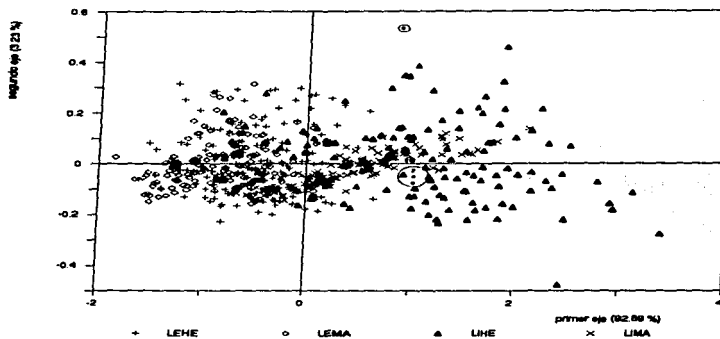


Figura 9. Análisis de Componentes Principales de la matriz de datos agregados con el procedimiento HT.

De nuevo todas las variables analizadas estuvieron altamente correlacionadas con el primer componente siendo del mismo signo y de similar magnitud (Tabla 6), patrón que expresa variación en la talla.

TABLA 6  
MATRIZ DE CORRELACIONES DEL ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS DATOS AGREGADOS, CON EL PROCEDIMIENTO HT.

Var\Dim.	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ls	1.0000								
A.máx.	0.9443	1.0000							
A.mín.	0.9202	0.8266	1.0000						
LPD1	0.9764	0.9439	0.9044	1.0000					
LPD2	0.9870	0.9508	0.9144	0.9892	1.0000				
LPA	0.9830	0.9467	0.9076	0.9875	0.9910	1.0000			
Lc	0.9588	0.9213	0.9050	0.9492	0.9589	0.9541	1.0000		
D.Oc.	0.8067	0.7866	0.7534	0.7974	0.8032	0.7931	0.7625	1.0000	
Ga.Máx.	0.9531	0.9378	0.9086	0.9450	0.9539	0.9488	0.9392	0.8123	1.0000

En las figs. 10 y 11 se observa la representación de los individuos en los dos primeros ejes para los análisis de correspondencia y canónico de poblaciones respectivamente. Es notorio el gran parecido que estas figuras guardan con respecto a las anteriores (las correspondientes al procedimiento ln, figs. 7 y 8 respectivamente), lo cual muestra que el filtro utilizado no logra eliminar el efecto con las tallas.

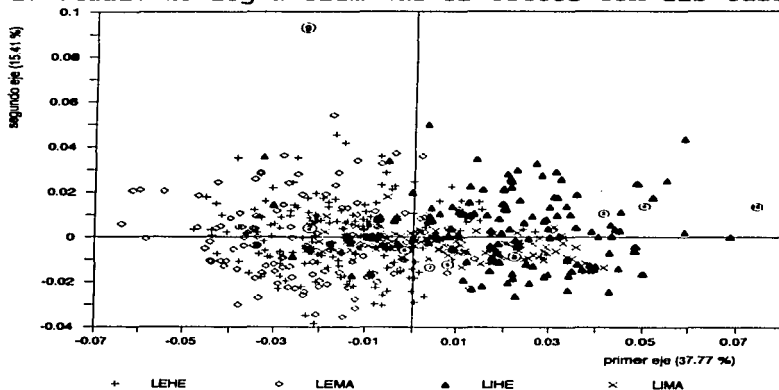


Figura 10. Análisis de Correspondencias de la matriz de datos agregados con el procedimiento MT.

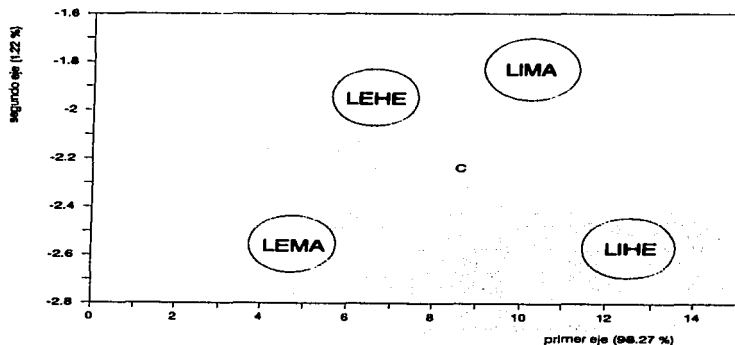


Figura 11. Análisis Canónico de Poblaciones de la matriz de datos agregados con el procedimiento MT. C= centroeide.

3.- En el caso del análisis de correspondencias y componentes principales para el procedimiento AT, se observa que los dos primeros ejes muestran el 61 y el 46 % de la varianza total explicada, respectivamente (Tabla 3). Valores que se consideran bajos para poder explicar la variabilidad del grupo de variables en estudio. Para el análisis canónico de poblaciones (CANP), no se cumplió la primera hipótesis (H<sub>0</sub>,a) para este tratamiento, asimismo tras examinar las matrices de covarianza se observó que los signos cambian de una población a otra, esto es, la orientación de los elipsoides de concentración varía demasiado, no siendo posible realizar un CANP (Tabla 5).

### Datos desagregados

4.- Los resultados del cálculo de parámetros de las relaciones alométricas se presenta en la tabla 7. El crecimiento relativo de las variables es distinto para cada una de las especies. En ambos sexos de *M. curema* la mayoría de las variables crecen de manera isométrica, mientras que para *M. cephalus* el crecimiento alométrico es más común. Así mismo la prueba de t empleada señaló una mayor discrepancia entre las alometrías de los sexos de *M. cephalus* (siendo 7 las variables distintas) que de *M. curema* (con 3 variables significativamente diferentes).

TABLA 7  
CALCULO DE PARAMETROS DE LAS RELACIONES ALOMETRICAS DE LOS  
DATOS DESAGREGADOS, COMPARACION ENTRE SEXOS.

Var.	Hembras					Machos					
	a	b	r	alom.	t <sub>1</sub>	a	b	r	alom.	t <sub>1</sub>	t <sub>1</sub> entre sexos
2	0.892	0.972	0.97	-	1.346	0.994	0.938	0.95	-	2.220*	0.968
3	0.185	1.013	0.91	+	0.313	0.068	1.295	0.98	+	12.826*	5.941*
4	0.170	0.815	0.81	-	3.510*	0.031	1.266	0.97	+	9.236*	7.515*
5	0.312	1.041	0.98	+	2.135*	0.495	0.928	0.91	-	1.330	2.688*
6	0.516	1.031	0.99	+	2.039*	1.027	0.834	0.94	-	5.866*	6.121*
7	0.471	1.047	0.98	+	2.749*	0.879	0.870	0.95	-	4.962*	5.646*
8	0.284	0.895	0.89	-	2.606*	0.354	0.820	0.93	-	6.020*	1.497
9	0.015	1.328	0.98	+	14.709*	0.004	1.759	0.96	+	16.536*	8.442*
10	0.116	1.023	0.88	+	0.470	0.034	1.355	0.93	+	7.505*	4.873*



TABLA 7  
CONTINUACION

b). Mugil curema

Var.	a	b	r	aloc.	t <sub>a</sub>	a	b	r	aloc.	t <sub>a</sub>	t <sub>a</sub> entre sexos
2	0.805	1.000	0.98	-	0.000	0.827	0.990	0.97	-	0.481	0.385
3	0.252	0.917	0.78	-	1.488	0.260	0.906	0.78	-	1.465*	0.120
4	0.112	0.915	0.68	-	1.139	0.053	1.140	0.82	+	1.994*	2.196*
5	0.368	1.010	0.95	+	0.385	0.446	0.951	0.93	+	1.485	1.404
6	0.518	1.030	0.98	+	1.744	0.555	1.007	0.97	+	0.324	0.832
7	0.534	1.006	0.96	+	0.256	0.524	1.009	0.95	+	0.307	0.080
8	0.226	0.942	0.94	-	2.189*	0.525	0.689	0.76	-	12.440*	4.297*
9	0.031	1.191	0.90	+	4.505*	0.047	1.098	0.87	+	1.753	1.323
10	0.030	1.417	0.98	+	19.128*	0.078	1.124	0.78	+	1.570	3.574*

Clave: Var., variables: 2, Ls.; 3, A.máx.; 4, A.mín.; 5, LPD1; 6, LPD2; 7, LPA; 8, Lc; 9, D. Oc.; 10, Ga.Máx. t; estadístico t (con valor de significancia  $P < 0.05$ ). \*; valores significativos de t; t<sub>a</sub> = entre sexos; t<sub>b</sub> = t del parámetro b'=1.

5.- Para el procedimiento TA, la varianza explicada por los dos primeros vectores del análisis de correspondencias (CO) y de componentes principales (CP) fue de 75 y 49 % respectivamente (Tabla 3). Por tanto, el análisis de correspondencias para los grupos transformados y agregados (TA), acumuló un buen porcentaje de la varianza, a diferencia del análisis de componentes principales (Fig. 12).

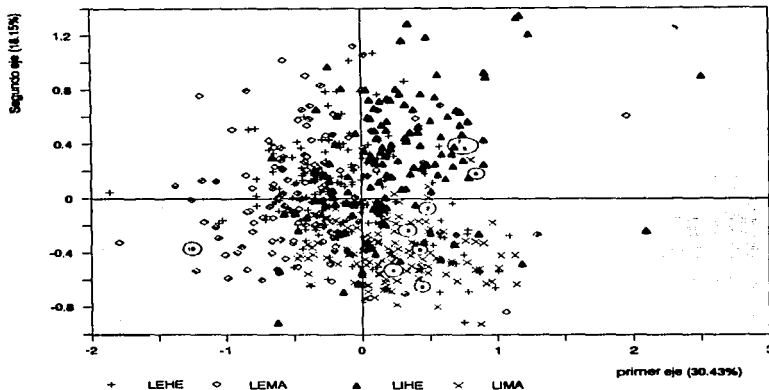


Figura 12. Análisis de Componentes Principales de la matriz de datos desagregados, con el procedimiento TA.

La matriz de correlaciones (Tabla 8) muestra que éstas fueron de diferente signo y magnitud, patrón que expresa variación en la "forma" y no en la "talla" (Corti et al., 1988; Cuadras, 1991). Las correlaciones mayores se presentan entre la longitud a la primera y segunda aletas dorsales y la longitud a la aleta anal, esto es debido al crecimiento relativo de la cabeza. Según Burdak (Aleev, 1963) en los Mugilidos se origina una reducción del tamaño de la boca al pasar de juveniles a adultos, acompañado de un empequeñecimiento de la cabeza. El diámetro ocular mostró en 6 de los 8 casos una correlación negativa, diferenciándose así de los caracteres identificados como "forma del cuerpo".

TABLA 8  
MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS DATOS DESAGREGADOS, CON EL  
PROCEDIMIENTO TA

Var\Dim.	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ls	1.0000								
A.máx.	0.0731	1.0000							
A.mín.	0.1831	0.1896	1.0000						
LPD1	0.1380	0.1365	-0.0213	1.0000					
LPD2	0.2314	0.2114	0.0308	0.6538	1.0000				
LPA	0.2274	0.1344	-0.0421	0.6122	0.6289	1.0000			
Lc	0.2328	0.1357	0.2573	0.1197	0.1928	0.2071	1.0000		
D.Oc.	-0.0718	-0.0102	0.0019	-0.1594	-0.1427	-0.3240	-0.3868	1.0000	
Ga.Máx.	0.1561	0.3173	0.3157	0.1079	0.1289	0.0755	0.3222	0.0473	1.0000

La representación gráfica del análisis de correspondencias se presenta en la Fig. 13, en donde se nota claramente la separación de las especies e incluso de los sexos de *M. cephalus*.

Se aprecia que los machos de *M. cephalus* se presentan en un conglomerado compacto mientras que las hembras muestran mayor variabilidad. Las medidas que revisten mayor influencia en la separación de estos grupos son el grosor (Ga. Máx.) y la longitud cefálica (Lc) en mucho menor proporción, así como la anchura mínima (A. mín) (Tabla 9).

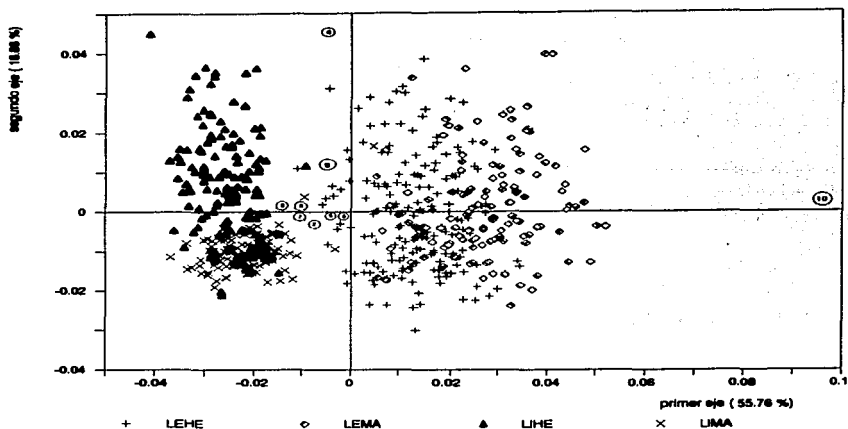


Figura 13. Análisis de Correspondencias de la matriz de datos desagregados con el procedimiento TA.

TABLA 9  
 VARIANZAS DE LOS 3 PRIMEROS EJES DEL ANALISIS  
 DE CORRESPONDENCIAS PARA EL PROCEDIMIENTO TA,  
 CON LOS DATOS DESAGREGADOS

Var. \ Ejes	1	2	3
Ls	-0.0028	-0.0048	-0.0044
A. máx.	-0.0041	0.0005	0.0140
A. mín.	-0.0057	0.0464	-0.0140
LPD1	-0.0049	-0.0084	-0.0043
LPD2	-0.0037	-0.0069	-0.0040
LPA	-0.0064	-0.0082	-0.0043
Lc	-0.0149	0.0010	0.0006
D. Oc.	-0.0025	0.0118	0.0260
Ga. Máx.	0.0997	0.0004	-0.0009

En el caso del análisis canónico de poblaciones (CANP), la primera hipótesis no se cumplió para el tratamiento TA, (Tabla 4), sin embargo, tras examinar la matriz de covarianza se observó que los signos no

cambian de una población a otra, esto es, la orientación de los elipsoides de concentración no varía demasiado, siendo todavía posible realizar un CANP (Cuadras, 1991).

Los resultados poblacionales de las variables canónicas 1 y 2 para ambas especies de Mugílidos con el procedimiento TA se graficaron en la Fig. 14. Los radios de las regiones confidenciales están calculados con un coeficiente de confianza del 90 %. Los dos primeros ejes explican el 99.38 % de la varianza. Como los dos primeros ejes canónicos absorben casi toda la variabilidad, la distancia geométrica prácticamente coincide con la distancia de Mahalanobis. De esta representación canónica se deduce una diferenciación notoria entre los 4 grupos.

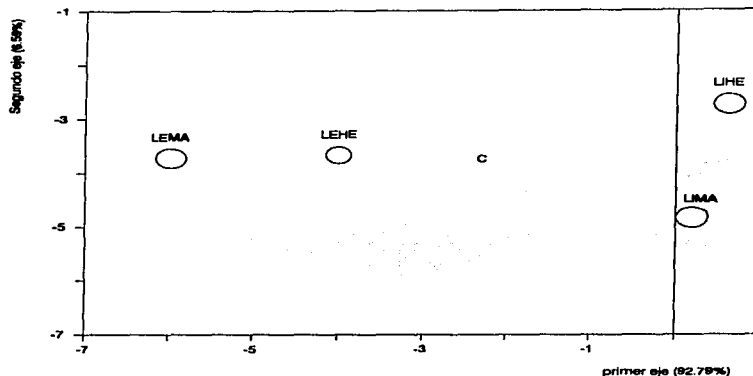


Figura 14. Análisis Canónico de Poblaciones de la matriz de datos desagregados con el procedimiento TA. Ca centroide

La estructura factorial de las variables canónicas (Tabla 5) muestra que la variable "Ga. Máx." es la que incide con mayor influencia en la discriminación de las poblaciones, siendo el resto de las variables pobremente significativas, como en el caso del análisis de correspondencias. A este respecto se pensó que la variable grosor (Ga. Máx.) es una medida influenciada también por el estado de la madurez sexual en el que se encuentran los ejemplares en el momento de la medición. De esta forma se decidió eliminar esta medida y proceder nuevamente al análisis canónico de poblaciones (CANP).

En este segundo análisis que cumple, como el primero, con los requisitos del CANP, y cuya representación canónica se muestra en la figura 15, se observa que los dos primeros ejes explican el 96.21 % de la varianza asociada a las variables canónicas (Tabla 3). De este análisis se concluye la semejanza entre las poblaciones de hembras y machos de *M. curema*, a diferencia de las de *M. cephalus* que muestran un mayor dimorfismo sexual.

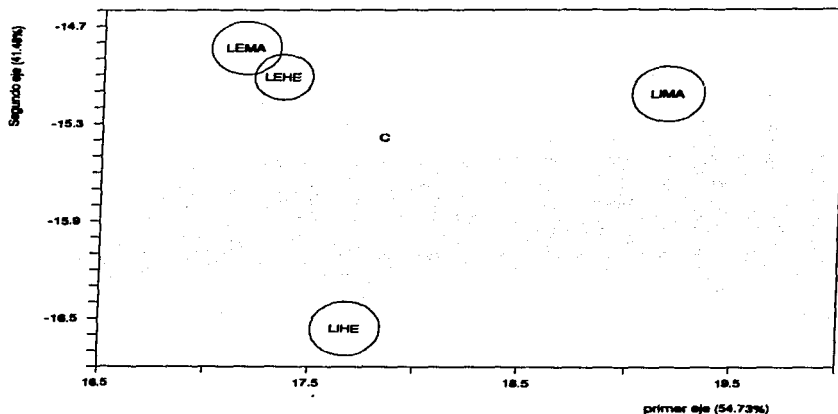


Figura 15. Análisis Canónico de Poblaciones de la matriz de datos desagregados con el procedimiento TA, habiendo eliminado la variable grosor. C= centroide.

Las variables morfométricas que influyen mayormente en esta discriminación de las poblaciones son la longitud preanal (LPA) y la longitud cefálica (Lc) (Tabla 10).

TABLA 10  
ANALISIS CANONICO DE POBLACIONES DE 9 VARIABLES MORFOMETRICAS  
(SE HA ELIMINADO "GA. MAX.")

1) Homogeneidad de matrices de covarianzas.

a) Desagregados

Proc.	$\chi^2$	g.l.
TA	1202.097*	108

\* valor significativo ( $p < 0.05$ ).

2) Comparación de las poblaciones.

La razón de  $\lambda$  de Wilks y el valor de F correspondiente son:

a) Desagregados

Proc.	$\lambda$	F	g.l.
TA	0.416901	23.284	24 y 1587

3) Matriz de varianzas-covarianzas.

a) Desagregados

Proc. TA

0.046893								
0.016411	0.159500							
0.027581	0.012044	0.053662						
0.040006	0.029734	0.052932	0.205600					
0.100240	0.052490	0.015883	0.128030	0.233150				
0.084595	0.040949	0.003179	0.144690	0.154280	0.298350			
0.041754	0.013257	0.014349	0.008624	0.025391	0.012966	0.092682		
0.023429	0.028423	0.013212	0.019183	0.029849	0.024873	0.024704	0.066236	

**TABLA 10**  
**CONTINUACION**

4) Estructura factorial de las variables canónicas.  
Las correlaciones entre las variables observables y las dos variables canónicas son:

a) Desagregados

Proc.	TA	
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
Var.	0.032784	-0.164220
Es	-0.157510	-0.222280
A. máx	-0.358850	-0.525090
A. mín	0.312940	-0.062713
LPD1	0.451330	0.054331
LPD2	0.624110	-0.207640
LPA	0.294480	-0.801140
Lc	-0.352790	-0.429230
D.Oc.		

**Datos agregados**

El haber incluido los procedimientos ln y HT en esta sección obedeció a razones logísticas, debido a que en ambos casos la normalización utilizada es independiente para cada dato. El aspecto importante a mencionar aquí es que para estos dos procedimientos y con los tres análisis multivariantes empleados, se observó la persistencia del efecto de la talla de los individuos, lo cual muestra que estos filtros no logran eliminar la correlación con la talla.

Para el procedimiento AT se realiza una única estimación de los parámetros alométricos común a los cuatro grupos, de manera que se reduce el efecto de reconocimiento entre éstos. Como consecuencia de la utilización de este procedimiento la varianza se dispersa, siendo bajo el porcentaje acumulado en los dos primeros ejes para los análisis de correspondencias y componentes principales. El análisis canónico de poblaciones no pudo realizarse por las razones anteriormente expuestas.

## Datos desagregados

Por medio del procedimiento TA se logró eliminar el efecto de la talla, lo cual se muestra al observar la matriz de correlación del análisis de componentes principales. A través de este análisis no se logra una diferenciación clara de los grupos y el porcentaje acumulado de la varianza en los tres primeros ejes es bajo. Sin embargo, estas dificultades han sido superadas por el análisis de correspondencias, en el cual con un porcentaje acumulado de la varianza del 75 % en los dos primeros ejes reconoce a las dos especies y a los sexos en el caso de *M. cephalus*. Esta diferenciación viene corroborada por la prueba de t empleada en el cálculo de los parámetros de las relaciones alométricas, el cual señaló que existe mayor número de medidas diferentes entre las alometrías entre los sexos de *M. cephalus*.

Los coeficientes de los tres primeros ejes del análisis de correspondencias y la estructura factorial de las variables canónicas, muestran que el grosor en anchura máxima (Ga. Máx.) es la medida que influye mayormente en la discriminación de las poblaciones. La diferenciación entre estas dos especies fue reconocida por Jordan y Everman en 1986 al realizar la descripción de estos organismos, mencionando que *M. cephalus* presenta un cuerpo algo robusto, mientras que el de *M. curema* es moderadamente elongado. Al eliminar esta medida y realizar nuevamente el análisis canónico de poblaciones se reconoció a la longitud preanal (LPA) y a la longitud cefálica (Lc) como las variables morfométricas que diferencian a estos grupos.

Los datos indican que la morfología de las dos especies es distinta, existiendo una mayor diferencia entre los sexos de *M. cephalus*, mientras que no hay desigualdades importantes entre los sexos de *M. curema*. Hasta qué punto las dos especies y sus sexos divergen morfométricamente ha sido ilustrado a través de los análisis de correspondencias y canónico de poblaciones utilizando el procedimiento TA con el filtro de Lombarte y LLeonart (1993) el cual caracterizó las diferencias en la "forma" entre los grupos.

La variable grosor (Max. g.) fue inicialmente la medida de mayor peso en la separación de los grupos, corroborando las diferencias en robustez entre las especies. Una vez eliminando esta variable, el reconocimiento de los grupos a través del análisis canónico de poblaciones, dependió particularmente de las diferencias de la relación entre la forma de la cabeza y la forma del cuerpo.



Estas discrepancias en la forma de la cabeza, han sido reconocidas desde 1896 por Jordan y Everman en la descripción específica de *M. cephalus* y *M. curema* para el centro y norte de América. Sin embargo estos autores no hacen referencia a la variación entre los sexos de *M. cephalus*, sin duda por ser ésta menos notoria.

En *M. curema* la variabilidad es mayor y, en consecuencia, los sexos no se discriminan con tanta claridad.

En la literatura las diferencias entre los sexos de los Mugílidos se refiere fundamentalmente a variaciones en el crecimiento (Cech & Wohlschlage, 1975; Angell, 1973; Oren, 1981) o a las relaciones alométricas con respecto a la talla (Grant & Spain, 1975; Drake & Arias, 1984) sin embargo, no se tienen evidencias de que existan estudios que se refieran exclusivamente a la forma de estas especies.

Como se ha mostrado, la diferenciación gráfica de los grupos es muy notoria para el CANP, así como para el método de CO. Estas discrepancias son debidas a las distancias que cada método emplea ( $r$  para CP; distancia  $\chi^2$  para CO; y distancia de Mahalanobis para el CANP). El valor que se obtiene en una medida de distancia es tanto mayor cuanto más alejados están los puntos que se mide (Cuadras, 1991), siendo algunas más sensibles (por ejemplo la distancia  $\chi^2$ ), lo que provoca la detección de grupos con mayor facilidad. Además, los análisis de CP y de CO son métodos descriptivos en donde se explora la información en búsqueda de nuevos conocimientos sin ninguna hipótesis previa, a diferencia del CANP que requiere conocer a priori, el número de observaciones pertenecientes a cada subpoblación, debido a que estima la distancia de un individuo al centroide de su grupo (equivalente a la media aritmética en la distribución normal multivariable), razón por la cual se diferencian éstos con mayor facilidad representando a las poblaciones mediante un círculo cuando la distancia geométrica prácticamente coincide con la distancia de Mahalanobis.

El análisis multivariable se ha comparado con un microscopio "que da una visión parcial y deformada de la estructura, necesitando múltiples tratamientos para llegar a una interpretación válida" (Lefebvre, 1976). Para tener un conocimiento lo más preciso y objetivo posible de la realidad, conviene realizar diversos análisis sobre la misma matriz de datos. Si los resultados son congruentes, las conclusiones pueden ser más consistentes; en caso contrario, los resultados pueden depender del método utilizado. Esto significa que los análisis multivariables no son

mutuamente excluyentes. Por otra parte, algunos métodos son un caso particular o una generalización de otros (Bisquerra, 1989).

De los métodos anteriormente utilizados, aquellos que explicaron satisfactoriamente un buen porcentaje de la varianza representado en dos ejes fueron el análisis de CO y CANP con el procedimiento TA, los cuales mostraron que existe, en efecto, una diferenciación en la forma entre estas dos especies de Mugílidos y que *M. cephalus* presenta un dimorfismo sexual notorio, a diferencia de *M. curema*. Así mismo, la prueba de *t* empleada señaló que existe mayor número de medidas diferentes entre las alometrías entre los sexos de *M. cephalus*. Las variables morfométricas que influyeron mayormente en la discriminación de los grupos, fueron: el grosor (Ga. Máx.), la longitud preanal (LPA) y la longitud cefálica (Lc).



## Determinación de la edad y análisis de crecimiento

RESUMEN: Con el objeto de obtener la edad y el análisis del crecimiento de *Mugil cephalus* y *M. curema*, se determinan y describen los anillos de crecimiento en las escamas, así como el tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento en los otolitos de ambas especies. Se elaboran los análisis de frecuencias de tallas de Petersen, Cassie y Bhattacharya y se valoran los métodos empleados. En el caso de *M. cephalus* se realiza el retrocálculo para el grupo de edad 1, considerando el crecimiento isométrico y alométrico de la longitud total del pez vs. la longitud del otolito. Se aplica el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy para el crecimiento en longitud y en peso para ambas especies y sus sexos. Se utilizan los métodos de Ford-Walford, Tomlinson y Abramson, Allen, Beverton y Fishparrn para calcular las constantes de la ecuación de crecimiento. Se discuten las diferencias del crecimiento en longitud según el sexo y se estima la longevidad (edad  $A_{0.95}$ ).

Tanto en las escamas de *M. cephalus* como en *M. curema* la lectura de los 6 primeros anillos de crecimiento fueron muy notorios, en los organismos mayores los anillos se presentaron muy finos haciendo poco precisa la lectura con el riesgo de infravalorar la edad. Para *M. cephalus* a través del análisis de los anillos de crecimiento de las sagittae pudieron obtenerse 5 grupos de edad, mientras que para *M. curema* se obtuvieron 6 grupos de edad. En el caso de *M. cephalus* el porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento rápido en los bordes fue mayor durante los meses de marzo a agosto, mientras que el mayor porcentaje con bandas de crecimiento lento en los bordes fue de octubre a febrero. En *M. curema* los bordes de crecimiento rápido se presentaron más frecuentemente de julio a noviembre y de crecimiento lento de diciembre a mayo. Durante cada año se depositan una banda de crecimiento rápido y otra de crecimiento lento. La formación de las bandas de crecimiento lento coincidieron con la época de predesove y desove en ambas especies. De los métodos de frecuencias de tallas empleados - Petersen (1892), Cassie (1954) y Bhattacharya (1967) - éste último proporcionó los resultados más próximos a los obtenidos por la lectura de otolitos en ambas especies de Mugilidos. Se utilizaron dos métodos de retrocálculo para obtener el primer grupo de edad de *M. cephalus* (el primero considerando crecimiento isométrico de la longitud total del pez con respecto a la del otolito y el segundo considerando crecimiento alométrico). Los valores resultantes no discreparon notoriamente; sin embargo, el mejor ajuste a la ecuación de Von Bertalanffy se logró a partir de los datos del retrocálculo que considera el crecimiento alométrico. Las ecuaciones correspondientes para el peso fueron:

*Mugil cephalus*

$$W_c = 2\,352.12 (1 - e^{-0.1(t+1.85)})^3$$

*Mugil curema*

$$W_c = 844.73 (1 - e^{-0.14(t+2.62)})^3$$

para el peso entero, y:

*Mugil cephalus*

$$W_c = 1\,986.27 (1 - e^{-0.1(t+1.85)})^3$$

*Mugil curema*

$$W_c = 736.89 (1 - e^{-0.14(t+2.62)})^3$$

para el peso eviscerado.

La relación talla-peso fué:

*Mugil cephalus*

*Mugil curema*

$$W = 3.29 \cdot 10^{-5} (L)^{3.60}$$

$$W = 1.12 \cdot 10^{-5} (L)^{3.66}$$

para los peces enteros, y

$$W = 3.79 \cdot 10^{-5} (L)^{3.75}$$

$$W = 1.06 \cdot 10^{-5} (L)^{3.98}$$

para los peces eviscerados.

La curva teórica de crecimiento en longitud que más se asemeja a los valores observados por medio de la lectura de las sagittas fue la obtenida por medio del Fishparm (1987) y ajustada mediante la ecuación de Beverton (1954) para *M. cephalus* y de Fishparm (1987) para *M. curema*. Los parámetros del crecimiento son los siguientes:

	<i>M. cephalus</i>	<i>M. curema</i>
Talla máxima	$L_{\infty} = 642.4$ mm	$L_{\infty} = 461.4$ mm
Peso entero máximo	$W_{\infty} = 2\ 352.12$ g	$W_{\infty} = 844.73$ g
Peso eviscerado máx.	$W_{\infty} = 1\ 986.27$ g	$W_{\infty} = 736.89$ g
Coef. catabólico	$k = 0.099$	$k = 0.14$
Edad teórica a longitud cero	$t_0 = -1.85$	$t_0 = -2.62$

El límite de longevidad ( $A_{0.95}$ ) o la edad requerida para alcanzar el 95 % de  $L_{\infty}$ , es de 28.3 y 18.7 años para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente. Se presentaron diferencias importantes en las tasas de crecimiento de *M. cephalus* en relación a otras zonas de estudio. Se propone que estas diferencias se deben a los métodos de determinación de edad y a probables estrategias de sobrevivencia de la especie, debido a que presenta una amplia distribución mundial. *M. curema* también muestra diferencias de consideración con respecto a otras zonas; sin embargo, a diferencia de *M. cephalus* ha sido muy poco estudiada.

Las diferencias en crecimiento entre sexos fueron significativas para ambas especies. Las hembras de *M. cephalus* crecen, en general, ligeramente más rápido que los machos, mientras que para *M. curema* las hembras crecen más rápidamente en los primeros tres años, y a partir del tercer año se equiparan el crecimiento. Los parámetros del crecimiento por sexo fueron los siguientes:

<i>Mugil cephalus</i>	
Hembras	Machos
$L_{\infty} = 622.9$ mm	$603.9$ mm
$k = 0.107$	$0.105$
$t_0 = -1.67$	$-1.98$
$A_{0.95} = 26.2$ años	$26.5$ años

<i>Mugil curema</i>	
Hembras	Machos
$L_{\infty} = 454.6$ mm	$411.8$ mm
$k = 0.135$	$0.187$
$t_0 = -2.94$	$-2.03$
$A_{0.95} = 19.2$ años	$14.0$ años

El valor de  $k$  es prácticamente el mismo en machos y hembras de *M. cephalus*, mientras que en *M. curema* el valor de  $k$  es más elevado en los machos que en las hembras, por lo que éstos alcanzan más rápido una talla cercana a  $L_{\infty}$  y presentan una longevidad menor.

## Análisis de frecuencias de tallas

### Métodos

A continuación se muestran los resultados obtenidos por los tres métodos utilizados, Petersen (1892), Cassie (1954) y Bhattacharya (1967).

## Petersen

### *M. cephalus*

En la figura 16 se observan los histogramas de frecuencias de tallas expresadas en porcentaje para *M. cephalus* en donde se puede ver que el rango de tallas va desde 200 hasta 580 mm. Con este método se determinó que el mes de reclutamiento a la pesquería es durante junio. La época de mayor volumen de freza, noviembre, se estimó con base en los resultados del análisis de la madurez gonádica.

Se puede apreciar en la figura, en el mes de junio, que la primera moda se observa a los 270 mm; y la segunda, tercera, y cuarta modas se presentan a los 300, 350 y 380 mm respectivamente.

Es notoria la presencia de tallas grandes (390 a 580 mm) escasamente representadas, lo cual puede indicar una sobreexplotación llevada a cabo en fechas anteriores. Las tallas más abundantes están dadas por ejemplares de 260 a 360 mm de longitud total. El análisis de corrimiento de modas se dificultó notoriamente debido su sobreposición. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 11.

### *M. curema*

En la figura 17 se observan los histogramas de frecuencia de tallas en porcentaje para *M. curema* en donde se puede ver que el rango de tallas va desde 160 hasta 340 mm. A través de este método se determinó que el mes de reclutamiento a la pesquería es en julio y la época de mayor volumen de freza de esta especie es en el mes de febrero, esto último se estimó con base en los resultados del análisis de estadios de madurez gonádica. Para esta especie la primera moda se presenta en el mes de julio a los 210 mm. La segunda y tercera moda se observan a los 230 y 250 mm, respectivamente.

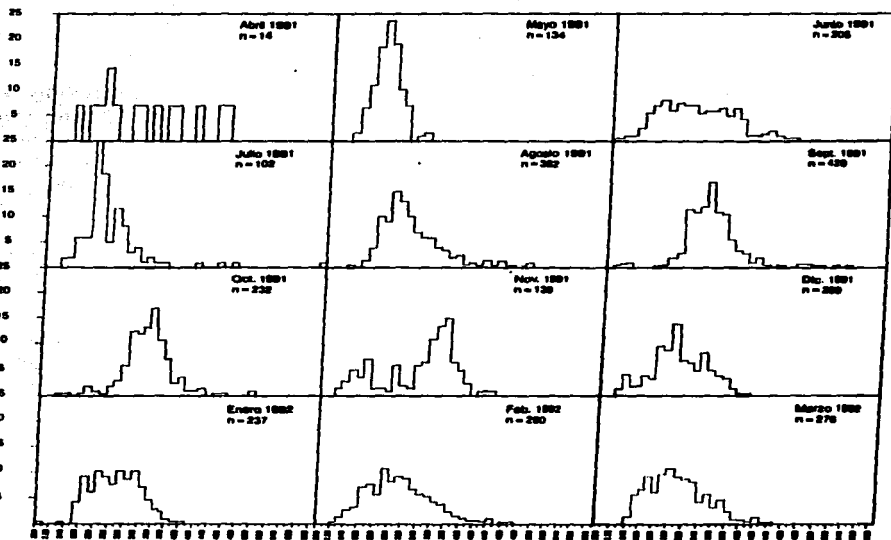


Figura 16. Histogramas mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas (en mm) de *M. cephalus*.

Se dificultó notoriamente el análisis de desplazamiento de modas debido a que no todas las tallas se encuentran bien representadas. Se podría pensar que el muestreo se enfocó a un solo intervalo de tallas, sin embargo, la experiencia de muestreos anteriores hace pensar que el esfuerzo de pesca se enfoca particularmente a las tallas antes mencionadas, debido por un lado, a una sobreexplotación, y por otro, a que esta especie es utilizada básicamente como carnada (tallas pequeñas) para la captura de otras especies de mayor importancia comercial.

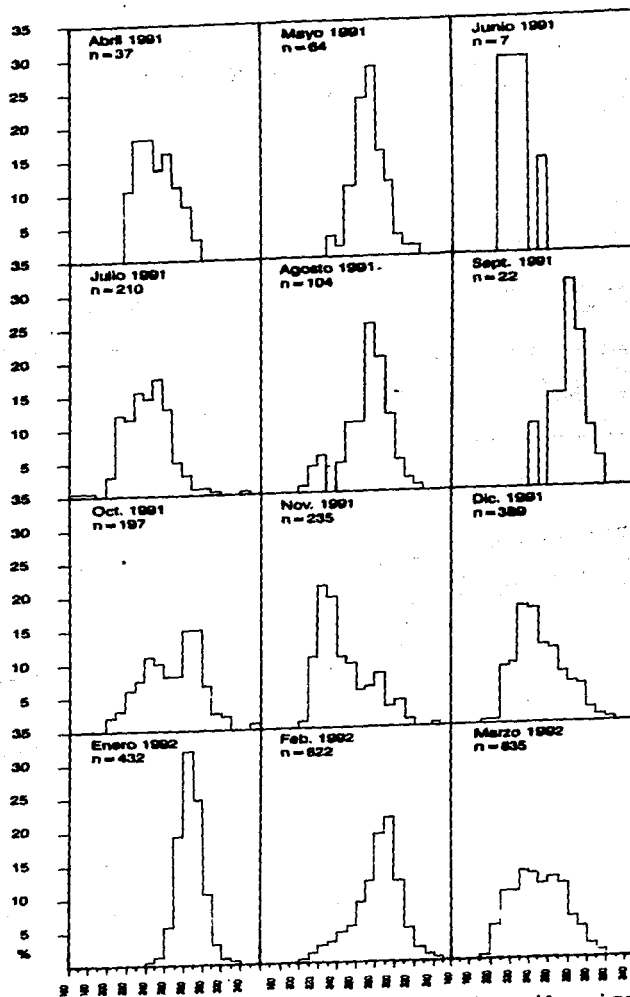


Figura 17. Histogramas mensuales de las distribuciones de frecuencias de tallas (en mm) de *M. curema*.



Es importante hacer mención que el aumento de la población pesquera en la zona da como consecuencia una explotación mayor, así como el uso indiscriminado de artes de pesca (Ibáñez y Campos, 1991).

## Cassie

### *M. cephalus*

Para este análisis se utilizaron los porcentajes acumulados de 139 ejemplares del mes de noviembre de 1991 por ser el mes de máxima freza, siendo así un punto de referencia, para estimar la longitud media a diferentes edades (Fig. 18). Los puntos de inflexión se sitúan en los porcentajes 29.4, 38.8, 84.8 y 98.5 que corresponden a los grupos de edad 2,3,4 y 5 respectivamente.

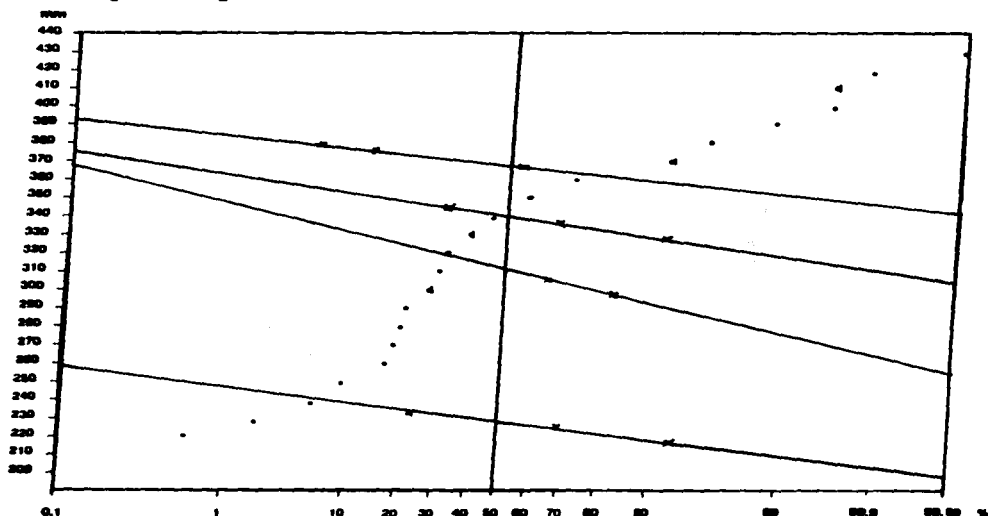


Figura 18. Distribución de frecuencias de tallas para *M. cephalus* por medio del papel de probabilidades, Nov. de 1991.

Para estimar la edad 1 fueron utilizados los datos de junio de 1991, mes en el que como se mencionó, se lleva a cabo el reclutamiento a la pesquería en la zona. En la figura 19 se puede observar el primer punto de inflexión que corresponde al 2.9 %.

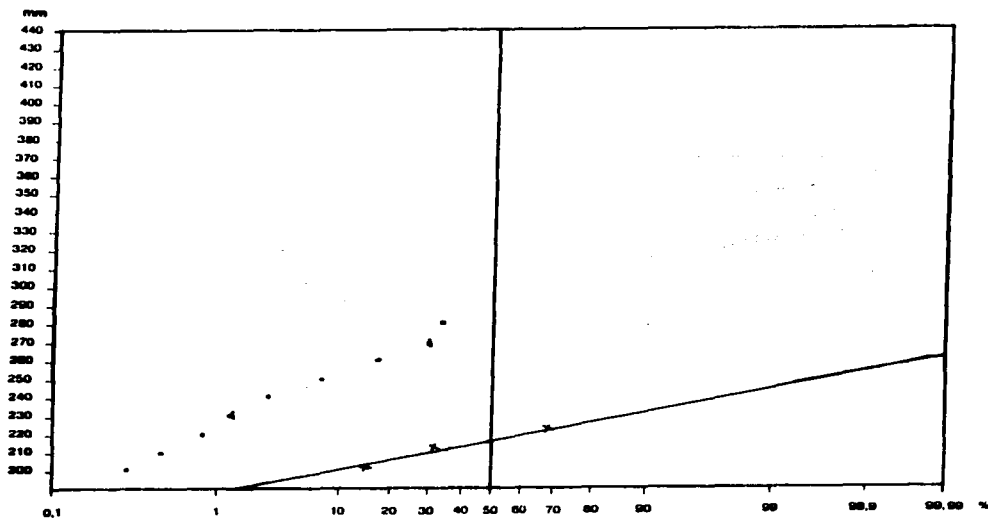


Figura 19. Distribución de frecuencias de tallas para *M. cephalus* por medio del papel de probabilidades, Junio de 1991.

Los resultados de este análisis se muestran en la tabla 11 en donde se aprecia que por medio de este método solo se pudieron estimar 5 grupos de edad.

#### *M. curema*

Para este análisis se utilizaron los porcentajes acumulados de 822 ejemplares del mes de febrero de 1992 por ser el mes de máxima freza, que, como se mencionó anteriormente, se tomó como punto de referencia. Los puntos de inflexión se sitúan en los porcentajes 7.54, 58.1, 96.96

y 96.88 que corresponden a los grupos de edad 1,2,3 y 4, respectivamente (Fig. 20).

Para estimar la edad 0 fueron utilizados los datos del mes de julio de 1991 (Fig. 21), mes en el que como se mencionó antes, se lleva a cabo el reclutamiento a la pesquería en la zona.

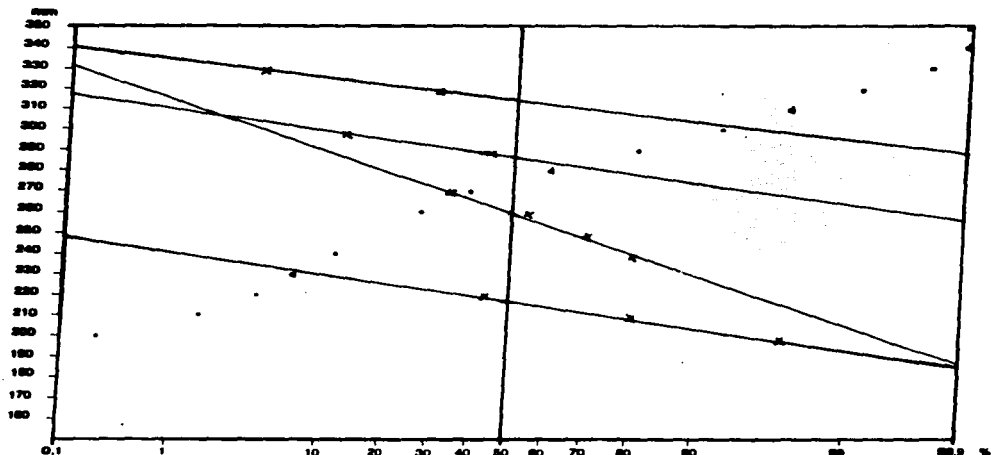


Figura 20. Distribución de frecuencias de tallas para *M. curema* por medio del papel de probabilidades. Febrero de 1992.

En la figura 21 se puede observar el primer punto de inflexión que corresponde al 1.6 %. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 11 en donde se aprecia que por medio de este método solo se pudieron estimar 5 grupos de edad.

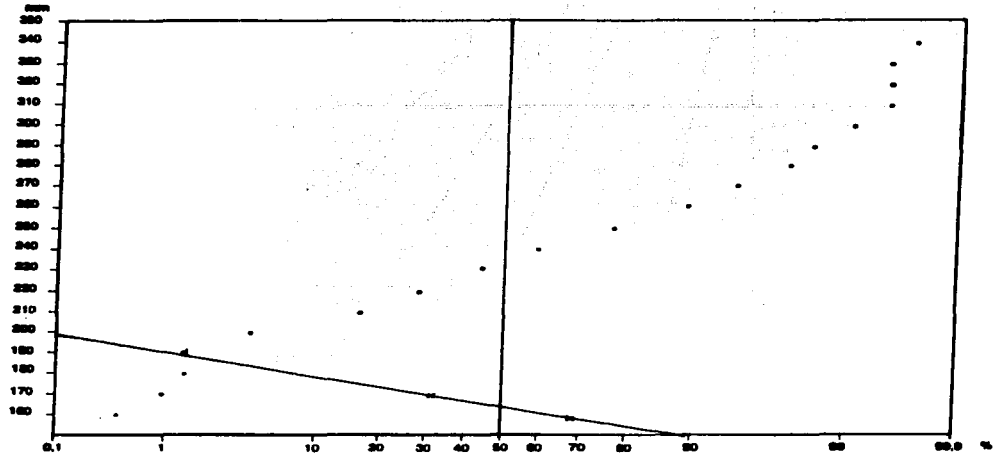


Figura 21. Distribución de frecuencias de tallas para *M. curema* por medio del papel de probabilidades. Julio de 1991.

## Bhattacharya

### *M. cephalus*

En la figura 22 se pueden ver las diferencias logarítmicas de las frecuencias de las clases de tallas, con respecto a los puntos medios de las mismas, para el mes de noviembre de 1991.

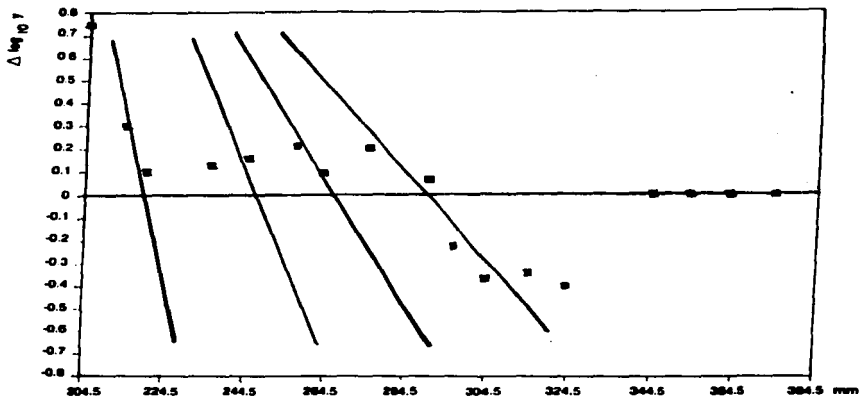


Figura 22. Distribución de frecuencias de tallas para *M. cephalus* Método de Bhattacharya. Noviembre de 1991.

Dichos puntos fueron utilizados para trazar 5 líneas rectas con pendiente negativa, que teóricamente corresponden a los grupos de edad del 2 al 6, de izquierda a derecha. Para el mes de junio se obtuvo la longitud media de la edad 1 (Fig. 23).

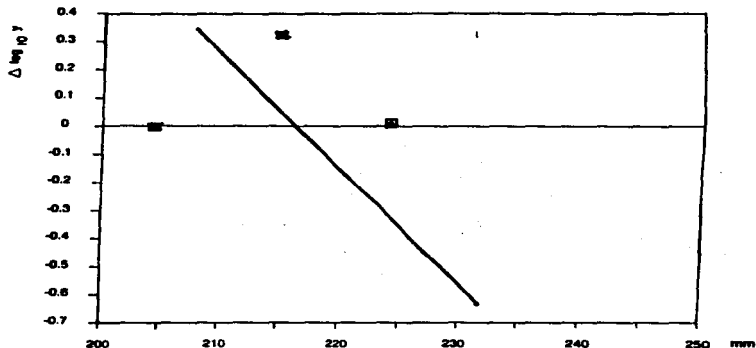


Figura 23. Distribución de frecuencias de tallas para *M. cephalus* Método de Bhattacharya. Junio de 1991.

En la tabla 11 se presentan las longitudes medias para cada grupo de edad.

TABLA 11  
TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD DETERMINADAS POR LOS  
DIFERENTES METODOS (TALLA EN MM), CON SUS RESPECTIVAS  
SUMAS DE LAS DIFERENCIAS AL CUADRADO PARA *Mugil cephalus*

EDAD	METODO*					SD <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5	2	3	4	5	
1	--	--	270	215	218	--	--	--	--	
2	246	251	300	233	247	25	2916	169	1	
3	282	284	350	316	278	4	1024	1156	16	
4	317	317	380	344	311	0	3969	729	36	
5	349	342	---	372	341	49	---	529	64	
6	375	362	---	---	---					
7	--	380	---	---	---	SUMATORIA	78	7909	2583	117
8	--	396	---	---	---					

\* Métodos: 1)Otolitos 2)Escamas 3)Petersen 4)Cassie  
5)Bhattacharya.

#### M. curema

En la figura 24 se pueden ver las diferencias logarítmicas de las frecuencias de las clases de tallas, con respecto a los puntos medios de las mismas, para el mes de febrero de 1992. Dichos puntos fueron utilizados, para trazar 4 líneas rectas con pendiente negativa que corresponden a los grupos de edad del 1 al 4. Para el mes de julio se obtuvo la longitud media de la edad 0 (Fig. 25).

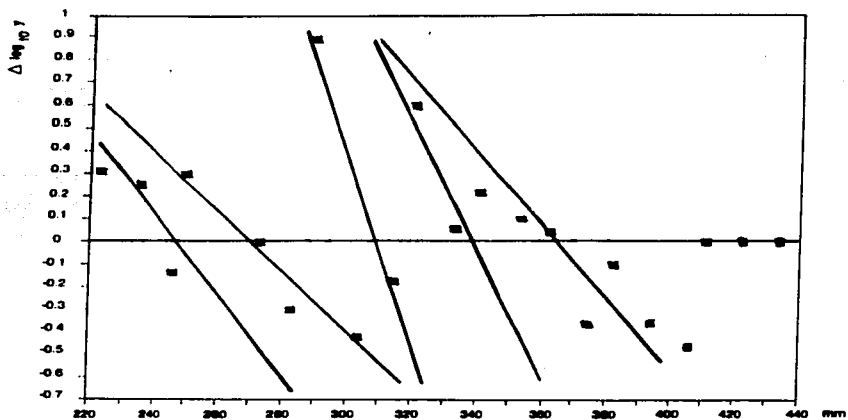


Figura 24. Distribución de frecuencias de tallas para *M. curema* Método de Bhattacharya. Febrero de 1992.

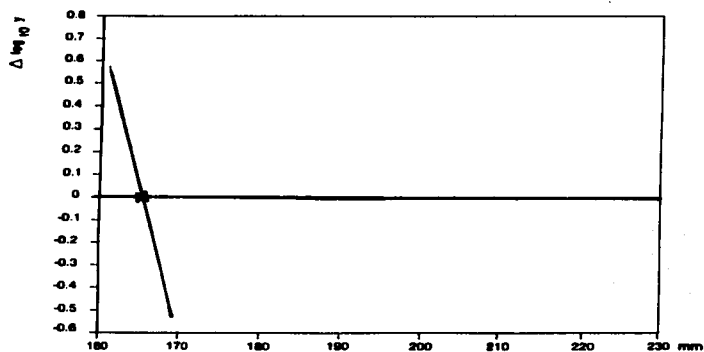


Figura 25. Distribución de frecuencias de tallas para *M. curema* Método de Bhattacharya. Julio de 1991

En la tabla 12 se presentan las longitudes medias para cada grupo.

TABLA 12  
TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD DETERMINADAS POR LOS DIFERENTES  
METODOS (TALLA EN MM), CON SUS RESPECTIVAS SUMAS DE LAS  
DIFERENCIAS AL CUADRADO *Mugil curema*

EDAD	METODO*					SD <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5	2	3	4	5	
0	183	181	210	165	170	4	729	324	169	
1	223	222	230	218	224	1	49	25	1	
2	252	246	250	260	248	36	4	64	16	
3	278	267	---	288	268	121	---	100	100	
4	303	285	290	316	288	324	---	169	225	
5	325	302	---	---	---	SUMATORIA 486	782	682	511	
6	---	317	---	---	---					
7	---	331	---	---	---					
8	---	343	---	---	---					

\* Métodos: 1)Otolitos 2)Escamas 3)Petersen 4)Cassie  
5)Bhattacharya.

## Descripción de las escamas y de las sagittae

### Escamas

Las escamas fueron extraídas por encima de la línea lateral y debajo de la primera aleta dorsal. Se muestreó un número fijo de 10 escamas por ejemplar para cada intervalo de tallas considerado, las cuales fueron limpiadas de los restos de la piel y mucosa adheridos a ellas para almacenarlas en pequeños sobres bien referenciados. Posteriormente en el laboratorio fueron lavadas en agua jabonosa frotándolas con un cepillo suave, enjuagándolas y pasándolas a un baño con una solución débil de hidróxido de sodio. Una vez secas fueron montadas en un portaobjetos cubiertas por otro, manteniendo los extremos fijos mediante cinta adhesiva. La observación se realizó utilizando luz transmitida con un proyector de pantalla.



Ambas especies de Mugílidos presentan escamas ctenoideas, las cuales son prácticamente idénticas, a diferencia de que las escamas de *M. cephalus* son en promedio de mayor tamaño que las de *M. curema*; por ejemplo, para individuos de 340 mm de longitud total la distancia del foco de la escama al extremo distal es de 10 mm para *M. cephalus*, y de 8 mm para *M. curema* en valores promedio.

La identificación de las escamas implicó el reconocimiento de los anillos anuales o *annuli*. Un anillo está compuesto por un anillo de crecimiento rápido y otro de crecimiento lento el cual es identificable por la interrupción entre los *circuli* (fina cresta calcificada que se dispone concéntricamente en torno a la escama).

En los períodos de crecimiento rápido se formó en las escamas una amplia zona de crecimiento en la que los *circuli* estaban bien separados y dispuestos uniformemente. En las escamas de ambos Mugílidos se presentaban radios bien marcados, sin embargo en *M. curema* éstos eran más notorios. En este caso se pudieron identificar los anillos anuales por cambio en la dirección de los radios de la escama tras intersectarlos.

Fue notoria la presencia de un anillo nuclear previo al primer anillo de crecimiento lento que en general no se presentaba completo. Este anillo no se encontraba tan marcado como el resto de los anillos y probablemente está relacionado con cambios en el hábitat durante las primeras fases de vida, ya que, como se mencionó anteriormente, estas especies desovan en el mar ingresando posteriormente a la laguna.

Fueron relativamente frecuentes las escamas regeneradas. Se observó que el mayor crecimiento de las escamas se produce antes de la madurez sexual; posteriormente a ésta cambia el patrón de crecimiento de los *circuli* los cuales se disponen muy próximos entre sí, por lo que la edad puede ser infravalorada, dificultándose notoriamente la lectura. Por esta razón fueron reconocidos solamente los 6 primeros anillos tanto para *M. cephalus* como para *M. curema*.

### **Sagittae**

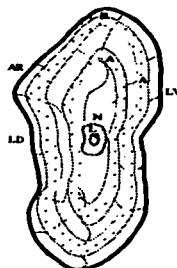
Al igual que las escamas, los otolitos *sagittae* fueron obtenidos de un número fijo de ejemplares para cada intervalo de talla. La extracción de cada par de otolitos se realizó en los organismos más grandes mediante un corte en la parte posterior del cráneo, lo que permitió

acceder a las cámaras óticas y extraer los otolitos con pinzas finas.

En los ejemplares pequeños se realizó un corte en el paladar. Los otolitos fueron almacenados en seco en pequeñas bolsas de plástico con la debida referencia.

Las *sagittae*, sumergidas en xilol como líquido aclarante, fueron observadas por medio de un microscopio estereoscópico empleando iluminación transmitida y utilizando una caja de Petri transparente. Con este tipo de iluminación los anillos hialinos aparecían más claros, mientras que los de crecimiento rápido se observaban opacos.

En ambas especies de Mugílidos las *sagittae* son grandes y relativamente gruesas, lo que dificulta la identificación de las bandas de crecimiento rápido y lento. Así mismo, conforme el pez envejece los otolitos aumentan de grosor y se encorvan.



R: rostrum  
 AR: antirostrum  
 N: núcleo  
 L: anillo larval  
 A: anulus  
 LV: lado ventral  
 LD: lado dorsal

Figura 26. Diagrama del otolito *sagitta* del género *Mugil*

La *sagitta* para ambas especies de Mugílidos es alargada, la altura máxima está contenida de 2.5 a 3.3 y de 2.3 a 2.8 veces en la longitud para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente.

El borde anterior presenta un rostrum saliente, ligeramente redondeado con pequeñas denticiones, la "excisura mayor" es reducida y el "antirostrum" está poco desarrollado, particularmente en *M. curema*.

El borde dorsal es ascendente desde el "rostrum" hasta el centro del otolito, y ascendente con suave inclinación hasta el borde posterior, particularmente en *M. curema*, tiene pequeñas denticiones irregulares,

que tienden a desaparecer conforme aumenta la talla en el caso de *M. cephalus*.

El borde posterior presenta un "postrostrum" redondeado, la "excisura menor" y el "pararostrum" están poco desarrollados.

El borde ventral es curvo desde el "rostrum" hasta el centro del otolito, y rectilíneo conforme asciende desde el centro del otolito hasta el borde posterior, en *M. curema* y ligeramente redondeado en los organismos más viejos de *M. cephalus*. Presenta pequeñas dentaciones en *M. cephalus*, las cuales tienden a hacerse irregulares conforme el animal envejece.

La cara interna del otolito es bastante convexa, carácter que se acentúa con la edad; su superficie es lisa y está recorrida casi en su totalidad por el *sulcus*, que es ancho, poco profundo y uniforme.

La cara externa es cóncava y lisa para *M. cephalus*, tanto el borde dorsal como el ventral presentan dentaciones irregulares que se acentúan con la edad, mientras que para *M. curema* el borde dorsal es liso y el dorsal presenta pequeñas dentaciones irregulares.

## Determinación de los anillos de crecimiento en escamas y otolitos

### *Mugil cephalus*

#### Escamas

Se revisaron 247 ejemplares, 125 de hembras y 122 de machos. En el caso de las hembras la longitud media para el grupo de edad 2 fue de 251 mm, mientras que para los machos de 237 mm. Para todas las edades las longitudes medias de los machos son menores que las de las hembras (Tabla 13).

TABLA 13  
TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD DETERMINADAS POR LAS ESCAMAS Y  
LOS OTOLITOS DERECHOS (TALLA EN MM) PARA *Mugil cephalus*

	ESCAMAS			OTOLITOS		
	HEMBRAS	MACHOS	ESPECIE	HEMBRAS	MACHOS	ESPECIE
Gpos.de edad	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.
"0"	---	---	---	---	---	---
"1"	---	---	---	---	---	---
"2"	251	237	251	246	247	246
"3"	292	275	284	283	281	282
"4"	330	310	317	319	315	317
"5"	352	332	342	350	344	349
"6"	374	352	362	377	369	375
"7"	393	369	380	---	---	---
"8"	409	384	396	---	---	---

Los primeros anillos de crecimiento fueron muy notorios, de tal manera que no hubo dificultad en la lectura, sin embargo, a diferencia de los primeros 6 anillos que pueden seguirse alrededor de las partes anterior y lateral de la escama, en los organismos mayores los *annuli* son muy finos haciendo poco precisa la lectura con el riesgo de infravalorar la edad.

Es importante comentar que también se realizó la lectura de las escamas de un solo individuo de 82 mm de longitud total, obtenido en la zona de pastos marinos de la laguna de Tampamachoco (sistema lagunar adyacente a la laguna de Tamiahua) a través de la captura de una red de arrastre experimental, durante el mes de mayo de 1991. Este individuo presentaba un solo *annuli* incompleto, considerado como anillo juvenil, el cual se atribuye a un cambio de hábitat de la zona marina a la lagunar.

## Otolitos

Se revisaron 247 ejemplares (utilizando los mismos organismos que en la lectura de escamas), observándose que existe una variación importante entre los otolitos de un mismo individuo así como entre los diferentes ejemplares. Por esta razón se han utilizado los otolitos derechos para

la determinación de la edad de esta especie, los cuales fueron leídos varias veces por dos observadores.

Como en el caso de las escamas, las longitudes medias de los machos para una misma edad es ligeramente más pequeña.

Se realizó la lectura del otolito de un solo individuo de 82 mm de longitud total, como se comentó anteriormente. Al igual que en las escamas, este individuo presentaba un solo *annuli* incompleto.

*Mugil curema*.

### Escamas

Se revisaron 307 ejemplares, 178 de hembras y 129 de machos. En el caso de las hembras la longitud media para el grupo de edad "0" fue de 171 mm mientras que para los machos de 163 mm. Para todas las edades las longitudes medias de los machos fueron menores que las de las hembras (Tabla 14).

TABLA 14  
TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD DETERMINADAS POR LAS ESCAMAS Y  
LOS OTOLITOS DERECHOS (TALLA EN MM) PARA *Mugil curema*

Gpos.de edad	ESCAMAS			OTOLITOS		
	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.
"0"	171	163	181	187	176	183
"1"	226	220	222	224	221	223
"2"	249	243	246	251	250	252
"3"	268	262	267	276	276	278
"4"	287	281	285	299	300	303
"5"	306	300	302	320	321	325
"6"	325	317	317	---	---	---
"7"	334	333	331	---	---	---
"8"	342	341	343	---	---	---

Los primeros anillos de crecimiento fueron muy notorios de tal manera que no hubo dificultad en la lectura; sin embargo, en los grupos de edad mayores a 7 ú 8 (según el organismo), las marcas de crecimiento se presentaron muy cercanas haciendo confusa la lectura, y por lo tanto poco precisa.

### Otolitos

Se revisaron 307 ejemplares, utilizando los mismos organismos que en la lectura de escamas los cuales fueron leídos varias veces por dos observadores. Se encontró que existe una variación importante entre los otolitos de un mismo individuo, por lo que, con el objeto de eliminar diferencias debidas a variaciones se utilizaron los otolitos derechos para la determinación de la edad de esta especie. A través de este método se obtuvieron 6 grupos de edad (del 0 al 5, Tabla 14); debido a que a partir del sexto y séptimo anillo de crecimiento se presenta un encorvamiento del otolito en su parte distal, depositándose allí finos *annuli*, lo que dificultó notoriamente su lectura.

### Medidas de las escamas y de las *sagittae*

#### Escamas

Con el objeto de obtener una estimación de la edad "0" y "1" de *M. cephalus* ausentes en el muestreo, se llevó a cabo la medición de las distancias del núcleo de la escama a los diferentes anillos de crecimiento, resultados que se muestran en la tabla 15. Sin embargo, en vista de que en *M. curema* los primeros grupos de edad sí se encontraron no fue necesario llevar a cabo este análisis, razón por la cual solamente se muestran resultados de *M. cephalus*.

TABLA 15  
 LONGITUDES MEDIAS DEL FOCO  
 A CADA BANDA DE CRECIMIENTO  
 RAPIDO DE LAS ESCAMAS DE  
*Mugil cephalus*

Banda opaca.	Distancia promedio (mm)
1	4.56
2	5.46
3	6.36
4	7.02
5	7.24
6	7.46

El foco de las escamas fue siempre fácilmente identificable, a excepción de las escamas regeneradas. Posteriormente de la formación del "focus", la primera y segunda bandas de crecimiento rápido presentaron una distancia media a partir del foco de 4.56 y 5.46 mm, respectivamente (Tabla 15), la tercera y cuarta bandas opacas alcanzaron una distancia promedio de 6.36 y 7.02 mm, respectivamente. Para las dos últimas bandas opacas leídas, la distancia media fue de 7.24 y 7.46 mm, respectivamente. A partir de la sexta banda de crecimiento, se reduce el crecimiento de la escama al mínimo por lo cual no pudieron diferenciarse los anillos de crecimiento.

### Sagittae

Con el objeto de conocer las variaciones en el tamaño del núcleo y de la amplitud de las bandas de los otolitos de *M. cephalus* y *M. curema*, se obtuvieron las mediciones correspondientes.

Todas las mediciones fueron tomadas en el otolito derecho con el objeto de eliminar posibles diferencias debidas a variaciones existentes entre las *sagittae* del mismo ejemplar.

La anchura de los núcleos examinados varía dentro de una amplitud de 0.73 a 0.9 mm y de 0.85 a 1.1 mm, siendo la anchura promedio de 0.88 y 0.90 mm para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente.

Posteriormente a la formación del núcleo, la depositación del nuevo material no es uniforme. Se forman mayor número de bandas en la parte posterior que en la anterior. Así mismo, en sentido transversal crece más rápido el lado dorsal que el ventral, por lo que el núcleo es excéntrico en cada plano del otolito, lo cual se acentúa conforme el pez envejece y alcanza la madurez sexual.

La primera banda de crecimiento rápido presentó una distancia media a partir del núcleo de 1.18 y de 1.25 mm para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente. La segunda banda opaca alcanza distancia promedio de 1.78 y de 2.05 mm para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente. En el resto de los anillos de crecimiento se observa una disminución progresiva de la distancia promedio del núcleo a los anillos (Tabla 16).

Las lecturas de los anillos de crecimiento de la *sagitta* de *M. cephalus* y *M. curema* aparecen en la Tabla 16, así mismo, la clave talla-edad se muestra en las Tablas 17 y 18.

TABLA 16  
LONGITUDES MEDIAS DEL NUCLEO A CADA BANDA DE CRECIMIENTO  
RAPIDO DE LOS OTOLITOS DE *Mugil cephalus* Y *M. curema*.

<i>Mugil cephalus</i>		<i>Mugil curema</i>	
Banda opaca	Distancia (mm)	Banda opaca	Distancia (mm)
1	1.18	1	1.25
2	1.78	2	2.05
3	2.40	3	2.81
4	2.97	4	3.47
5	3.50	5	3.76
6	4.02		



TABLA 17  
CLAVE TALLA-EDAD DE *Mugil cephalus*

TALLA (mm)	EDAD (años)						TOTAL	
	0	1	2	3	4	5		6
200			1					1
210			1					1
220			1					1
230			5					5
240			15					15
250			4	2				6
260			10	1				11
270			8	8				16
280				17				17
290				12	5			17
300				10	7			17
310				9	12			21
320					11	7		18
330					8	10		18
340					1	19		20
350						5	4	9
360						3	9	12
370						6	8	14
380							5	5
390						1	2	3
400							4	4
410							1	1
n			45	59	44	51	33	232
T			246	282	317	349	375	

TABLE 18  
CLAVE TALLA-EDAD DE *Mugil curema*

TALLA (mm)	EDAD (años)						TOTAL
	0	1	2	3	4	5	
180	1						1
185	1						1
190	1						1
195	1	3					4
200		5					5
205		7					7
210		8					8
215		12					12
220		15	6				21
225		10	4				14
230			6				6
235			7				7
240			12				12
245			9				9
250			18	4			22
255			9	2			11
260				10			10
265				8			8
270				6			6
275				15	3		18
280				11	5		16
285				10	4		14
290					9		9
295					8		8
300					15	2	17
305					9	4	13
310						3	3
315					1	7	8
320						2	2
325						10	10
330						9	9
n	4	60	71	66	54	37	292
T	183	223	252	278	303	325	

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## Patrón de crecimiento estacional

### Tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento

Fueron examinadas 247 y 307 *sagittae* pertenecientes a *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente, siguiendo un orden mensual. Para cada ejemplar se anotó si los bordes del otolito presentaban bandas de crecimiento rápido o lento, lo cual permite conocer la época de aparición de las mismas y relacionarlas con los meses muestreados.

En el caso de *M. cephalus* el porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento rápido (banda opaca) en los bordes es mayor durante los meses de marzo a agosto, mientras que el mayor porcentaje con bandas de crecimiento lento (banda hialina) en los bordes fue entre octubre y febrero (Fig. 27). Estos resultados coinciden con los observados por Anderson (1958) para *M. cephalus* en las costas del Atlántico sur de E.U.A.

En *M. curema* los meses de crecimiento rápido se presentaron más frecuentemente de julio a noviembre, y de crecimiento lento de diciembre a mayo (Fig. 27). Por lo tanto, cada año se depositan una banda de crecimiento rápido y otra de crecimiento lento, permitiendo que la estimación de la edad basada en el número de bandas sea válida para ambas especies de Mugílidos.

Botha (1970 y 1971) y Bilton y Robbins (1971), establecen una fuerte correlación entre las bandas de crecimiento opaco y hialino y el nivel de alimentación de diversas especies, mostrando que la banda de crecimiento rápido se deposita cuando el pez se alimenta activamente mientras que la banda hialina, de crecimiento lento, se deposita en las épocas en que el pez se encuentra en situaciones desfavorables.

El período en el cual *M. cephalus* se alimenta más activamente, es durante los meses de verano (Sánchez, 1995), y coincide con la época de formación de la banda opaca.

En muchas especies se considera que la freza es la desencadenante, en los ejemplares adultos, del período de crecimiento lento y, por tanto, de la formación del anillo hialino (Morales-Nin, 1987). En el presente

estudio la formación de la banda de crecimiento lento coincide con la época de freza tanto en *M. cephalus* como en *M. curema*, ambas son especies catádromas y es durante esa época que el desgaste corporal del pez es muy grande, coincidiendo con la formación del anillo hialino.

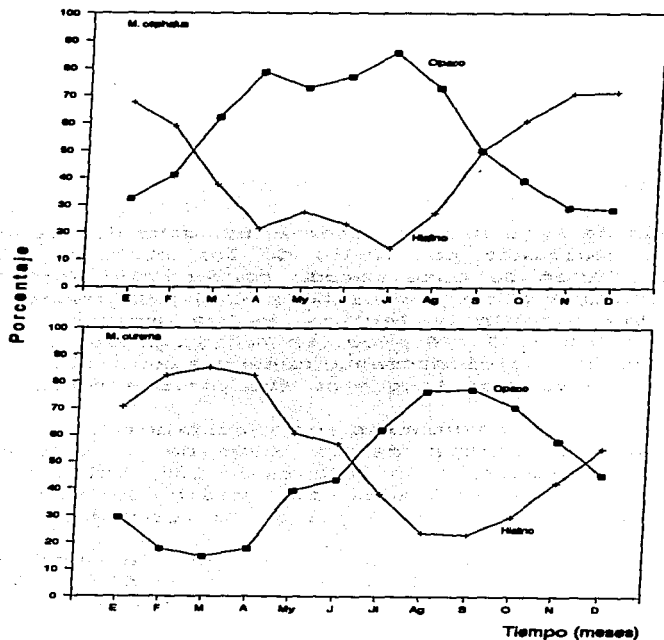


Figura 27. Variación anual del porcentaje de anillos de crecimiento rápido (opacos), y de crecimiento lento (hialinos) en el margen de los otolitos.

## Valoración de los métodos empleados

### Métodos Indirectos

Los resultados del promedio de las tallas para cada grupo de edad en ambas especies de Mugílidos, aparecen en las Tablas 19 y 20. Estos valores fueron comparados con los encontrados por medio de la lectura de los otolitos a través de la suma de las diferencias al cuadrado.

#### *M. cephalus*

Para el método de Petersen se observa una gran diferencia con respecto a la lectura realizada por medio de los otolitos. La primera moda reconocida a través de este método corresponde aproximadamente a la edad 3 (determinada por los otolitos). De igual manera, las modas 2, 3 y 4 se aproximan, según la lectura de los otolitos, a las edades que corresponden a los 4, 5 y 6 años. Se podría pensar que las edades de 1 y 2 años no fueron suficientemente muestreadas debido a la selectividad de las redes usadas, por lo que no fue posible reconocer sus modas.

En un caso similar se encuentran los resultados obtenidos por el método de Cassie, que a partir de la edad de 3 años muestra grandes diferencias con respecto a la lectura de los otolitos; sin embargo, la edad 3, 4 y 5, determinadas por medio de Cassie, corresponden cercanamente a las edades 4, 5 y 6 de la lectura de los otolitos.

Por otro lado, el método de obtención de edad que proporcionó información más cercana a la obtenida por medio de la lectura de los otolitos fue el método de Bhattacharya (Tabla 19).

*M. curema*

Para el método de Petersen se observa una gran diferencia con respecto a la lectura realizada por medio de los otolitos para la edad 0 años sin embargo, la edad 1 y 2 años fueron satisfactoriamente estimadas.

Para esta especie, como se mencionó anteriormente, el rango de tallas obtenido a través del muestreo fue muy estrecho estando ampliamente representadas las tallas entre los 220 y 280 mm a diferencia del resto, de tal manera que a través de los tres métodos indirectos utilizados fueron reconocidas con relativa exactitud, los grupos de edad correspondientes a las edades 1 y 2 años (Tabla 20), dificultándose la precisión para el resto de los grupos de edad. Sin embargo, el método de Bhattacharya proporcionó la información más cercana a la obtenida a través de la lectura de los otolitos.

**Métodos directos****Escamas***M. cephalus*

El valor de la longitud media de la edad 2, a través de la lectura de escamas, fue ligeramente superior en 5 mm. con respecto a la longitud media obtenida por el examen de los otolitos. Los resultados fueron muy parecidos para la edad 3 (con diferencia de 2 mm.) e igual para la edad 4. Sin embargo para los grupos de edad 5 y 6 las diferencias se incrementan notoriamente (de 7 mm para la edad 5 y de 13 mm para la edad 6), este hecho se relaciona con la depositación irregular del material cálcico lo que hace que la lectura se haga menos precisa (Tabla 19).

**TABLA 19**  
**TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD DETERMINADAS POR LOS DIFERENTES**  
**MÉTODOS (TALLA EN MM), CON SUS RESPECTIVAS SUMAS DE LAS DIFERENCIAS**  
**AL CUADRADO PARA *Mugil cephalus***

GRUPO EDAD	MÉTODO*					SD <sup>2</sup>				
	1	2	3	4	5	2	3	4	5	
1	--	--	270	215	218	--	--	--	--	
2	246	251	300	233	247	25	2916	169	1	
3	282	284	350	316	278	4	1024	1156	16	
4	317	317	380	344	311	0	3969	729	36	
5	349	342	---	372	341	49	---	529	64	
6	375	362	---	---	---					
7	--	380	---	---	---	SUMATORIA	78	7909	2583	117
8	--	396	---	---	---					

\* Métodos: 1) Otolitos 2) Escamas 3) Petersen 4) Cassie  
 5) Bhattacharya.

#### *M. curema*

El valor de la longitud media de la edad 0 a través de la lectura de escamas fue ligeramente inferior en 2 mm. con respecto a la longitud media obtenida por el examen de los otolitos. Los resultados fueron muy parecidos para la edad 1 (con diferencia de 1 mm). Sin embargo para los grupos de edad 2, 3 y 4 las diferencias se incrementan notoriamente (de 6 mm para la edad 2, de 11 mm para la edad 3 y de 18 mm para la edad 4), este hecho se relaciona con la depositación irregular del material cálcico. No obstante a través de este método se lograron los resultados más cercanos a los determinados por la lectura de los otolitos (Tabla 20).

**TABLA 20**  
**TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD DETERMINADAS POR LOS DIFERENTES**  
**MÉTODOS (TALLA EN MM), CON SUS RESPECTIVAS SUMAS DE LAS**  
**DIFERENCIAS AL CUADRADO *Mugil curema***

GRUPO EDAD	MÉTODO*					SD <sup>2</sup>			
	1	2	3	4	5	2	3	4	5
0	183	181	210	165	170	4	729	324	169
1	223	222	230	218	224	1	49	25	1
2	252	246	250	260	248	36	4	64	16
3	278	267	---	288	268	121	---	100	100
4	303	285	290	316	288	324	---	169	225
5	325	302	---	---	---	SUMATORIA 486 782 682 511			
6	---	317	---	---	---				
7	---	331	---	---	---				
8	---	343	---	---	---				

\* Métodos: 1)Otolitos 2)Escamas 3)Petersen 4)Cassie  
 5)Bhattacharya.

### Obtención del grupo de edad 1 para *M. cephalus* por medio del retrocálculo

Debido a que el primer grupo de edad de *M. cephalus* no se encontró presente en los muestreos, se utilizaron dos métodos de retrocálculo con el objeto de obtenerlo. Para ambos casos se emplearon las lecturas de los otolitos:

1). El primer método usado fue propuesto por Lea (Herhart, 1981), en donde la relación es proporcional, con ordenada al origen, lo que significa que la estructura ósea empieza a crecer simultáneamente con el pez:

$$lt = rt/R Lt$$

donde:

lt= longitud total al tiempo t.

rt= radio del otolito al tiempo t.

R= distancia del foco al margen frontal del otolito.

Lt= longitud total del pez cuando la estructura ósea mide R.



La expresión anterior fue aplicada para la especie, así como para hembras y machos, dando como resultado que para el grupo de edad 1 la longitud media fue de 200, 211 y 206 mm para las hembras, los machos y la especie, respectivamente (Tabla 21):

TABLA 21  
TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD, CONSIDERANDO LA EDAD 1 A TRAVES DEL RETROCALCULO PARA *Mugil cephalus*.

Gpos. de edad	CON ALOMETRIA			CON ISOMETRIA.		
	HEMBRAS	MACHOS	ESPECIE	HEMBRAS	MACHOS	ESPECIE
	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.
"1"	203	207	204	200	211	206
"2"	246	247	246	246	247	246
"3"	283	281	282	283	281	282
"4"	319	315	317	319	315	317
"5"	350	344	349	350	344	349
"6"	377	369	375	377	369	375

Sin embargo, la relación anterior implica el crecimiento isométrico de la longitud total del pez con respecto a la del otolito, por lo que se utilizó un segundo método para probar si existía esta isometría.

2). El segundo método empleado consistió en utilizar el modelo que describe el crecimiento relativo (Huxley, 1924), el cual consiste en el modelo:

$$Y = aX^b$$

Que también se puede escribir como:  $R = a Lt_b$

Para ajustar la expresión anterior por el método de los mínimos cuadrados se realizó una transformación logarítmica:

$$\ln R = \ln a + b \ln Lt$$

El valor de b indica si el crecimiento es alométrico o isométrico: si b=1 hay isometría; si b es mayor o menor que 1 el crecimiento es alométrico positivo o negativo, respectivamente.

La expresión anterior fue aplicada para la especie, así como para hembras y machos, dando como resultado alometría negativa en los tres casos:

TABLA 22  
CALCULO DE ASIMETRIA DE LA RELACION: LONGITUD  
TOTAL-LONGITUD DEL OTOLITO DE *M. cephalus*

Ejemplares	Valores de b	Crecimiento
Hembras	0.8663	alom. negativa
Machos	0.9284	alom. negativa
Especie	0.9296	alom. negativa

Para calcular la longitud total del pez al tiempo t (lt), se empleó la expresión:

$$Lt = (rt/a)^{1/b}$$

donde:

Lt= longitud al tiempo t.

rt= radio del otolito al tiempo t.

a y b= parámetros de la ecuación.

Por lo tanto las tallas para el grupo de edad "1" son de 203, 207 y 204 mm para las hembras, los machos y la especie, respectivamente (Tabla 21).

Se puede observar que los valores de lt resultantes de ambos métodos no discrepan notoriamente; no obstante, se procedió a estimar la ecuación de Von Bertalanffy (1938) para el análisis de crecimiento en longitud (para ambos sexos y para la población), con el objeto de observar con cual estimación se obtenía el mejor ajuste aplicando la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores calculados y observados. El cálculo de los parámetros de la ecuación mencionada se llevó a cabo por medio de la aplicación de los métodos de Ford (1933) y Walford (1946), Gulland (1964), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966), Beverton (1954) y con el programa Fishparm (1987).

Los resultados se pueden ver en la tabla 23, donde se aprecia que el

mejor ajuste a la ecuación de Von Bertalanffy para todos y cada uno de los métodos empleados se obtiene con los datos del retrocálculo, que considera crecimiento alométrico de la longitud total del pez con respecto al crecimiento del otolito.

TABLA 23  
CONSTANTES DE LA ECUACION DE CRECIMIENTO DE VON BERTALANFFY,  
SEGUN LOS DIFERENTES METODOS EMPLEADOS, HABIENDO OBTENIDO EL  
PRIMER GRUPO DE EDAD CON EL RETROCALCULO PARA *Mugil cephalus*

Método aplicado	$L_{\infty}$ (mm)	k	$t_0$	SD <sup>2</sup>
CON ALOMETRIA		HEMRAS		
Walford-Gulland	616.91	0.10909	-1.65943	1.9693
Reg. Beverton	616.91	0.10937	-1.64377	1.8278
Tomlinson y Abramson	625.49	0.106472	-1.68449	1.7847
Reg. Beverton	625.49	0.10645	-1.6858	1.7861
Allen	625.38	0.106498	-1.68448	1.7850
Reg. Beverton	625.38	0.10648	-1.68531	1.7861
Fishparm	625.40	0.1065	-1.684	1.7845
Reg. Beverton	625.40	0.10647	-1.68539	1.7871
			$\bar{X}$ =	1.8138
			M=	1.7861
CON ISOMETRIA		HEMRAS		
Walford-Gulland	577.80	0.12637	-1.36024	3.2650
Reg. Beverton	577.80	0.12624	-1.36583	3.1917
Tomlinson y Abramson	581.11	0.1244	-1.39984	2.9169
Reg. Beverton	581.11	0.12473	-1.38513	3.0220
Allen	588.47	0.121475	-1.42732	2.7543
Reg. Beverton	588.47	0.12148	-1.42693	2.7638
Fishparm	588.50	0.1215	-1.427	2.7431
Reg. Beverton	588.50	0.12146	-1.42712	2.7696
			$\bar{X}$ =	2.9283
			M=	2.8433

TABLA 23  
CONTINUACION

Método aplicado	$L_{\infty}$ (mm)	k	t <sub>0</sub>	SD <sup>2</sup>
CON ALOMETRIA		MACHOS		
Walford-Gulland	595.95	0.10776	-1.9612	3.0216
Reg. Beverton	595.95	0.10814	-1.93913	2.8049
Tomlinson y Abramson	605.23	0.1048051	-1.99335	2.7352
Reg. Beverton	605.23	0.10483	-1.99132	2.7290
Allen	607.13	0.10419	-2.00094	2.7293
Reg. Beverton	607.13	0.10418	-2.00177	2.7293
Fishparm	607.10	0.1042	-2.001	2.7284
Reg Beverton	607.10	0.10419	-2.00159	2.7293
			$\bar{X}$ =	2.7759
			M=	2.7293
CON ISOMETRIA		MACHOS		
Walford-Gulland	674.55	0.08339	-2.50397	7.0119
Reg. Beverton	674.55	0.08418	-2.43821	4.8923
Tomlinson y Abramson	681.72	0.082621	-2.46628	4.9659
Reg. Beverton	681.72	0.08259	-2.46828	4.9854
Allen	681.67	0.082632	-2.46605	4.9667
Reg. Beverton	681.67	0.0826	-2.4681	4.9857
Fishparm	681.70	0.08263	-2.466	4.9693
Reg Beverton	681.70	0.08260	-2.46821	4.9990
			$\bar{X}$ =	5.2220
			M=	4.9774
CON ALOMETRIA		ESPECIE		
Walford-Gulland	623.42	0.10477	-1.78513	3.7662
Reg. Beverton	623.42	0.10522	-1.75814	3.4101
Tomlinson y Abramson	640.75	0.09982	-1.84004	3.2090
Reg. Beverton	640.75	0.09982	-1.83995	3.2090
Allen	640.91	0.099584	-1.84563	3.5448
Reg. Beverton	640.91	0.09977	-1.84067	3.2093
Fishparm	641.40	0.09965	-1.842	3.2089
Reg. Beverton	641.40	0.09962	-1.8429	3.2111
			$\bar{X}$ =	3.3461
			M=	3.2102

TABLA 23  
CONTINUACION

Método aplicado	$L_{\infty}$ (mm)	k	t <sub>0</sub>	SD <sup>2</sup>
CON ISOMETRIA		ESPECIE		
Walford-Gulland	659.83	0.09319	-2.02056	4.8489
Reg. Beverton	659.83	0.09385	-1.97421	3.6379
Tomlinson y Abramson	675.41	0.0899247	-2.07865	3.6847
Reg. Beverton	675.41	0.09012	-2.02232	3.5373
Allen	677.45	0.089461	-2.04544	3.6800
Reg. Beverton	677.45	0.08944	-2.04685	3.6920
Fishparm	677.50	0.08946	-2.045	3.6775
Reg. Beverton	677.50	0.08942	-2.04705	3.6873
			$\bar{X}$ =	3.8057
			M=	3.6824

### Aplicación de la ecuación de von Bertalanffy

Para la aplicación de la ecuación de von Bertalanffy se emplearon los valores de la relación talla-edad, determinados por medio de la lectura de los otolitos para ambas especies y los sexos (Tablas 19 y 20).

Así mismo se llevó a cabo un segundo cálculo de las constantes de la ecuación de Von Bertalanffy tomando en cuenta la edad 1 obtenida a través del retrocálculo, considerando el crecimiento alométrico de la longitud total del otolito con respecto al pez, en el caso de *M. cephalus* (Tabla 21).

### Métodos para calcular las constantes de la ecuación

El cálculo de los parámetros de la ecuación de crecimiento, para ambas especies, así como para cada uno de los sexos, se llevó a cabo por medio de la aplicación de los métodos de Ford (1933) y Walford (1946), Gulland (1964), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966), Beverton (1954) y con el programa Fishparm (1987).

## Crecimiento en Longitud

A partir de las constantes de la ecuación obtenidas por medio de los métodos citados se obtuvieron las curvas de crecimiento de ambas especies. Con el objeto de comparar las diferencias entre los valores calculados y observados se utilizó la suma de los cuadrados de las diferencias.

### *Mugil cephalus*

Como se aprecia en la Tabla 24, los valores de  $L_{\infty}$  y  $k$ , obtenidos por medio de los métodos de Ford-Walford y Tomlinson y Abramson discrepan ligeramente entre sí y con respecto a los valores presentados por los métodos de Allen, Fishparm y Beverton. Así mismo, al aplicar estos parámetros en el desarrollo de la curva de Von Bertalanffy para las hembras y machos de *M. cephalus*, los dos primeros métodos presentaron las diferencias mayores con respecto a los valores observados.

TABLA 24  
CONSTANTES DE LA ECUACION DE CRECIMIENTO DE VON BERTALANFFY,  
SEGUN LOS DIFERENTES METODOS EMPLEADOS PARA *M. cephalus*

Método aplicado	$L_{\infty}$ (mm)	$k$	$t_0$	$SD^2$
HEMBRAS				
Walford-Gulland	627.54	0.10517	-1.73419	2.1864
Reg. Beverton	627.54	0.1053	-1.72806	2.1096
Tomlinson y Abramson	627.24	0.105361	-1.72801	2.1152
Reg. Beverton	627.24	0.10584	-1.69584	1.7932
Allen	622.87	0.107346	-1.67008	1.7936
Reg. Beverton	622.87	0.10737	-1.66966	1.7827
Fishparm	622.90	0.1074	-1.669	1.7896
Reg. Beverton	622.90	0.10736	-1.66986	1.7824*
				$\bar{X}=1.9191$
				$M=1.7914$

TABLA 24  
CONTINUACION

Método aplicado	$L_{\infty}$	(mm)	k	$t_0$	$SD^2$
MACHOS					
Walford-Gulland	609.05		0.10276	-2.06507	3.3389
Reg. Beverton	609.05		0.10291	-2.05752	3.2371
Tomlinson y Abramson	604.93		0.10425	-2.03755	3.3407
Reg. Beverton	604.93		0.10498	-1.98604	2.7250
Allen	603.52		0.105391	-1.97724	2.9194
Reg. Beverton	603.52		0.10550	-1.97648	2.7226
Fishparm	603.90		0.1054	-1.977	2.7222
Reg Beverton	603.90		0.10536	-1.97907	2.7222*
				$\bar{X} =$	2.9660
				$M =$	2.8210
ESPECIE					
Walford-Gulland	637.97		0.09982	-1.88382	4.0489
Reg. Beverton	637.97		0.10003	-1.87234	3.8265
Tomlinson y Abramson	640.64		0.09982	-1.84183	3.2113
Reg. Beverton	640.64		0.09984	-1.84002	3.2105
Allen	642.00		0.099323	-1.84826	3.4205
Reg. Beverton	642.00		0.09942	-1.84763	3.2095
Fishparm	642.40		0.09932	-1.848	3.2100
Reg. Beverton	642.40		0.09930	-1.84987	3.2088*
				$\bar{X} =$	3.4183
				$M =$	3.2109

\* parámetros usados en la obtención de la relación edad-longitud.

El método de Ford-Walford fue el que dió lugar a la suma de las diferencias de los cuadrados mayores, en este caso, el valor de  $t_0$  fue determinado por el método de Gulland (1964), para lo cual el autor recomienda utilizar los grupos de edad que estén mejor representados evitando así errores debidos a la baja representatividad de algunos grupos de edad pobremente muestreados. En este sentido se repitió el cálculo para los grupos de edad 3 a 5 y 3 a 6 años, obteniéndose como valores de  $t_0$ :

Gpos. de Edad	Hembras	Machos	Especie
3 a 5	-1.74	-2.07	-1.89
3 a 6	-1.73	-2.07	-1.88

No obstante, el desarrollo de las curvas de Von Bertalanffy mostró un mejor ajuste de los valores calculados correspondientes a todos los grupos de edad, cuyos valores se utilizaron en la obtención de la  $t_0$  promedio (Tabla 24). La aplicación de la ecuación de Beverton a los métodos citados, proporcionó una mejoría de los valores calculados por los métodos de Ford-Walford, Tomlinson-Abramson, Allen y Fishparm.

Tomando en cuenta la edad 1 obtenida a través del retrocálculo y considerando el crecimiento alométrico de la longitud total del pez con respecto al otolito, se obtuvo el cálculo de los parámetros de la ecuación de crecimiento por medio de la aplicación de los métodos de Ford (1933) y Walford (1946), Gulland (1964), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966), Beverton (1954) y con el programa Fishparm (1987). Como resultado de este análisis en la tabla 23 se observa que en promedio, se obtienen mejores ajustes en el cálculo de los parámetros; sin embargo, la obtención de las constantes de crecimiento a través de los grupos de edad de 2 a 6 años, proporcionó un ajuste ligeramente mejor (esto es sin incluir en el análisis el primer grupo de edad obtenida por medio del retrocálculo) por medio del Fishparm, mediante la ecuación de Beverton.

#### *Mugil curema*

Como se aprecia en la Tabla 25, los valores de  $L_{\infty}$  y  $k$ , obtenidos por medio del método de Ford-Walford discrepa con respecto a los valores presentados por los métodos de Tomlinson y Abramson, Allen, Fishparm y Beverton.



TABLA 25  
 CONSTANTES DE LA ECUACION DE CRECIMIENTO DE VON BERTALANFFY,  
 SEGUN LOS DIFERENTES METODOS EMPLEADOS PARA *M. curema*

Método aplicado	$L_{\infty}$ (mm)	k	t <sub>0</sub>	SD <sup>2</sup>
<b>HEMBRAS</b>				
Walford-Gulland	444.98	0.14459	-2.75684	11.1436
Reg. Beverton	444.98	0.14301	-2.82594	8.4785
Tomlinson y Abramson	454.13	0.135819	-2.93521	8.0414
Reg. Beverton	454.13	0.13597	-2.92829	8.0567
Allen	454.58	0.135424	-2.94131	8.0537
Reg. Beverton	454.58	0.13564	-2.9332	8.0533
Fishparm	454.60	0.1355	-2.94	8.0404*
Reg. Beverton	454.60	0.13563	-2.93336	8.0532
			$\bar{X}$ =	8.4901
			M=	8.0535
<b>MACHOS</b>				
Walford-Gulland	402.75	0.20257	-1.81209	30.5933
Reg. Beverton	402.75	0.19995	-1.88158	23.7123
Tomlinson y Abramson	411.99	0.186329	-2.02721	21.6880
Reg. Beverton	411.99	0.18689	-2.01155	21.8245
Allen	411.85	0.186502	-2.02561	21.6876
Reg. Beverton	411.85	0.18708	-2.00966	21.8302
Fishparm	411.80	0.1865	-2.026	21.6816*
Reg. Beverton	411.80	0.18715	-2.00896	21.8325
			$\bar{X}$ =	23.1063
			M=	21.8274
<b>ESPECIE</b>				
Walford-Gulland	450.35	0.15107	-2.43722	14.9209
Reg. Beverton	450.35	0.14939	-2.50391	11.5472
Tomlinson y Abramson	458.44	0.142716	-2.59759	10.8947
Reg. Beverton	458.44	0.14296	-2.58752	10.9444
Allen	461.37	0.140605	-2.62376	10.8662
Reg. Beverton	461.37	0.14077	-2.61668	10.8853
Fishparm	461.40	0.1406	-2.624	10.8642*
Reg. Beverton	461.40	0.14075	-2.61699	10.8848
			$\bar{X}$ =	11.4760
			M=	10.8900

\* parámetros usados en la obtención de la relación edad-longitud

Al aplicar estos parámetros en el desarrollo de la curva de Von Bertalanffy para las hembras, machos y la población de *M. curema*, el primer método presentó mayores diferencias con respecto a los valores observados. El método de Ford-Walford fue el que dió lugar a la suma de las diferencias de los cuadrados mayores, en este caso, el valor de  $t_0$  fue determinado por el método de Gulland (1964), para lo cual el autor recomienda utilizar los grupos de edad que estén mejor representados, evitando así errores debidos a la baja representatividad de algunos grupos de edad pobremente muestreados. En este sentido se repitió el cálculo para los grupos de edad 1 a 4, 3 a 5 y 2 a 4 años, obteniéndose como valores de  $t_0$ :

Gpos. de edad.	Hembras	Machos	Especie
1 a 4	-2.75	-1.79	-2.43
3 a 5	-2.73	-1.77	-2.41
2 a 4	-2.72	-1.75	-2.39

No obstante, el desarrollo de las curvas de Von Bertalanffy mostró un mejor ajuste de los valores calculados correspondientes a todos los grupos de edad, cuyos valores se utilizaron en la obtención de la  $t_0$  promedio. La aplicación de la ecuación de Beverton a los métodos ya citados proporcionó una mejoría de los valores calculados únicamente para el método de Ford-Walford. Como resultado de este análisis en la tabla 25 se observa que el mejor ajuste se obtuvo por medio del Fishparm.

### Ecuación de crecimiento de Mugil cephalus

La curva calculada que más se ajusta a los valores observados en la lectura de otolitos corresponde a los parámetros:  $L_{\infty}=642.4$  mm.,  $k=0.099$  y  $t_0=-1.85$  años, calculados por el método del Fishparm y ajustados mediante la ecuación de Beverton. Empleando los parámetros anteriores, se han obtenido los valores calculados de las longitudes para diferentes edades (Tabla 26).

TABLA 26  
RELACION EDAD LONGITUD DE *Mugil cephalus* CON SUS  
RESPECTIVAS SUMAS DE LAS DIFERENCIAS AL CUADRADO

Grupos de edad	n	valores observados	valores calculados	SD <sup>2</sup>
"0"	0	---	158.34	---
"1"	0	---	204.09	---
"2"	45	246	245.53	0.2209
"3"	59	282	283.04	1.0816
"4"	44	317	317.01	0.0001
"5"	51	349	347.77	1.5129
"6"	33	375	375.62	0.3844

$$L_c = 642.4 (1 - e^{-0.0993(t+1.84987)})$$

Así mismo, en la figura 28 se presenta la curva teórica del crecimiento en longitud de *M. cephalus* para las edades 0 a 6 años.

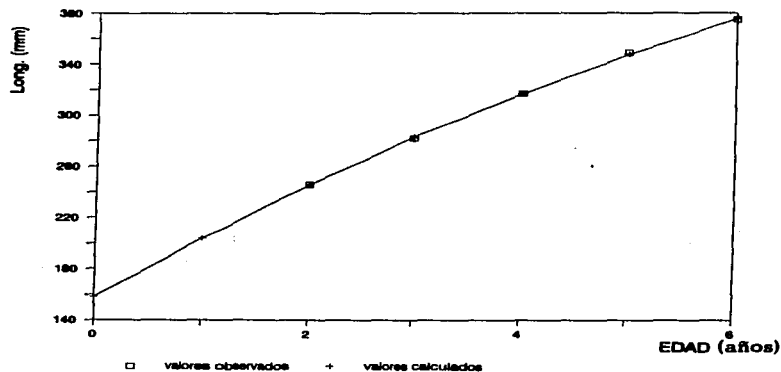


Figura 28. Curva teórica de crecimiento en longitud de *M. cephalus*

Durante los dos primeros años la lisa presenta un crecimiento rápido en longitud, 45.7 mm y 41.4 mm en promedio, respectivamente. A partir del tercer año la velocidad de crecimiento disminuye incrementándose 37.5

mm de la longitud total entre el tercer y cuarto año, 33.9 mm entre el cuarto y quinto año y 30.7 mm entre el quinto, y sexto años. A partir del último, el crecimiento es aún más lento, con un incremento promedio de 27.8 mm.

Con el objeto de establecer algunas comparaciones con otras poblaciones de *M. cephalus* se elaboró la tabla 27, en la cual se exponen los valores de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados para diferentes zonas, cercanas a la de estudio.

TABLA 27  
PARAMETROS DEL CRECIMIENTO DE *Mugil cephalus* PARA ZONAS CERCANAS  
A LA DE ESTUDIO

Autor	Método	Long.	Sexo	$L_{\infty}$	k	$t_0$
<b>Lagunas costeras</b>						
Márquez (1974) Lag. Tamiahua, Veracruz. México	Esc.	Lt	ESP.	510	0.34	-0.114
Díaz y Hdez. (1980) Lag. San Andrés, Tamaulipas. México.	Esc.	Lt	ESP.	588	0.1943	-0.2129
Romero y Castro. (1983) Mar Muerto, Chiapas. México.	Esc.	Lp	ESP.	356	0.2078	-1.77
Presente estudio (1995) Lag. Tamiahua, Veracruz. México.	Otol.	Lt	H	622.9	0.10736	-1.66986
			M	603.9	0.10536	-1.97907
			ESP.	642.4	0.0993	-1.84987

TABLA 27  
CONTINUACION

Autor	Método	Long.	Sexo	$L_{\infty}$	k	t.
<b>Zonas Marinas</b>						
Cech y Wohlschlag (1975)	Esc.	Lt	H	407	0.32	-0.710
			ESP.	450	0.24	-0.900
Texas E.U.A.						
Broadhead (1958)	Esc. y Marcaje	Lt	H	374	0.82	-0.16
			M	379	0.66	-0.036
N y NW Florida E.U.A.						

El valor de k, determinado para *M. cephalus* en este estudio, ocupa una posición inferior con respecto a los valores presentados por Márquez (1974), Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980) y Romero y Castro (1983), sin olvidar que este último autor muestra sus resultados en términos de longitud patrón (Tabla 27), por lo cual no son comparables. Así mismo, los valores de  $L_{\infty}$  presentados por dichos autores son menores a los de este estudio. En este sentido en la tabla 28 se observan las tallas para cada grupo de edad determinadas por Márquez (1974), Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980) y Romero y Castro (1983), se observa ahí que las diferencias entre las longitudes medias de los grupos de edad en los casos de Márquez (1974) y Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980), no corresponden a los requeridos para el ajuste al modelo de Von Bertalanffy pues para Márquez (1974), el incremento de crecimiento entre la edad 4 y 5 años es de 9 mm, mientras que para la edad entre 5 y 6 años es de 33 mm. De igual manera Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980) señalan incrementos entre la edad 0 y 1 años, de 68 mm mientras que para la edad correspondiente a la edad 1 y 2 años el aumento de longitud media es de 122 mm.

TABLA 28  
TALLAS PARA CADA GRUPO DE EDAD DETERMINADAS POR DIFERENTES AUTORES  
(TALLA EN MM) PARA *Mugil cephalus*

Autor	Márquez	Ibáñez	Díaz-Pardo	Romero
Año	1974	1992	1980	1983
Zona	Lag. Tamiahua.	Lag. Tamiahua	Lag. Sn. Andrés.	Mar Muerto
Gpos. de edad.	long. media.	long. media.	long. media.	long. media.
"0"	---	---	32	---
incr.	--	--	68	--
"1"	161	---	100	91
incr.	95	--	122	68
"2"	256	246	222	159
incr.	76	36	48	51
"3"	332	282	270	210
incr.	34	35	62	36
"4"	366	317	332	246
incr.	9	32	40	29
"5"	375	349	372	275
incr.	33	26	--	21
"6"	408	375	---	296
incr.	--	--	--	15
"7"	---	---	---	311
incr.	--	--	--	12
"8"	---	---	---	323
Autor	Cech y Wohlschlag.	Broadhead.		
Año	1975	1958		
Zona	Texas E. U. A.	N y NW Florida E. U. A.		
	HEMBRAS	ESPECIE	HEMBRAS	MACHOS
Gpos. de edad	long. media.	long. media.	Gpos. de edad	long. media.
"1"	174	166	"1"	179
dif.	61	62	dif.	97
"2"	235	228	"2"	276
dif.	52	46	dif.	50
"3"	287	274	"3"	326
dif.	35	39		
"4"	322	313		
dif.	20	--		
"5"	342			

Los resultados antes mencionados sugieren la posibilidad de error en la interpretación de los anillos.

Las diferencias de los parámetros del crecimiento que se señalan en la tabla 27 para las costas de Texas para *M. cephalus* (Cech y Wohlschlag, 1975) y Florida (Broadhead, 1958), son muy marcadas con respecto a las presentadas en este estudio, siendo los valores de  $L_{\infty}$  mucho más bajos que los obtenidos aquí. Sin embargo, en la tabla 28 se observa, para los resultados presentados por Cech y Wohlschlag (1975), que las tallas medias para cada grupo de edad no difieren notablemente con las obtenidas en el presente estudio, no presentándose el mismo caso para los valores que señala Broadhead (1958).

En la tabla 29 se exponen los valores de los parámetros de crecimiento del modelo de Von Bertalanffy estimados para diferentes zonas, donde se nota que los valores de  $k$  son regularmente mayores para las lagunas costeras y los de  $L_{\infty}$  son, en promedio, menores a los alcanzados en las zonas marinas; sin embargo, las discrepancias son importantes aún entre zonas cercanas (Kesteven, 1942; Thompson, 1951 y 1963).

TABLA 29

PARAMETROS DEL CRECIMIENTO DE *Mugil cephalus* PARA OTRAS ZONAS

Autor	Método	Long.	Sexo	$L_{\infty}$	$k$	$t_0$
<b>Zonas Marinas</b>						
Provator y Terechensko (en Nikolskii, 1954)						
Mar Negro	?	Lt	POBL.	516	0.23	-0.21
Mar Caspio	?	Lt	POBL.	600	0.18	-1.56
Ilin, 1949 (en Deniczzi, 1958)						
Mar Negro	Esc.	Lt	POBL:	1089	0.052	-1.62
Kesteven (1942)						
Australia	Esc.	Lt	POBL.	1729	0.060	-0.51
Thompson (1951)						
Oeste Australia	Esc.	Lt	POBL:	609	0.30	-0.143
Thompson (1963)						
Australia	Esc.	Lt	POBL:	727	0.229	0.006

TABLA 29  
CONTINUACION

Lagunas costeras						
Autor	Método	Long.	Sexo	L <sub>0</sub>	k	t <sub>0</sub>
Ezzat (1964) Lago Salado Francia	Otol.	Lt	POBL.	417.7	0.47	-0.169
Serbetis (1939) (cerca de Roma) Italia	Esc.	Lt	POBL.	563	0.561	0.083
Morovic (1954) Venecia Italia	Esc.	Lt	POBL.	611	0.210	-0.465
Alessio (1976) Orbetello Italia	Esc.	Lt	POBL.	615	0.400	-0.044
Morovic (1957) Vransko Yugoslavia	Esc.	Lt	POBL.	590	0.234	-0.083
Heldt (1948) Túnez	Esc.	Lt	POBL.	620.4	0.650	-0.048
Farrugio (1975) Túnez	Esc.	Lt	POBL.	693	0.190	-0.630

En este sentido, el efecto de las localidades en las tasas de crecimiento tiene que verse con mucho cuidado. A este respecto se sugiere la posibilidad de diferencias en la interpretación de los anillos de crecimiento, mas que a las variaciones debidas al ambiente.



Por otro lado, Thompson (1951) y Broadhead (1953) encuentran variaciones en poblaciones de *M. cephalus* en estuarios adyacentes mencionando que estas variaciones pueden ser debidas a la densidad poblacional y a la abundancia del alimento disponible. Así mismo, en algunas poblaciones que pasan la mayoría de su vida en lagunas eutróficas, como en Vranko (Yugoslavia) y en Túnez, se puede estar de acuerdo con Morovic (1964) y Farrugio (1975), quienes reportan una elevada tasa de crecimiento.

En otro sentido Oren (1981) menciona que las lagunas están muy accesibles al mar, de tal forma que los Mugílidos pueden emigrar cuando menos una vez al año y mezclarse con otras poblaciones vecinas, lo que daría lugar a la disminución en las variaciones locales en las tasas de crecimiento. Finalmente, como se ha demostrado, las diferencias entre las tasas de crecimiento presentadas son importantes aún para zonas cercanas, de tal forma que resulta tentador incriminar el o los métodos de determinación de edad, sin embargo debe tenerse en consideración la amplia distribución mundial de esta especie y sus probables estrategias de sobrevivencia.

### Crecimiento según el sexo de *M. cephalus*

Para la determinación de las constantes de la ecuación de von Bertalanffy para el estudio del crecimiento entre sexos, se aplicaron los métodos de Ford (1933) y Walford (1946), Gulland (1964), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966), Beverton (1954) y con el programa Fishparm (1987), tanto para las edades observadas (5 grupos de edad), de los grupos de edad de 2 a 6 años, como para la los grupos de edad 1 a 6 años, habiendo siendo obtenida la edad 1 por medio del retrocálculo, considerando el crecimiento asimétrico del otolito con respecto a la longitud total del pez. Así mismo, se desarrollaron las curvas correspondientes y se compararon con los valores observados, por medio de la suma de la diferencia de los cuadrados de las diferencias.

### Estimación del crecimiento en las hembras de *Mugil cephalus*

El método que proporcionó el mejor ajuste a los valores observados fue el correspondiente al calculado por el método del Fishparm y ajustado mediante la ecuación de Beverton para 5 grupos de edad (Tabla 24). Sin embargo, como en el caso del análisis de la población de *M. cephalus*, el ajuste fue ligeramente mejor al calculado por medio del Fishparm

considerando la edad 1 por medio del retrocálculo. Así mismo, en promedio, se obtienen mejores ajustes en el cálculo de los parámetros considerando los 6 grupos de edad. Como resultado de este análisis la curva calculada que más se ajusta a los valores observados es la correspondiente a los valores de:  $L_{\infty}=622.9$  mm,  $k=0.107$ ,  $t_0=-1.67$ . Las longitudes teóricas a diferentes edades aparecen en la Tabla 30.

TABLA 30

RELACION EDAD LONGITUD DE LAS HEMBRAS DE *Mugil cephalus*  
CON SUS RESPECTIVAS SUMAS DE LAS DIFERENCIAS AL CUADRADO

Grupos de edad	n	valores observados	valores calculados	SD <sup>2</sup>
"0"	0	---	155.24	---
"1"	0	---	202.84	---
"2"	23	246	245.60	0.1600
"3"	30	283	284.01	1.0201
"4"	25	319	318.51	0.2401
"5"	27	350	349.50	0.2500
"6"	18	377	377.33	0.1089

$$L_t = 622.9 (1 - e^{-0.10736(t+1.66986)})$$

En la figura 29 se observa la curva teórica de crecimiento en longitud para las hembras de *M. cephalus*, para las edades de 0 a 6 años.

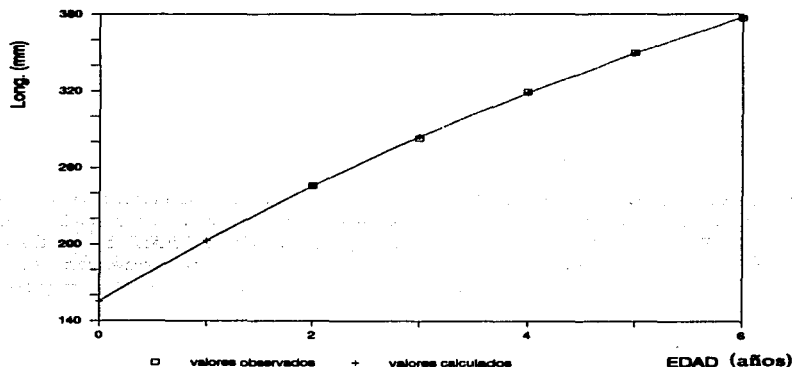


Figura 29. Crecimiento en longitud de las hembras de *M. cephalus*

### Estimación del crecimiento en los machos de *Mugil cephalus*

Los métodos que proporcionaron el mejor ajuste a los valores observados fueron los correspondientes a los calculados por medio del Fishparm y el ajustado mediante la ecuación de Beverton, para 5 grupos de edad que mostraron el mismo resultado (Tabla 31). Sin embargo, como en el caso del análisis de la especie y de las hembras de *M. cephalus*, el ajuste fue ligeramente mejor al calculado por medio del Fishparm considerando la edad 1 por medio del retrocálculo. Así mismo, en promedio se obtienen mejores ajustes en el cálculo de los parámetros considerando los 6 grupos de edad.

TABLE 31  
RELACION EDAD LONGITUD DE LOS MACHOS DE *Mugil cephalus*  
CON SUS RESPECTIVAS SUMAS DE LAS DIFERENCIAS AL CUADRADO

Grupos de edad	n	valores observados	valores calculados	SD <sup>2</sup>
"0"	0	---	162.64	---
"1"	0	---	206.78	---
"2"	22	247	246.51	0.2401
"3"	29	281	282.26	1.5876
"4"	19	315	314.44	0.3136
"5"	24	344	343.39	0.3721
"6"	15	369	369.45	0.2025

$L_c = 603.9 (1 - e^{-0.10536 (t+1.97207)})$

Como resultado de este análisis la curva calculada que más se ajusta a los valores observados es la correspondiente a los valores de:  $L_\infty=603.9$  mm,  $k=0.105$ ,  $t_0=-1.98$ . Las longitudes teóricas a diferentes edades, aparecen en la Tabla 31. En la figura 30, se observa la curva teórica de crecimiento en longitud para los machos de *M. cephalus*, para las edades de 0 a 6 años.

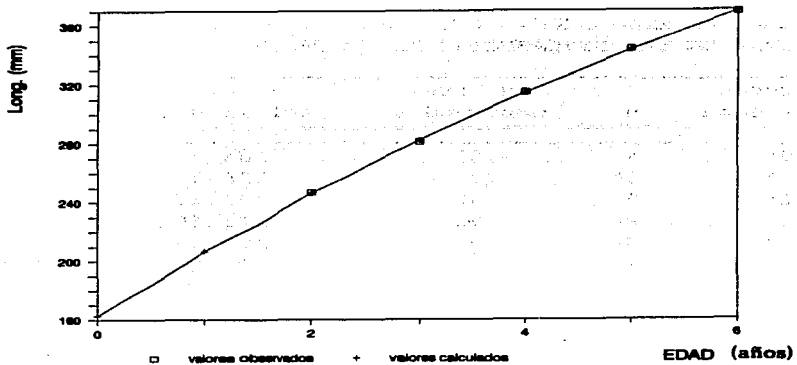


Figura 30. Crecimiento en longitud de los machos de *M. cephalus*

### Ecuación de crecimiento de Mugil curema

La curva calculada que más se ajusta a los valores observados en la lectura de otolitos corresponde a los parámetros:  $L_{\infty}=461.4$  mm,  $k=0.14$  y  $t_0=-2.62$  años, calculados por el método del Fishparm (1987).

Empleando los parámetros anteriores, se han obtenido los valores calculados de las longitudes para diferentes edades (Tabla 32). Así mismo, en la figura 31 se presenta la curva teórica del crecimiento en longitud de *Mugil curema*, para las edades 0 a 5 años.

TABLA 32  
RELACION EDAD LONGITUD DE *Mugil curema* CON SUS RESPECTIVAS  
SUMAS DE LAS DIFERENCIAS AL CUADRADO

Grupos de edad	n	valores observados	valores calculados	SD <sup>2</sup>
"0"	4	183	184.20	1.4400
"1"	60	223	220.56	5.9536
"2"	71	252	252.15	0.0225
"3"	66	278	279.60	2.5600
"4"	54	303	303.44	0.1936
"5"	37	325	324.16	0.7056

$$L_c = 461.4 (1 - e^{-0.1406(t+2.624)})$$

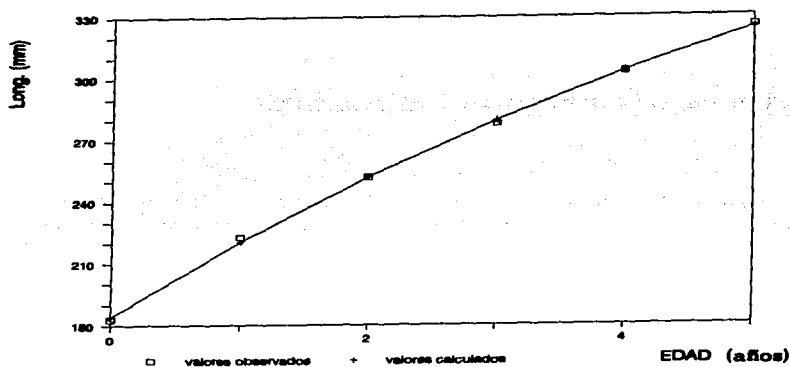


Figura 31. Curva teórica de crecimiento en longitud de *M. curema*

Durante el primer año *M. curema* presenta un crecimiento rápido en longitud, 40 mm; a partir del segundo año la velocidad de crecimiento disminuye notoriamente, incrementándose 29 mm de la longitud total entre el segundo y tercer año, 26 mm entre el tercer y cuarto año, 25 mm entre el cuarto y quinto año y 22 mm entre el quinto y sexto años.

Con el objeto de establecer algunas relaciones con otras poblaciones de peces de *M. curema*, se elaboró la tabla 33, en la cual se exponen los valores de los parámetros de crecimiento del modelo de Von Bertalanffy estimados para diferentes zonas, cercanas a la de estudio.

TABLA 33  
PARAMETROS DEL CRECIMIENTO DE *Mugil curema* PARA ZONAS CERCANAS  
A LA DE ESTUDIO

Autor	Método	Long.	Sexo	$L_{\infty}$	k	$t_0$
Richards y Castagna (1976) Virginia E.U.A.	?	Lf	ESP.	360	0.78	-0.06
Alvarez (1979) La Habana Cuba	espina	Lt	ESP.	532	0.10	-5.9
Presente estudio (1985)	Otol.	Lt	H	454.6	0.14	-2.9
Lag. Tamiahua, Veracruz.			M	411.8	0.19	-2.0
México.			ESP.	461.4	0.14	-2.6

El valor de k, determinado para *M. curema* en este estudio, es inferior con respecto al valor presentado por Richards y Castagna (1976) y superior al mostrado por Alvarez (1979). Así mismo, el valor de  $L_{\infty}$  presentado por dichos autores, es menor para las costas de Virginia E.U.A. y superior para Cuba. No obstante que Alvarez (1979) llevó a cabo el análisis de crecimiento entre sexos y refiere no haber encontrado diferencias entre ambos.

Crecimiento según el sexo de M. curemaEstimación del crecimiento en las hembras de Mugil curema.

El método que proporcionó el mejor ajuste a los valores observados fue el correspondiente al calculado por el método del Fishparm (1987), seguido por el método de Tomlinson y Abramson (Tabla 25). Como resultado de este análisis la curva calculada que más se ajusta a los valores observados es la correspondiente a los valores de:  $L_{\infty}=454.6$  mm,  $k=0.135$ ,  $t_0=-2.94$ . Las longitudes teóricas a diferentes edades, aparecen en la Tabla 34.

TABLA 34  
RELACION EDAD LONGITUD DE LAS HEMBRAS DE *Mugil curema*  
CON SUS RESPECTIVAS SUMAS DE LAS DIFERENCIAS AL  
CUADRADO

Grupos de edad	n	valores observados	valores calculados	SD <sup>2</sup>
"0"	2	187	188.05	1.1025
"1"	28	224	221.83	4.7089
"2"	35	251	251.33	0.1089
"3"	32	276	277.09	1.1881
"4"	24	299	299.58	0.3364
"5"	17	320	319.23	0.5929

$$L_t = 454.6 (1 - e^{-0.1355(t+2.94)})$$

En la figura 32 se observa la curva teórica de crecimiento en longitud para las hembras de *M. curema*, para las edades de 0 a 5 años.

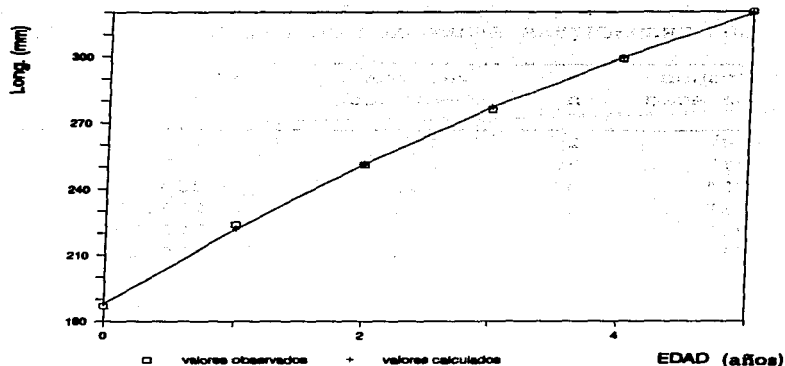


Figura 32. Crecimiento en longitud de las hembras de *M. curema*

### Estimación del crecimiento en los machos de Mugil curema.

El método que proporcionó el mejor ajuste a los valores observados fue el correspondiente al calculado por el método del Fishparm, seguido por el método de Allen (Tabla 25). Como resultado de este análisis la curva calculada que más se ajusta a los valores observados es la correspondiente a los valores de:  $L_{\infty}=411.8$  mm,  $k=0.187$ ,  $t_0=-2.03$ .

Las longitudes teóricas a diferentes edades, aparecen en la tabla 35.

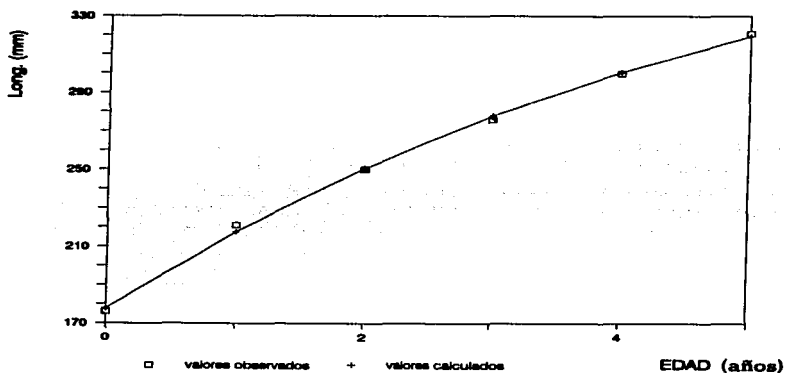


**TABLA 35**  
**RELACION EDAD LONGITUD DE LOS MACHOS DE *Mugil curema* CON**  
**SUS RESPECTIVAS SUMAS DE LAS DIFERENCIAS AL CUADRADO**

Grupos de edad	n	valores observados	valores calculados	SD <sup>2</sup>
"0"	2	176	177.60	2.5600
"1"	32	221	217.44	12.6736
"2"	36	250	250.51	0.2601
"3"	34	276	277.95	3.8025
"4"	30	300	300.73	0.5329
"5"	20	321	319.63	1.8769

$$L_c = 411.8 (1 - e^{-0.1865(t+2.026)})$$

En la figura 33, se observa la curva teórica de crecimiento en longitud para los machos de *M. curema*, para las edades de 0 a 5 años.



**Figura 33. Crecimiento en longitud de los machos de *M. curema***

## Diferencias de crecimiento entre sexos

Entre los estudiosos de los Mugílidos existe una controversia sobre el crecimiento entre sexos. Los autores que consideran diferencias de crecimiento son: Ezzat (1965), Brulhet (1974 y 1975) y Farrugio (1975). Mientras que los que opinan que el crecimiento es igual entre los sexos son: Dannevig, 1902; Kesteven, 1942; Thompson, 1951; Morovic, 1957; Erman, 1959; Thakur, 1967; Cech y Wohlschlage, 1975; Grant y Spain, 1975, para *M. cephalus* y por Angell, 1973, para *M. curema*.

Con respecto a los parámetros del crecimiento entre sexos en este estudio se observa que el valor de  $k$  es más elevado en los machos de *M. curema*, por lo que éstos alcanzarán más rápido una talla cercana a  $L_{\infty}$  produciéndose una curva de crecimiento más convexa. Por otro lado las hembras presentan una curva de crecimiento más suave por lo tanto, tendrán mayor longevidad. En el caso de *M. cephalus* sucede lo contrario. Sin embargo, aparentemente, las diferencias entre las tasas de crecimiento entre sexos es pequeña (de 0.051 para *M. curema* y de 0.002 para *M. cephalus*).

Por lo tanto, con el objeto de comparar las curvas de crecimiento entre sexos para ambas especies de Mugílidos, se empleó la prueba de T de Hotelling (Bernard, 1981). Esta prueba asume que las estimaciones de  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  de ambos grupos se obtuvieron de dos distribuciones de probabilidad conjunta normales, con tres variables y una varianza común. En todos los casos en los cuales el modelo converge, la diferencia entre los parámetros de las curvas de hembras y machos es altamente significativa. Encontrándose, para este estudio, que las curvas de crecimiento son significativamente diferentes entre sexos para *M. cephalus* y *M. curema* ( $p > 0.05$ ).

## Crecimiento en peso

### Relación talla-peso

Las ecuaciones que describen las relaciones entre la longitud y el peso, se presentan a continuación, en las cuales se observa que la relación tiende fuertemente a la isometría (i.e. el parámetro  $b = 3$ ).

#### *Mugil cephalus*

$$W = 3.29 \times 10^{-5} (L)^{2.80}$$

n= 467

r= 0.99

#### *Mugil curema*

$$W = 1.12 \times 10^{-5} (L)^{2.86}$$

n= 332

r= 0.99

para los peces enteros, y

#### *Mugil cephalus*

$$W = 3.79 \times 10^{-5} (L)^{2.75}$$

n=465

r=0.99

#### *Mugil curema*

$$W = 1.06 \times 10^{-5} (L)^{2.94}$$

n=330

r=0.87

para los peces eviscerados.

En las tabla 36 y 37 y las figuras 34 y 35 (a y b) aparece la relación entre la longitud y el peso para los peces enteros y eviscerados de ambas especies. Se aprecia claramente la relación potencial existente entre ambas medidas. En *M. cephalus* la relación longitud-peso vivo, la dispersión es mayor debido a la importancia relativa del peso de las gónadas y víceras.

**TABLA 36**  
**RELACION PESO ENTERO Y EVISCERADO-LONGITUD**  
**DE *Mugil cephalus***

Clases de Talla (mm)	Peso entero (gr.)	Peso evisc. (gr.)
218	137.39	123.74
238	145.43	128.71
258	175.04	150.27
278	209.07	181.84
298	253.69	229.92
318	332.79	287.49
338	384.83	341.83
358	459.65	406.97
378	515.58	456.12
398	596.15	504.12
418	718.54	625.64
438	759.01	674.04
458	892.40	689.75
478	1033.20	867.70
498	1185.80	1037.63
518	1412.10	1229.50
538	1506.50	1303.00

**TABLA 37**  
**RELACION PESO ENTERO Y EVISCERADO-LONGITUD**  
**DE *Mugil curema***

Clases de Talla (mm)	Peso entero (gr.)	Peso evisc. (gr.)
170	41.85	37.15
190	52.60	53.80
210	88.78	76.50
230	114.92	99.57
250	139.44	117.47
270	173.13	151.96
290	221.68	189.58
310	272.95	236.12
330	301.92	270.53
350	374.20	339.20
370	398.95	362.95

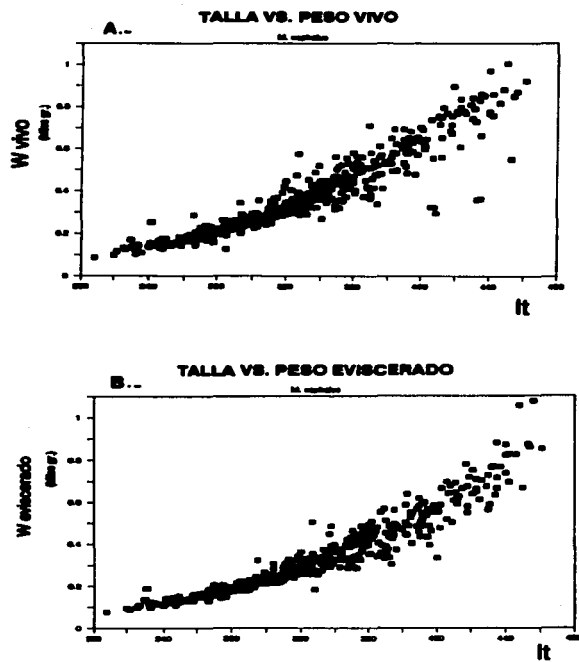


Figura 34. Relación peso - longitud de *M. cephalus*

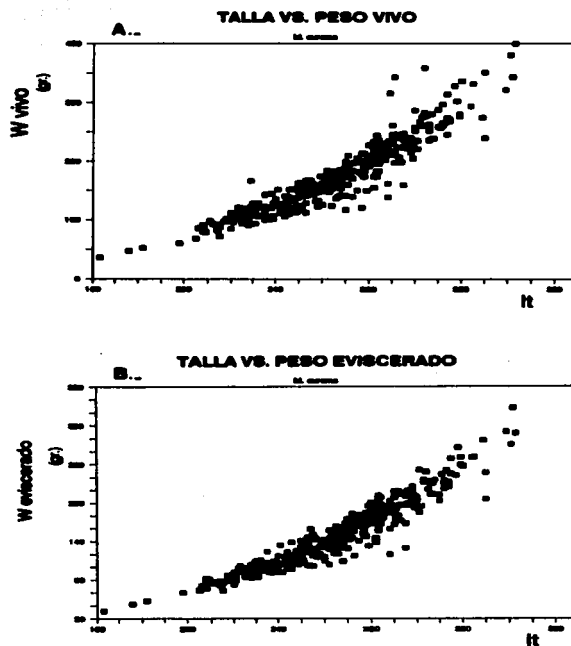


Figura 35. Relación peso - longitud de *M. curema*

En las figuras 36 y 37 (a y b) aparecen las rectas de regresión de las relaciones entre los logaritmos del peso y la longitud, así como los gráficos de los residuos en las figuras 38 y 39.

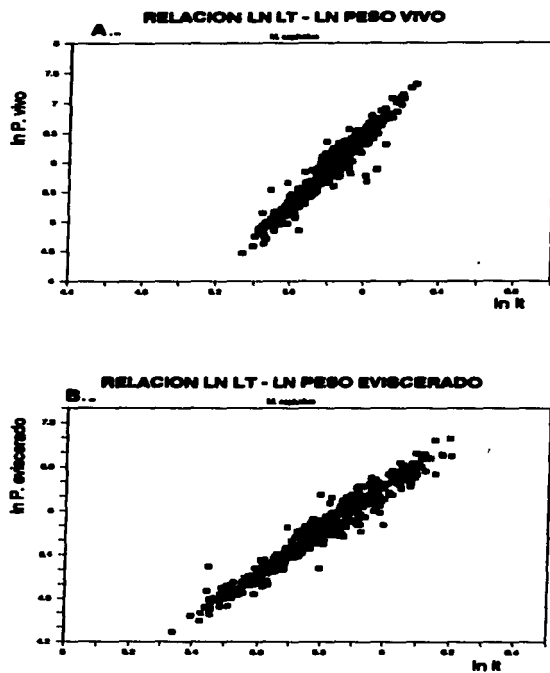


Figura 36. Relación: ln del peso vs. ln de la talla de *M. cephalus*

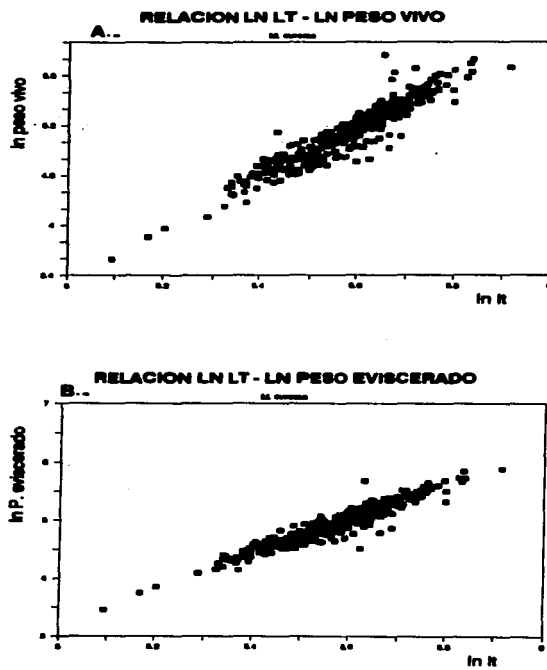


Figura 37. Relación: ln del peso vs. ln de la talla de *M. curema*



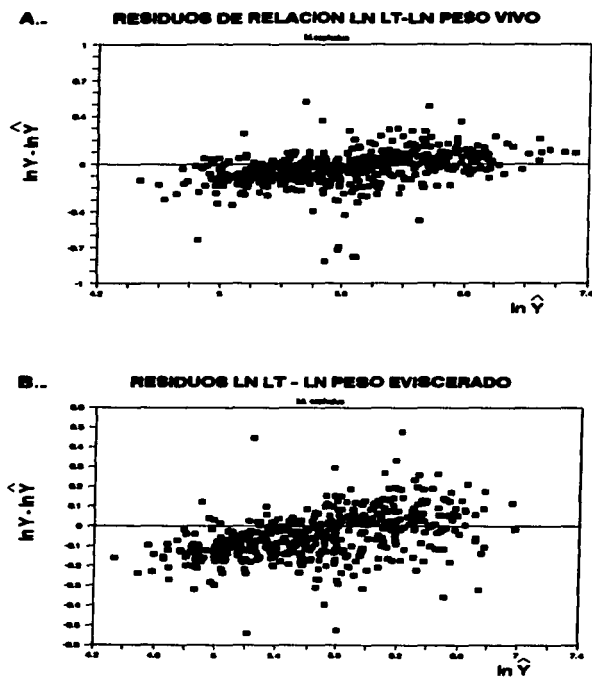


Figura 38. Residuos de la relación Talla-Peso, *M. cephalus*

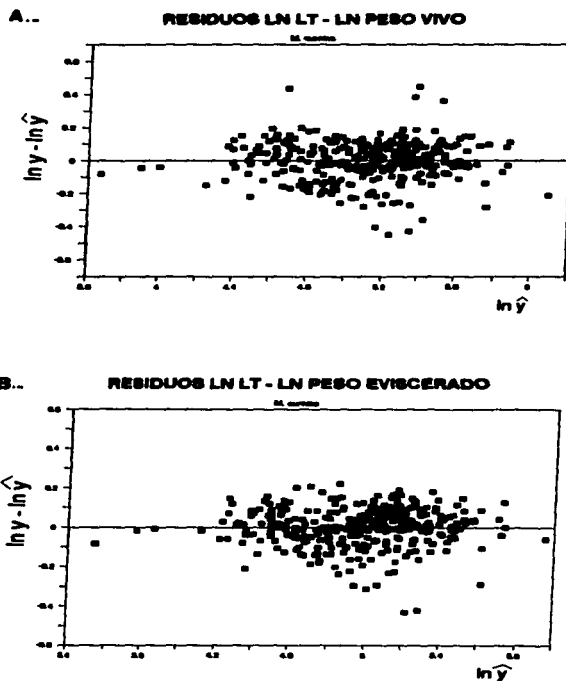


Figura 39. Residuos de la relación Talla-Peso, *M. curema*

## Peso a cada edad

En las tablas 38 y 39, se muestra el crecimiento en peso absoluto y relativo, observándose que el coeficiente relativo disminuye conforme la edad se incrementa.

TABLA 38  
CRECIMIENTO EN PESO (ENTERO) ABSOLUTO Y RELATIVO DE  
*Mugil cephalus*

Gpos.edad (años)	Long. media (mm)	Peso absoluto (gr.)	Peso relativo k (gr.)
0	158	35.22	0.76
1	204	75.43	0.55
2	246	131.32	0.43
3	282	201.19	0.34
4	317	282.66	0.28
5	349	373.18	0.23
6	375	470.21	

Gpos.edad (años)	Long. media (mm)	Peso absoluto (gr.)	Peso relativo k (gr.)
0	158	29.74	0.76
1	204	63.70	0.55
2	246	110.90	0.43
3	282	169.89	0.34
4	317	238.70	0.28
5	349	315.14	0.23
6	375	397.08	

**TABLA 39**  
**CRECIMIENTO EN PESO (ENTERO) ABSOLUTO Y RELATIVO DE**  
***Mugil curema***

Gpos. de edad (años)	Long. media (mm)	Peso absoluto (gr.)	Peso relativo k (gr.)
0	183	53.75	
1	223	92.27	0.54
2	252	137.87	0.40
3	278	187.97	0.31
4	303	240.28	0.25
5	325	292.93	0.20

**CRECIMIENTO EN PESO (EVISGERADO) ABSOLUTO Y RELATIVO DE**  
***Mugil curema***

Gpos. de edad (años)	Long. media (mm)	Peso absoluto (gr.)	Peso relativo k (gr.)
0	183	46.89	
1	223	80.49	0.54
2	252	120.27	0.40
3	278	163.97	0.31
4	303	209.60	0.25
5	325	255.53	0.20

### Crecimiento teórico en peso

Las ecuaciones correspondientes para el peso son:

*Mugil cephalus*

$$W_t = 2\,352.12 (1 - e^{-0.1(t+1.85)})^3$$

*Mugil curema*

$$W_t = 844.73 (1 - e^{-0.14(t+2.62)})^3$$

para el peso entero, y:

*Mugil cephalus*

$$W_t = 1\,986.27 (1 - e^{-0.1(t+1.85)})^3$$

*Mugil curema*

$$W_t = 736.89 (1 - e^{-0.14(t+2.62)})^3$$

para el peso eviscerado.

En las figuras 40 (a y b), se exponen las curvas teóricas del crecimiento en peso, entero y eviscerado de *M. cephalus*, para las edades de 0 a 7 años, al igual que para *M. curema* (Figuras 41 a y b).

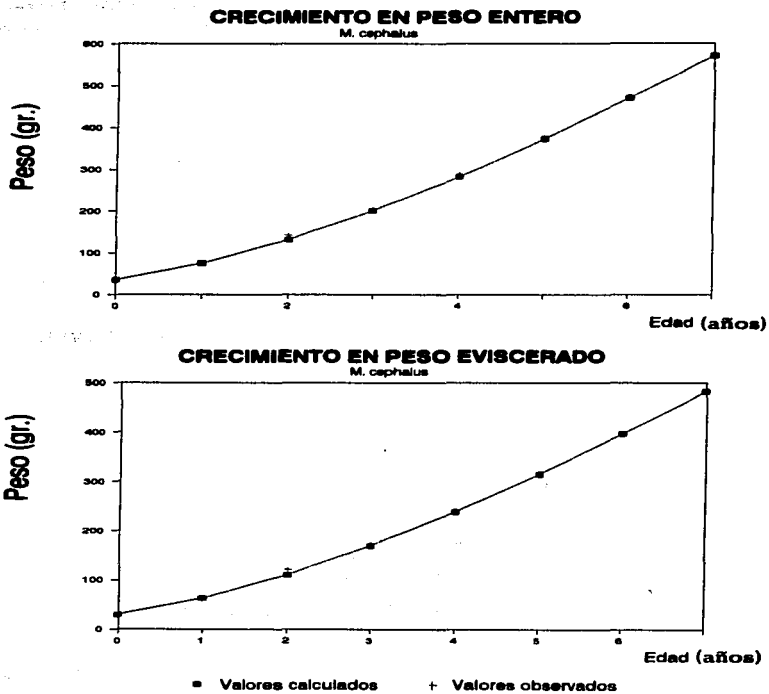


Figura 40. Crecimiento en peso entero y eviscerado de *M. cephalus*

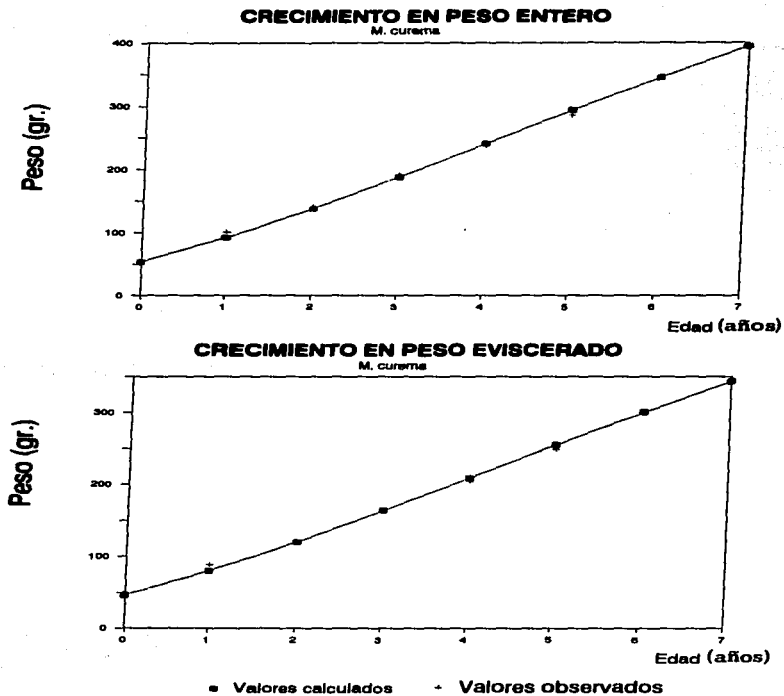


Figura 41. Crecimiento en peso entero y eviscerado de *M. curema*

Es importante señalar que, para la obtención del crecimiento teórico en peso, han sido utilizados solamente los valores observados de seis grupos de edad, debido a la selectividad de los artes de pesca comerciales empleados en la zona de estudio.

No obstante, esta información se ajusta satisfactoriamente a los valores calculados (Figs. 42 a y b).

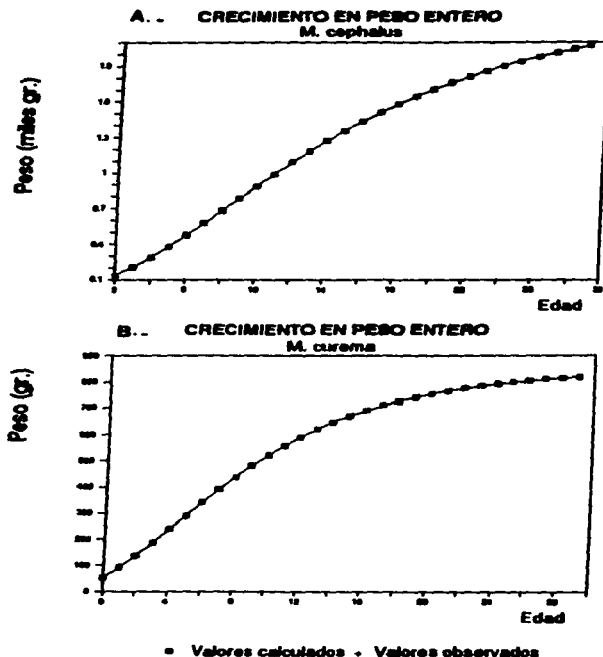


Figura 42. Proyección de la curva de crecimiento en peso vivo.  
a). *M. cephalus* b). *M. curema*



### Longevidad (Edad $A_{0.95}$ )

Considerando la edad límite como el tiempo requerido para alcanzar el 95 % de  $L_{\infty}$  tenemos:

$$A_{0.95} = \frac{-\ln(1-0.95)}{k+t_0}$$

La edad a la cual se alcanza el 95 % de la  $L_{\infty}$  de ambas especies de mugílidos corresponde a:

*Mugil cephalus*  
 $A_{0.95} = 28.32$  años.

*Mugil curema*  
 $A_{0.95} = 18.68$  años.

La edad a la cual se alcanza el 95 % de la  $L_{\infty}$  para cada sexo es la siguiente:

*Mugil cephalus*

*Mugil curema*

Hembras= 26.24 años.  
 Machos = 26.46 años.

Hembras= 19.17 años.  
 Machos = 14.04 años.

La  $A_{0.95}$  encontrada para *M. cephalus* y *M. curema*, coincide con los datos expuestos por Nikolsky (1963), quien establece que para peces cuya  $L_{\infty}$  es de 500 a 700 mm y 300 a 400 mm, la longevidad es de 20 a 30 años y de 10 a 20 años respectivamente. Estos valores coinciden con los expuestos en el presente trabajo, tanto para *M. cephalus* como para *M. curema*.

## Reproducción

RESUMEN: Se realiza una descripción de las gónadas de *M. cephalus* y *M. curema*. Se presentan resultados sobre el período de desove, la proporción de sexos, la talla de madurez sexual y el ciclo de madurez gonádica. Se determina la fecundidad por medio del método gravimétrico y se analizan las expresiones analíticas de la fecundidad vs. la talla, el peso vivo y el peso de la gónada, con el modelo  $Y = aX^b$ , obtenidas por medio de la regresión por mínimos cuadrados (RMC) y por la línea resistente (RLR). Se discuten los resultados obtenidos por ambos métodos y se presenta una relación de las variaciones inter e intraespecíficas de la fecundidad. La proporción de sexos para *M. cephalus* para este estudio fue de 1:1.1 macho/hembra y para *M. curema* de 1:1.4 macho/hembra. La época de desove se presentó durante los meses de noviembre a febrero para *Mugil cephalus* y de febrero a mayo para *M. curema*. *M. cephalus* muestra un período de desove para el Golfo de México que se presenta, según la información del presente estudio y los diferentes autores, durante el otoño e invierno, coincidiendo con la época de "nortes" en el Golfo de México.

En *Mugil cephalus* los machos alcanzan la madurez sexual a los 280 mm y las hembras a los 299 mm (con 3 años de edad, para ambos casos), para *M. curema* la primera talla de desove fue de 181 y 208 mm que corresponden a las edades de 0 y 1 años, para machos y hembras respectivamente.

En cuanto a las relaciones alométricas de: Fecundidad absoluta-longitud total (F-L); Fecundidad absoluta-peso vivo del pez (F-W) y Fecundidad absoluta-peso de la gónada (F-Wg), los resultados obtenidos por medio de la Regresión lineal resistente (RLR) fueron los siguientes:

*Mugil cephalus*

*Mugil curema*

$$F = 3.86 L^{2.04}$$

$$F = 1.27 \cdot 10^{-3} L^{3.26}$$

$$F = 16.73 \cdot 10^3 W^{0.6}$$

$$F = 8.67 \cdot 10^2 W^{1.04}$$

$$F = 30.92 \cdot 10^4 Wg^{0.23}$$

$$F = 17.69 \cdot 10^3 Wg^{0.83}$$

La fecundidad absoluta para *M. cephalus* fue del rango de 540,706 a 1,483,056 ovocitos, para hembras entre 380 y 492 mm de longitud total. El valor promedio de la fecundidad relativa para *M. cephalus* fue de 1680, mientras que los valores máximo y mínimo encontrados fueron de 4,776 y 680 huevos/gr.

La fecundidad absoluta para *M. curema* fue del rango de 82,278 a 379,992 ovocitos de hembras entre 208-320 mm de talla. El valor promedio de la fecundidad relativa para *M. curema* fue de 1,064 huevos/gr.

## Características de las gónadas

Para el estudio del ciclo de madurez gonádica y sexualidad de *Mugil cephalus* y *M. curema* fueron analizados 249 y 309 organismos pertenecientes a las tallas de 217 a 530 y de 176 a 370 mm respectivamente. De los cuales 126 fueron hembras y 123 machos para *M. cephalus* y 179 hembras y 130 machos para *M. curema*. Así mismo, el número de organismos cuyo sexo no pudo ser determinado y que correspondían a individuos jóvenes en estado virgen fue de 215 y 27 para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente.

Para ambas especies las gónadas pueden ser diferenciadas a simple vista en cualquier talla, sin embargo el sexado se dificulta en los ejemplares juveniles.

Los ovarios son cilíndricos para las hembras de ambas especies de Mugílidos y, cuando maduros, los ovocitos pueden apreciarse a simple vista mostrando un color amarillo intenso. Los testículos son alargados y de color blancuzco.

Los ovarios, cuando están maduros, son de mayor tamaño que los testículos, llegando a pesar 78.9 gr. en ejemplares de 383 mm de talla (mayores a 6 años de edad) en *M. cephalus* y 23.7 gr. a 283 mm en *M. curema* (edad de 3 años). Mientras que los testículos de un macho maduro de las tallas antes mencionadas pesan 20.6 y 18.2 gr. para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente. Generalmente el ovario derecho es de mayor tamaño y peso que el izquierdo, al igual que los testículos.

### Proporción de sexos

#### *Mugil cephalus*

La proporción de sexos para *M. cephalus* para este estudio fue de 1:1.1 macho/hembra.

#### *Mugil curema*

La proporción de sexos para *M. curema* para este estudio fue de 1:1.4 macho/hembra.

### Ciclo de madurez gonádica

Los estadios de madurez sexual fueron determinados a través de la clave para *Mugil cephalus*, tipificada por Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980) para esta especie en la laguna de San Andrés, Tamps. que se presenta a continuación:

- FASE I: Gónadas totalmente indiferenciadas, se observan a manera de filamentos alargados, blanquecinos y de menos de 2 mm de diámetro. Exclusivas de los juveniles.
- FASE II: Las gónadas ocupan hasta 1/3 de la cavidad abdominal, los ovarios son de color rosado y los óvulos no están individualizados. Los testículos son de color blanquecino.
- FASE III: Las gónadas ocupan desde 1/2 a 3/4 de la cavidad abdominal. Los ovarios tienden a ser de color amarillento y no hay todavía individualización de los óvulos. Los testículos siguen de color blanquecino.
- FASE IV: Gónadas que ocupan de 3/4 hasta la totalidad de la cavidad abdominal y son turgentes. Los ovarios son de color amarillento, estando los óvulos ya individualizados. Los testículos son completamente de color blanco. Estado previo al desove.
- FASE V: Las gónadas ocupan la totalidad de la cavidad abdominal siendo muy turgentes y con cualquier presión suave sobre el vientre del pez hay expulsión de gametos. Los ovarios son de color amarillo intenso y los óvulos están totalmente individualizados. Los testículos muy blancos. Estado de desove.
- FASE VI: Gónadas en degeneración y laxas. Pueden ocupar la 1/2 de la cavidad abdominal o ser simples filamentos. Los ovarios vuelven a ser de color rosado pero existe un líquido lechoso amarillento en donde no se identifican óvulos individualizados. Los testículos son de color blanquecino con líquido lechoso y cremoso.

### *M. cephalus*

Los cambios mensuales en la frecuencia relativa de los estadios de madurez gonádica se muestran en la Fig. 43, donde se observa que desde abril hasta septiembre de 1991 solo se presentaron ejemplares previtelogénicos y vitelogénicos (estadios I y II).

Durante octubre se observan los 3 primeros estadios de desarrollo gonadal y a partir de noviembre aparecen ya el estadio previo al desove (IV), así como el de desove (V).

Así mismo en diciembre se siguen presentando ejemplares desovantes alcanzando en enero el mayor valor de frecuencia relativa, disminuyendo notoriamente este valor para el mes de febrero y apareciendo el estadio posterior al desove (VI) en el mes de marzo.

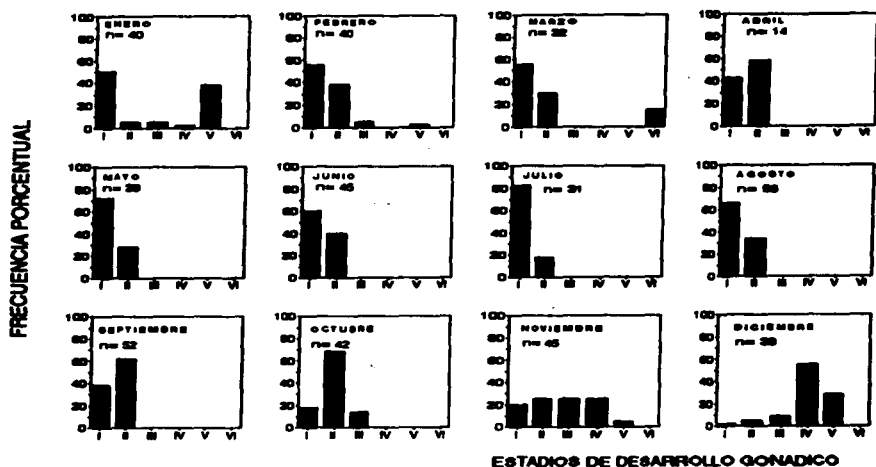


Figura 43. Variación mensual de la frecuencia relativa de los estadios de desarrollo gonádico de *M. cephalus*.

#### *M. curema*

En la Fig. 44 se muestra la variación mensual de los estadios de desarrollo gonádico para *M. curema*.

Se observa que desde julio hasta noviembre se presentan los estadios I y II, a partir de diciembre aparece el estadio III aumentando su frecuencia en enero. En el mes de febrero esta presente el estadio V de desove que se mantiene en una frecuencia similar, aproximadamente 20 %, hasta el mes de mayo.

En junio solamente se encontraron hembras en estadio VI de postdesove, que representan ejemplares que regresan a la laguna después de desovar en mar abierto.

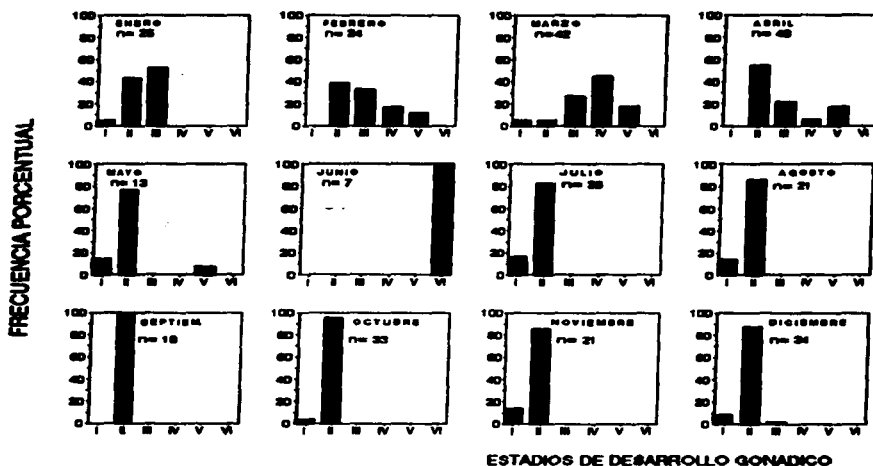


Figura 44. Variación mensual de la frecuencia relativa de los estadios de desarrollo gonádico de *M. curema*.

### Período de desove

#### *Mugil cephalus*.

Como se aprecia en la tabla 40 y en la Fig. 43 *M. cephalus* muestra un período de desove para el Golfo de México que se presenta, según la información del presente estudio y de los diferentes autores, durante el otoño e invierno, coincidiendo con la época de "nortes" en el Golfo de México. El desove se presentó durante los meses de noviembre a febrero.

TABLA 40  
PERIODO DE DESOVE PARA *M. cephalus*.

AREA	PERIODO	EVIDENCIA	REFERENCIA
Carolina (N)	Sept./Dic.	-----	Jacot (1920)
Carolina (N)	Nov./Dic.	Especímenes maduros y alevines en primavera.	Higgins (1928)
Florida (O)	Nov./Feb.	Estadio gona- dal.	Breder (1940)
Texas	Oct./Ene.	-----	Gunter (1945)
Carolina (N)	Nov./Dic.	-----	Taylor et al. (1951)
Florida (N)	Otoño (Dic)	-----	Broadhead (1953)
Florida	Oct./Feb.	-----	Broadhead y Mefford (1954)
Carolina (N) y Florida	Nov./Ene.	-----	Anderson (1958)
Georgia	Oct.	-----	Anderson (1958)
Golfo de México	Dic.	Especímenes maduros 3 M y 4 H	Arnold y Thompson (1958)
Maryland	Oct./Ene.	Estadio go- nodal	Stenger (1959)
Texas	Oto./Inv.*	-----	Hoese (1965)
Texas	Oto./Inv.*	-----	Moore (1974)
Texas	Oto./Inv.*	Estadio gonadal	Hoese (1965)
Golfo de México			
Lag. Tamiahua	Oct./Ene.	Estadio gonadal	Ibáñez et al. (1988)
Lag. Tamiahua	Nov./Feb.	Estadio gonadal	Presente estudio.

\* No se especifican los meses del año.  
Modificado de Oren (1981)

Las pequeñas variaciones temporales que refieren los autores pueden ser explicadas en relación a la variación de la época de nortes para el Golfo de México, pues según el conocimiento empírico de los pescadores, esta especie requiere de fuertes vientos que "la golpeen" con el objeto de estimular el desove.

*Mugil curema*

El desove para esta especie se presentó durante los meses de febrero a mayo. Según la información de los diversos autores (Tabla 41) el desove de esta especie se lleva a cabo durante la primavera y principios del verano. Para el Caribe son dos las temporadas de desove: de junio a agosto y de noviembre a enero (Alvarez, 1976), comportamiento que se discutirá posteriormente en el capítulo referente a la coexistencia de ambos Mugílidos en la laguna de Tamiahua. Así mismo, en Venezuela esta especie desova principalmente durante julio y agosto (Rojas, 1972; Edimar, 1973. Ver Tabla 41).

TABLA 41  
PERIODO DE DESOVE PARA *M. curema*.

AREA	PERIODO	EVIDENCIA	REFERENCIA
Atlántico Oeste (Carolina del norte)	Abr./Ago. (máximo en Mayo)	Organismos pequeños (20 mm)	Jacot (1920)
Sur de Flo.	Mar/Abr.	6 hembras maduras	Anderson (1957)
Golfo de México	Abr./May.	Estados larvales (7-9 mm)	Caldwell y Anderson (1959)
Texas	Primavera- principios de verano	-----	Hoese (1965)
Texas	Primavera principios de verano	-----	Moore (1974)



TABLA 41  
CONTINUACION

AREA	PERIODO	EVIDENCIA	REFERENCIA
Venezuela Lag. Campoma	Julio	-----	Rojas (1972)
Venezuela Lag. Campoma	Jul./Ago.	-----	Edimar (1973)
Cuba	Jun./Ago. Nov./Ene.	-----	Alvarez (1976)
Golfo de México Lag. Tamiahua	Feb./Jun.	Estadio gonadal	Ibáñez et al. (1988)
Lag. Tamiahua	Feb./Mayo	Estadio gonadal	Presente estudio.
Modificado de Oren (1981)			

### Talla de desove

#### *Mugil cephalus*.

En el caso de los machos fue de 280 mm y para las hembras de 299 mm. En la tabla 42 se muestra un cuadro comparativo donde se observa que las tallas de primer desove varían dependiendo de la zona de estudio, sin embargo la mayoría de los autores coinciden en estimar la edad de primer desove entre los dos y tres años.

TABLA 42  
TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL PARA *M. cephalus*.

AREA	MACHOS		HEMBRAS		REFERENCIA
	long.	edad	long.	edad	
Florida (E)	235 (Ls)	- 2	235 (Ls)	- 2	Jacob (1920)
Florida	330	- 2	350	- 2	Hubbs (1921)
Texas	200/355	- *	250/350	- *	Gunter (1945)
Florida (O)	230/90	- 3	240/310	- 3	Broadhead (1953)
Golfo de México	240	- *	258	- *	Arnold y Thompson (1958)
Bahía de Texas	160 (Ls)	- 1	160 (Ls)	- 1	Linder et al. (1975)
Florida (E)	236	- 2	250	- 3	Stenger (1959)
Golfo de México	*	- 1	*	- 2	Cech y Wohlschlag (1973)
Golfo de México	*	- 3	*	- 3	Shereman (1965)
Golfo de México	330 (Ls)	- 3	330	- 3	Márquez (1974)
Lag. de Tamiahua					
Golfo de México	280	- 3	299	- 3	Presente estudio

\* no se proporciona la información. Modificado de Oren (1981)

*Mugil curema*.

La primera talla de desove para esta especie fue de 181 y 208 mm que corresponden a una edad de 0 y 1 años, para machos y hembras, respectivamente. En la tabla 43 se observa que estos resultados no coinciden con los presentados por Anderson (1957), para la costa sur de Florida. Por lo que para la Laguna de Tamiahua esta especie madura mas joven.

TABLA 43  
TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL PARA *M. curema*.

AREA	MACHOS			HEMBRAS			REFERENCIA
	long.	-	edad	long.	-	edad	
Florida (S)	189	-	1	209	-	1	Anderson (1957)
Venezuela Golfo de	285	-	1	303	-	1	Edimar (1973)
México	181	-	0	208	-	0	Presente estudio
Modificado de Oren (1981)							

## Fecundidad

### Expresiones analíticas de la fecundidad

La fecundidad absoluta no es constante a lo largo de la vida de un individuo, de manera que para una especie dada, una hembra de gran talla produce en un año mayor número de huevos que una de menor tamaño (Kartas y Quignard, 1984). Esto nos conduce a establecer relaciones entre la fecundidad y un cierto número de parámetros como elementos de referencia (como son la longitud del cuerpo, el peso del pez y el de las gónadas o la edad). Las ecuaciones calculadas permiten la comparación estadística de las variaciones interanuales y geográficas de la fecundidad de las poblaciones. Para este estudio se obtuvieron la fecundidad absoluta y relativa a través del método gravimétrico. Este procedimiento resultó ser el más adecuado y práctico de acuerdo a un estudio previo llevado a cabo en la zona de estudio (Guzmán-Martínez, 1992).

Para el presente estudio se estimaron, para *M. cephalus* y *M. curema*, las siguientes relaciones: Fecundidad absoluta-longitud total; Fecundidad absoluta-peso vivo del pez y Fecundidad absoluta-peso de la gónada. Las expresiones analíticas que mejor describen estas relaciones son de la forma:  $Y = aX^b$ , según Bagenal (1973) para la relación Fecundidad-longitud y según Fontana (1969) para la relación Fecundidad-peso vivo y peso de la gónada.

En la relación fecundidad-longitud la constante  $a$  describe el nivel general de la fecundidad de la población, mientras que  $b$  se traduce en la naturaleza de la alometría, que generalmente adquiere un valor cercano a 3, lo que significa que la fecundidad individual crece proporcionalmente al cubo de la longitud (Kartas y Quignard, 1984). El análisis de la distribución de los diferentes valores de  $b$  efectuados por Wootton (1979), después de 124 observaciones sobre 62 especies de peces, menciona que  $b$  fluctúa entre valores de 1 y 7, con una moda situada entre 3.25 y 3.75. Las especies de menor longevidad tienden a tener un coeficiente más pequeño que aquellas que viven más tiempo. Para la relación fecundidad-peso vivo y peso de las gónadas el valor de regresión  $b$  es, en general, del orden de 1, por lo que puede considerarse que la fecundidad crece proporcionalmente al peso del cuerpo (Kartas y Quignard, 1984).

Para la obtención de éstas relaciones fueron utilizadas la regresión lineal por mínimos cuadrados "RMC" y la regresión lineal resistente "RLR" (Tukey, 1977) con el objeto de dar una evidencia empírica del distinto ajuste que se consigue con ambas técnicas bajo determinadas condiciones. También se realizó el análisis de residuos, obtenidos como la diferencia entre el valor de  $y$  (fecundidad absoluta) y la predicción de la ecuación.

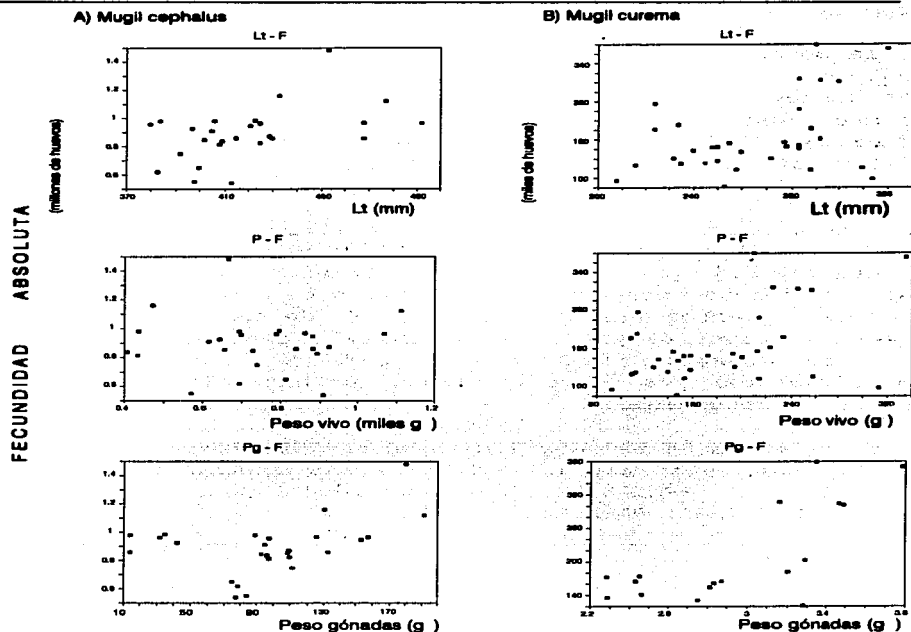
En cuanto a las estimaciones de las alometrías realizadas (Tablas 44 y 45) se observa que para la RMC el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) se presenta muy bajo para todas las relaciones, lo cual muestra el escaso grado de dependencia entre las variables (Fig. 45 a y b) y la presencia, en ambos análisis de residuos, de casos extremos y posibles tendencias (Figs. 46 y 47 a y b). Esto es debido fundamentalmente al tamaño de muestra ( $n=32$  y  $n=26$  para *M. curema* y *M. cephalus* respectivamente) y a la variabilidad que naturalmente se presenta en estudios de fecundidad.

TABLA 44  
ESTIMACIONES DE LAS ALOMETRIAS DE LA RELACION FECUNDIDAD VS. TALLA (L); PESO VIVO (W) Y PESO DE LAS GONADAS (Wg) POR MEDIO DE LA REGRESION LINEAL RESISTENTE (RLR) Y POR MINIMOS CUADRADOS (RMC) PARA *Mugil cephalus*

RLR	RMC	
$F = 3.86 L^{2.04}$	$F = 138.51 L^{1.45}$	$r^2 = 0.21$
$F = 16.73 \cdot 10^3 W^{0.6}$	$F = 968.06 \cdot 10^3 W^{-0.016}$	$r^2 = 0.0004$
$F = 30.92 \cdot 10^4 Wg^{0.23}$	$F = 718.43 \cdot 10^3 Wg^{0.044}$	$r^2 = 0.019$

**TABLA 45**  
**ESTIMACIONES DE LAS ALOMETRIAS DE LA RELACION FECUNDIDAD VS. TALLA (L); PESO VIVO (W) Y PESO DE LAS GONADAS (Wg) POR MEDIO DE LA REGRESION LINEAL RESISTENTE (RLR) Y POR MINIMOS CUADRADOS (RMC) PARA *Mugil curema***

RLR	RMC	
$F = 1.27 \cdot 10^{-3} L^{3.36}$	$F = 234.21 L^{1.18}$	$r^2 = 0.12$
$F = 8.67 \cdot 10^2 W^{1.04}$	$F = 186.49 \cdot 10^2 W^{0.43}$	$r^2 = 0.13$
$F = 17.69 \cdot 10^3 Wg^{0.82}$	$F = 36.34 \cdot 10^3 Wg^{0.57}$	$r^2 = 0.50$



**Figura 45. Relación Fecundidad-Talla; Peso vivo y Peso de las gónadas de a) *M. cephalus*. b) *M. curema***

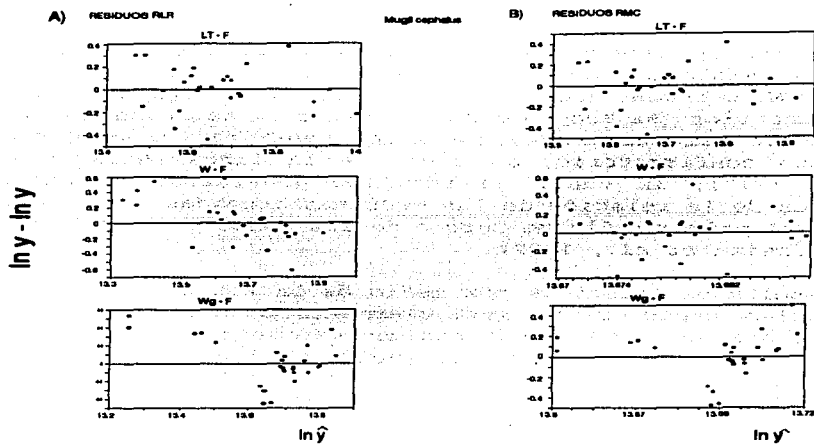


Figura 46. Residuos de la relación Fecundidad-Talla; Peso vivo y Peso de las gónadas de *M. cephalus*

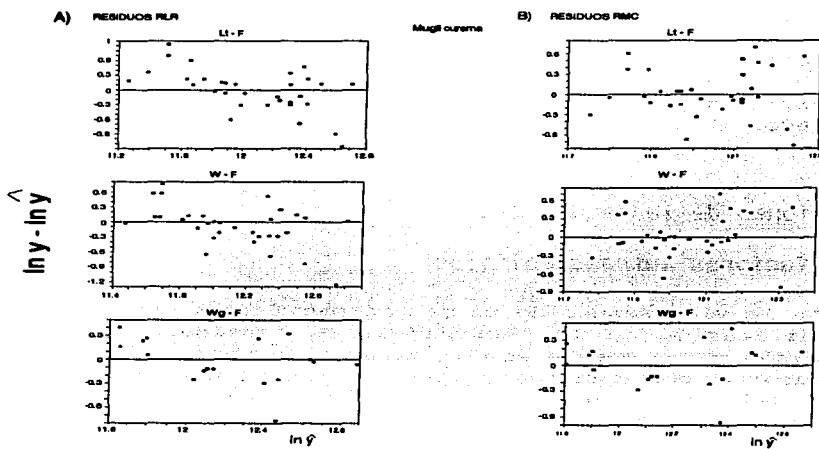


Figura 47. Residuos de la relación Fecundidad-Talla; Peso vivo y Peso de las gónadas de *M. curema*

Así mismo, se encontraron relaciones francamente absurdas desde el punto de vista biológico, como el caso de la fecundidad vs. el peso vivo en *M. cephalus* que muestra una alometría negativa. En consecuencia de lo anterior, se aceptó como necesario el hecho de explorar sobre los mecanismos para obtener información empírica, al margen de cualquier supuesto confirmatorio, a través de la línea resistente o línea de Tukey (1977), la cual, en términos generales, es una línea recta obtenida de la relación de las medianas cruzadas (como valores típicos de  $x$ ) del primer y último tercio de los casos a lo largo de los valores de  $x$  (Freixa et al., 1992).

Los resultados obtenidos por medio de la RLR tienen sentido biológico para ambas especies, y particularmente para *M. curema* en la que las tres relaciones alométricas son muy cercanas a las teóricas esperadas. Sin embargo, con la RLR no se puede realizar ningún procedimiento de inferencia, hecho que en este caso particular tampoco se puede hacer con la RMC. En tales casos la RLR provee una mejor descripción de los datos.

Las expresiones matemáticas de la fecundidad en Mugílidos no son muy abundantes en la bibliografía, posiblemente debido a que regularmente se realiza la estimación a partir de un número pequeño de muestras. Grand and Spain (1975) reportan la siguiente relación para *M. cephalus* en Queensland, Australia:  $F = 0.009 L^{3.16}$ , Edimar (1973) lo hace para *M. curema* para las costas de Venezuela:  $F = 0.0255 L^{2.95}$ . Así mismo Al-Daham y Wahab (1991) mencionan que hay un relativo incremento de la fecundidad dependiendo de la talla del pez en *Liza subviridis*. Resultados similares fueron obtenidos por Alvarez-Lajonchere (1982), para varias especies de Mugílidos de Cuba.

## Variaciones de la fecundidad

### A. Variaciones intraespecíficas

Durante la vida sexual de un pez se manifiesta una tendencia natural a la modificación de la fecundidad. Se considera por un lado que la fecundidad varía con la edad (Kartas y Quignard, 1984); contrariamente hay autores que mencionan que la influencia de la edad sobre la fecundidad es nula, de manera que la fecundidad varía independientemente de la edad (May, 1967; MacKay y Mann, 1969; y Abel, 1973). También se discute el que la fecundidad aumenta con el número de ciclos de reproducción (Jakobsson et al., 1969) o el que los individuos más gordos son más prolíficos (Anokhina, 1959).

En los Mugílidos la fecundidad generalmente se incrementa con el incremento en la talla de las hembras (Oren, 1981). La fecundidad y

calidad de los productos sexuales parecen modificarse a razón de la tasa de crecimiento de los desovantes en tres especies de Mugílidos del Mar Negro (Vladimirov, 1973). En *M. capito* se encontró, que el número de huevos se incrementa con la edad, sin embargo los resultados también muestran que la variación en fecundidad entre peces de la misma edad es mayor que la variación entre peces del mismo peso o longitud (El Maghraby, et al., 1974). Esto es debido, en la mayoría de los casos, al amplio rango de longitudes y pesos de los diferentes grupos de edad (Oren, 1981). A esta variación se agregan la fluctuaciones en el medio ambiente (Farrugio y Quignard, 1973).

Si a esta discusión aunamos la variabilidad de los métodos y el pequeño número de muestras generalmente usado en la estimación de la fecundidad, encontraremos que el tema se torna realmente complicado. No obstante, y considerando las deficiencias que reportan los resultados, se presenta a continuación una relación comparativa de estudios de fecundidad en *M. cephalus* y *M. curema*.

#### *Mugil cephalus*

La fecundidad absoluta para la especie fue del rango de 540,706 a 1,483 056 ovocitos, para hembras de entre 380 a 492 mm de talla (mayores de seis años de edad). Este resultado es cercano a los rangos de otros autores para la zona de estudio (Guzmán, 1992 y Castillo-Capitán, 1988), y para zonas aledañas (Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez, 1980), a excepción del presentado por Solís (1966) para Tampico, Tamps., en el que reporta una fecundidad mayor (Tabla 46). Sobre este respecto se puede pensar por un lado, el que se han reducido las tallas de la especie debido a la intensa explotación pesquera a que ha sido sujeta la especie en los últimos años, y, por otro lado, a que el método de análisis fuera distinto al empleado en el presente trabajo. Para otras localidades la fecundidad es notoriamente mayor (Nikolskii, 1961; Popescu, 1961; Berg, 1965 y Tung, 1968; Tabla 46).

TABLA 46  
FECUNDIDAD ABSOLUTA PARA *M. cephalus*.

AREA	FECUNDIDAD	EVIDENCIA	REFERENCIA
Australia	2,000 000/ 2,500 000	2 organismos	Tosh (1913)
India	1,320 000/	1 organismo 500 mm	Jacob y Krishnamurthi (1948)
Mar Negro	3,089 000/ 7,206 000	-----	Nikolskii (1961)



TABLA 46  
CONTINUACION

AREA	FECUNDIDAD	EVIDENCIA	REFERENCIA
Mar Negro	5,065 000/ 5,085 000 media de 5 especímenes 5,072 993	-----	Popescu (1961)
Korea (SO)	3,790 000	Organismos de 787 mm (5 años de edad)	Yang y Kim (1962)
Mar Negro	5,000 000/ 7,000 000	Organismos de 520 mm (13 años de edad)	Berg (1965)
Taiwan	7,000 000	De la evalua- ción de la fecundidad relativa	Tung (1968)
Hawaii	340 000/ 795 000	Desove indu- cido	Shehadeh (1973)
Hawaii	1,000 000	De la evalua- ción de la fecundidad relativa	Nash et al. (1974)
Hawaii	500 000/ 2,000 000	-----	Broadhead (1953)
Florida	2,500 000	-----	Greeley (1987)
Golfo de México Tampico, Tamps.	1,341 000/ 2, 900 000	16 organismos	Solís (1966)
Golfo de y México Laguna de San Andrés	322 252/ 1,062 598	-----	Díaz-Pardo Hdez.Vázquez (1980)
Golfo de México Laguna de Tamiahua	351 841/ 1,018 734	-----	Castillo (1988)

TABLA 46  
CONTINUACION

AREA	FECUNDIDAD	EVIDENCIA	REFERENCIA
Golfo de México Lag. de Tamiahua, Ver.	543 340/ 2,568 539 685 486/ 2,225 635	25 organismos (método vol.) 10 organismos (método grav.)	Guzmán (1992) Guzmán (1992)
Golfo de México Lag. de Tamiahua, Ver.	540 706/ 1,483 056	28 organismos de entre 380- 492 mm y 410- 1,113 gr. (método grav.)	Presente estudio

Modificado de Oren (1981)

El valor promedio de la fecundidad relativa para la especie fue de 1680 (Tabla 47), mientras que los valores máximo y mínimo encontrados fueron de 4,776 y 680 huevos/g, muy cercano éste último al reportado por Shehadeh et al. (1973) y Nash et al. (1974) para Hawaii.

TABLA 47  
FECUNDIDAD RELATIVA PARA *M. cephalus*.

AREA	FECUNDIDAD RELATIVA	REFERENCIA
Hawaii	648+-62 huevos/g *	Shehadeh et. al. (1973)
Hawaii	849+-62 huevos/g *	Nash et.al. (1974)
Golfo de México Lag. de Tamiahua	1,680 huevos/gr* (media) 680 huevos/gr* (mínimo) 4,776 huevos/gr* (máximo)	Presente estudio

\* g peso del cuerpo del pez. Modificado de Oren (1981)

*Mugil curema*

La fecundidad absoluta para la especie fue del intervalo de 82,278 a 379,992; para hembras, de entre 208 a 320 mm de talla (tres años de edad), valores cercanos a los presentados por Guzmán (1992) para la misma zona. Sin embargo, en Cuba y particularmente en Venezuela, se reportan valores mayores (Tabla 48).

TABLE 48  
FECUNDIDAD ABSOLUTA PARA *M. curema*.

AREA	FECUNDIDAD	EVIDENCIA	REFERENCIA
Venezuela	277 703/ 1,215 637	-----	Etchevers (1974)
Cuba	600 000	1 organismo	FAO (1977)
Cuba	295 081/ 488 956	50 organismos	Alvarez (1982)
Golfo de México	60 308/ 671 119	59 organismos (método vol.)	Guzmán (1992)
Lag. de Tamiahua, Ver.	70 820/ 389 568	59 organismos (método grav.)	Guzmán (1992)
Golfo de México	82 278/ 379 992	32 organismos de entre 208- 320 mm y 93- 336 g (método grav.)	Presente estudio

Modificado de Oren (1981)

Desgraciadamente, es difícil discutir en relación a otras zonas de estudio, pues se desconoce la explotación de la especie, así como datos de talla y pesos de los ejemplares usados. Sin embargo, de antemano se puede asegurar que en condiciones diferentes de habitat las especies muestran comportamientos distintos.

El valor promedio de la fecundidad relativa para la especie fue de 1,064 huevos/g, el cual es un dato muy cercano al de Edimar (1973) para Venezuela, a diferencia de los 11,245 huevos/g reportados por Orozco-Alvarez (1986) para la laguna de la Mancha, Ver. (Tabla 49).

TABLA 49  
FECUNDIDAD RELATIVA PARA *M. curema*.

AREA	FECUNDIAD RELATIVA	REFERENCIA
Venezuela Laguna de la Restringa	1,369 huevos/g * media obtenida por evaluación estadís- tica	Edimar (1973)
Golfo de México Lag. de la Mancha	11,245 huevos/g *	Orozco (1986)
Golfo de México Lag. de Tamiahua	1,064 huevos/g * (media) · 311 huevos/g * (mínimo) 2,238 huevos/g * (máximo)	Presente estudio
* g . peso del cuerpo del pez. Modificado de Oren (1981)		

## B. Variaciones interespecíficas

Las estimaciones del número de huevos producidos por una hembra de Mugílidos varía enormemente en relación a la especie, región, período y procedimientos usados (Tablas 46 a 49). Entre especies emparentadas que viven en una misma área, pero en donde la estación de puesta no es la misma, las fecundidades son diferentes. Este es el caso de tres especies de Mugílidos del lago de Tunis; *M. cephalus* (Fr=2,442) desova en septiembre-octubre, *M. ramada* (Fr=759) en noviembre-diciembre y *M. labrosus* (Fr=481) en febrero. Resulta de este ejemplo que las especies de puesta invernal son menos fecundas que aquellas que se reproducen en verano y otoño (Farrugio y Quignard, 1973). Se contraponen a estos resultados los encontrados en la Laguna de Tamiahua, debido a que la especie de puesta invernal, *M. cephalus* muestra una Fr promedio mayor que *M. curema* de puesta primaveral (Tabla 47 y 49). Evidentemente el mugílido más prolífico es *M. cephalus*, característica que le ha llevado a ser cultivado en varios países tales como Israel, Corea y Hawaii (Oren, 1981).

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author details the various methods used to collect and analyze the data. This includes both manual and automated processes. The goal is to ensure that the data is as accurate and reliable as possible.

The third part of the document focuses on the results of the analysis. It shows that there is a clear trend in the data, which is consistent with the initial hypothesis. This finding is significant as it provides strong evidence for the proposed model.

Finally, the document concludes with a summary of the findings and a list of recommendations for future research. It suggests that further studies should be conducted to explore the underlying causes of the observed trends.

APPENDIX A: DATA COLLECTION METHODS

This appendix provides a detailed description of the data collection process. It outlines the steps taken to ensure the integrity and accuracy of the data.

The data was collected over a period of six months. During this time, all transactions were recorded in a central database. Each record includes the date, time, and amount of the transaction, as well as the name of the customer and the location of the purchase.

To ensure the accuracy of the data, a rigorous quality control process was implemented. This involved regular audits of the database to identify and correct any errors. Additionally, the data was cross-verified with the original receipts and invoices to ensure that all information was correctly recorded.

The data was then analyzed using a combination of statistical and machine learning techniques. This allowed for the identification of patterns and trends in the data that would not have been apparent through manual analysis alone.

The results of the analysis are presented in the main body of the document. They show that the data is highly consistent and reliable, and that the proposed model accurately predicts the observed trends.

## Indices morfofisiológicos

RESUMEN: Se obtuvieron tres índices morfológicos: el factor de condición (K); el índice gonadosomático (IGS) y el índice hepatosomático (IHS). Se muestran las variaciones de K con la edad, y la relación alométrica de la talla vs. el peso del hígado. Se presenta la variación intra-mensual de dichos índices y se discute su relación. Los valores de los pesos de las gónadas y vísceras fueron una proporción muy importante del peso total del pez, lo que constituyó una fuente importante de error en el análisis. Por esta razón se consideró únicamente el índice de Clark para llevar a cabo la interpretación del factor de condición. Para ambas especies el factor de condición disminuyó a través de la edad, decrecimiento que fue muy importante durante el primer año de vida.

La relación alométrica de la longitud, para cada clase de tallas, vs. el peso del hígado fue:  
*Mugil cephalus* *Mugil curema*

$$Wh = 1.67 * 10^{-7} (L)^3$$

$$Wh = 2.86 * 10^{-9} (L)^{3.44}$$

La relación logarítmica entre la talla y el peso del hígado fue lineal y la alometría positiva para ambas especies, lo cual indica que existe una tendencia a que los juveniles presenten un hígado relativamente de menor peso que los adultos, y que el peso individual del hígado crezca proporcionalmente al cubo de la longitud en el caso de *M. cephalus* y en proporción mayor para *M. curema*. La variación intra-mensual del índice gonadosomático (IGS), del Factor de condición (K) y del Índice Hepatosomático (IHS), mostró los siguientes resultados:

La maduración del ovario de *M. cephalus* ocurrió durante los meses de noviembre y diciembre. Para *M. curema* la maduración de la gónada femenina se inició en enero, alcanzó sus mayores valores en marzo y abril y declinó en el mes de mayo.

El IGS de *M. curema* fue mucho más pequeño que el de *M. cephalus* de manera que proporcionalmente al peso del cuerpo, *M. cephalus* presenta una gónada mayor, lo cual señala la importancia de la hueva de esta especie desde el punto de vista comercial.

Para *M. curema* en el índice hepatosomático (IHS) el mes significativamente diferente fue abril y para el factor de condición (K) la pareja mensual marzo-abril, mostrando para ambos casos los valores más bajos anuales y relacionándose estrechamente con la fase final del desove. Durante el resto del año las diferencias mensuales no fueron significativas para esta especie. El IHS no fue el mejor indicador a relacionar con el desove en *M. cephalus*, debido a la acumulación de grasa observada en la cavidad abdominal en los meses previos.

Para el mes de septiembre, época previa a la aparición de estadios V de desove, el factor de condición (K) mostró los valores más altos, y los más bajos para el período medio de desove (diciembre) y los meses siguientes. Así mismo, hasta el mes de mayo se inició la recuperación de la condición del pez.

Como una medida del bienestar de los peces durante las diversas etapas de su crecimiento se obtuvieron el índice del factor de condición (K), el índice hepatosomático (IHS) y el índice gonadosomático (IGS).

El factor de condición fue establecido por Fulton (1902) como:

$$K = \frac{P}{L^3} * 100$$

considerando:

P= peso vivo del pez.

L= talla del pez.

Este indicador emplea el peso total del pez por lo que produce desviaciones debido al peso de las gónadas y vísceras. A este respecto, Clark (1928) propuso expresar el factor de condición a partir del peso eviscerado, lo que presenta la desventaja de excluir las grasas acumuladas en algunos órganos, por lo que el empleo de ambas técnicas es lo más recomendable. Aquí se establecieron ambos indicadores con respecto a la edad.

Se obtuvo la relación alométrica  $Y=aX^b$  para el peso del hígado, ajustando mediante la transformación logarítmica para homogenizar los residuos.

El porcentaje en peso del hígado con respecto al peso total del pez, es el índice hepatosomático (IHS). Los cambios de este coeficiente reflejan las variaciones del contenido total de grasas acumuladas dado que el hígado funciona como almacén de glucógeno. Así mismo, se obtuvo el índice gonadosomático a partir de la proporción del peso total y el peso de la gónada.

Para el estudio de los mencionados índices se determinaron los pesos respectivos de 441 y 321 ejemplares de tallas entre 226 a 381 mm y de 183 a 337 mm para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente, a lo largo de 12 meses de muestreo. En el caso de *M. cephalus* no se registraron datos del peso del hígado del mes de abril por lo que solamente se tienen 11 meses.

Con el objeto de diferenciar las magnitudes de influencia mensuales esenciales de las inesenciales se realizó la comparación de medias muestrales mensuales a través del análisis de la varianza del IHS y K, el cual presupone las condiciones de normalidad e igualdad de varianzas. Si las varianzas de los grupos muestrales fueran iguales, entonces pueden compararse las respectivas medias por medio del análisis de varianza (Sachs, 1978). Con este objetivo se empleó la prueba de Bartlett (1937) de la igualdad de varianzas, de varios grupos muestrales de tamaños distintos. Si los datos no cumplieran con los supuestos, se utilizaría el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal y Wallis (Zar, 1984), bajo la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Si la hipótesis nula planteada para analizar la variabilidad intra-mensual fuera rechazada (es decir, que existieran diferencias significativas intra mensuales de K y del IHS), se utilizaría la prueba de comparaciones múltiples no paramétrico de Dunn (1964; citado en Zar, 1984).

Las pruebas fueron realizadas utilizando el programa STATGRAF (1992), a excepción del de Dunn (1984; citado en Zar, 1984).

### Factor de condición (K) - Grupos de Edad

En la tabla 50 se muestran los valores del factor de condición (K), calculado por los métodos anteriormente descritos en relación a los grupos de edad.

TABLA 50  
RELACION EDAD-FACTOR DE CONDICION

Edad	<i>Mugil cephalus</i>		<i>Mugil curema</i>	
	Ind. Fulton	Ind. Clark	Ind. Fulton	Ind. Clark
(años)	(10 <sup>-4</sup> )	(10 <sup>-4</sup> )	(10 <sup>-4</sup> )	(10 <sup>-4</sup> )
0	8.92	30.00	8.77	18.70
1	8.88	13.90	8.32	10.30
2	8.82	7.95	8.61	7.16
3	8.97	5.28	8.74	5.34
4	8.87	3.72	8.63	4.12
5	8.77	2.79	8.53	3.34
6	8.91	2.25	----	----

En el caso del índice de Fulton los valores muestran un rango muy estrecho de variación (fundamentalmente para *M. cephalus*), sin seguir un orden de crecimiento, lo que no se observa para el índice de Clark, el cual decrece con la edad. Evidentemente para estas dos especies los valores de los pesos de las gónadas y vísceras son una proporción muy importante del peso total del pez, lo cual constituye una fuente importante de error en el análisis. Por esta razón, a continuación se considerará únicamente el índice de Clark para llevar a cabo la interpretación del factor de condición.

En la figura 48 puede verse que el valor del factor de condición disminuye a través de la edad, decremento que es muy importante durante el primer año de vida para ambas especies, así mismo en la figura 49 se observa que el incremento del factor de condición de Clark aumenta a través de la edad en ambas especies de Mugílidos.



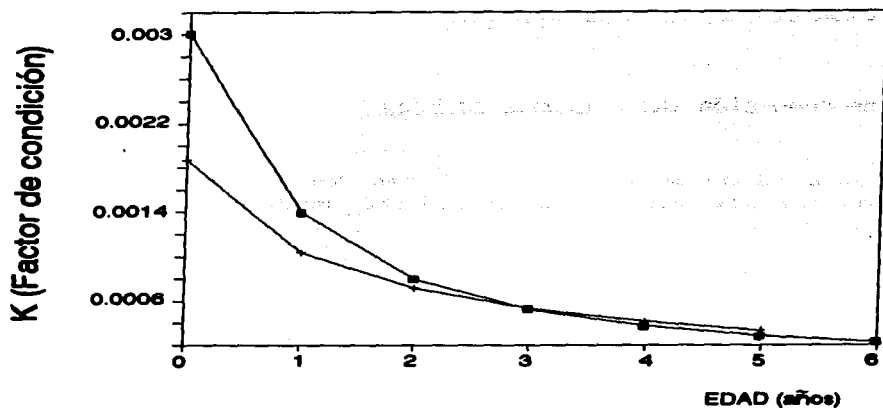


Figura 48. Relación Edad-Factor de condición de Clark (K).

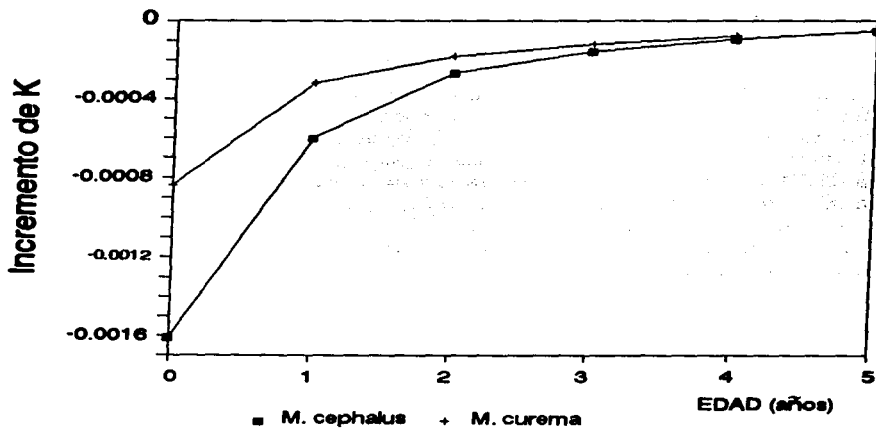


Figura 49. Relación Edad vs. el incremento del factor de condición de Clark (K).

### Relación alométrica (Lt vs. Peso del hígado)

Se calcularon los pesos medios del hígado para cada clase de tallas y se obtuvo la relación alométrica  $Y=a X^b$ , ajustando en coordenadas logarítmicas neperianas.

Los resultados del ajuste para ambas especies:

*Mugil cephalus*

*Mugil curema*

$$Y = 1.67 * 10^{-7} (X)^3 \quad Y = 2.86 * 10^{-9} (X)^{3.64}$$

r=0.98

r=0.94

considerando: Y= peso del hígado y X= talla.

La relación logarítmica entre la talla y el peso del hígado es lineal (figuras 50 y 51).

La alometría es positiva para ambas especies, lo cual indica que existe una tendencia a que los juveniles presenten un hígado de menor peso relativo que los adultos, y que el peso individual del hígado crezca proporcionalmente al cubo de la longitud en el caso de *M. cephalus* y en proporción mayor para *M. curema*.

Es importante hacer notar que en la etapa previa al desove, durante septiembre y octubre, los ejemplares desovantes de *M. cephalus* (no así en *M. curema*) mostraban una conspicua acumulación de grasa en la cavidad abdominal. Esta observación pudiera hacer pensar que en esta especie el gasto energético es de gran consideración durante el desove, no siendo suficiente el almacén de glucógeno en el hígado.

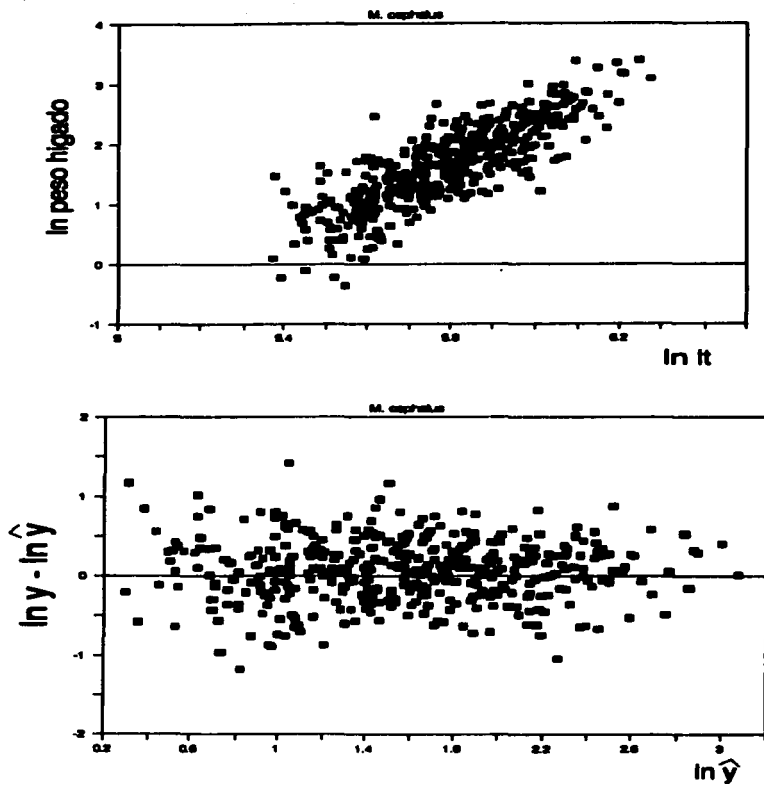


Figura 50. Relación Ln de la Talla vs. Ln de Peso del Hígado de *M. cephalus* y sus residuos.

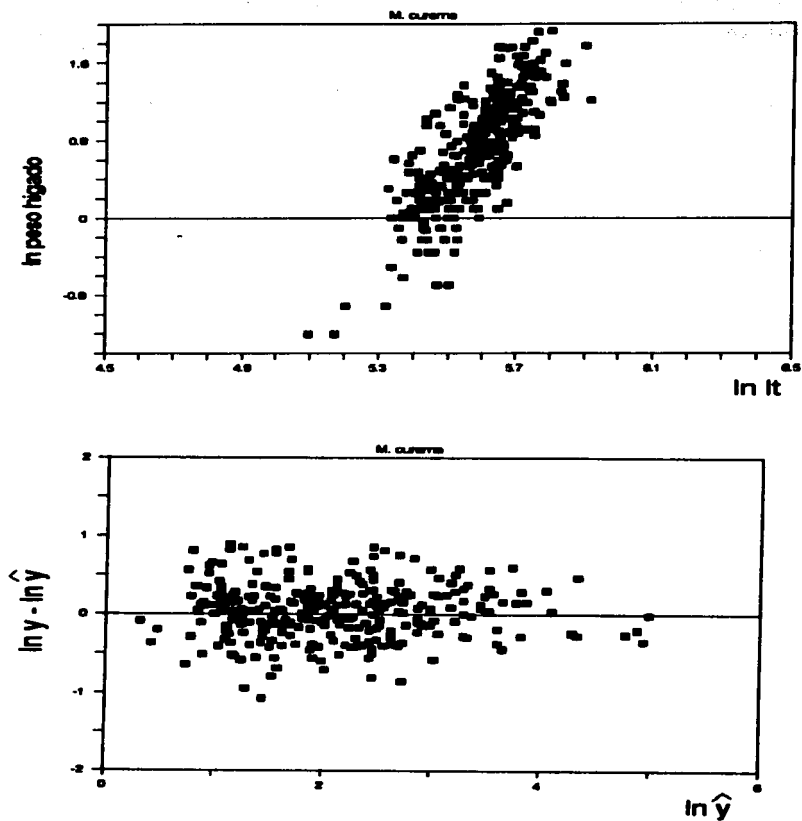


Figura 51. Relación Ln de la Talla vs. Ln de Peso del Hígado de *M. curema* y sus residuos.

Variación intra-mensual del Índice gonadosomático (IGS), del Factor de condición (K) y del Índice Hepatosomático (IHS)

Índice Gonadosomático (IGS)

*M. cephalus*

La maduración del ovario de esta especie ocurre durante los meses de noviembre y diciembre, como está representada en la Fig. 52. El resto del año el IGS es menor a 1 en todos los ejemplares. Los ovarios con IGS bajo se presentaron pequeños, translúcidos u opacos de color rojo como resultado de la gran vascularización. A principios de noviembre se presentan los IGS cercanos a 5, mientras que en diciembre se encontraron los mayores valores representados por ovarios bien desarrollados de color amarillo dorado debido a la predominancia del vitelo presente en los ovocitos.

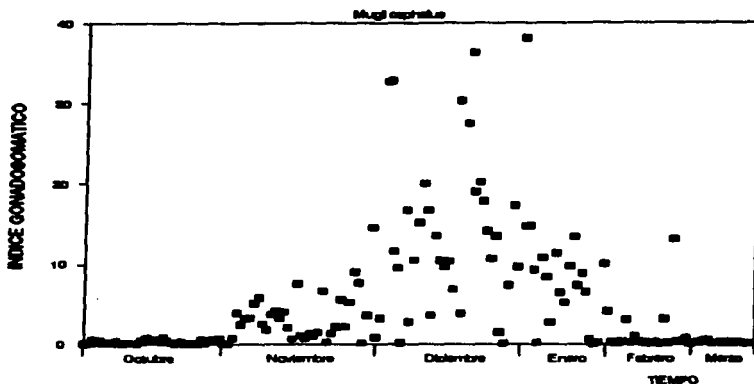


Figura 52. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) de las hembras de *M. cephalus*.



## Factor de condición (K) e Índice Hepatosomático (IHS)

La prueba de Bartlett mostró que las varianzas de los grupos muestrales no son iguales (para K y para IHS), por lo que no pueden compararse las respectivas medias por el análisis de varianza (Tablas 51 y 52).

TABLA 51

PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE VARIOS GRUPOS MUESTRALES DE TAMAÑOS DISTINTOS (PRUEBA DE BARTLETT) PARA LAS MUESTRAS MENSUALES DEL FACTOR DE CONDICION DE CLARK

Especie	$\chi^2$	$\chi^2_{0.05}$	g.l.	Conclusión
<i>M. cephalus</i>	326.45	19.7	11	Rechaza Ho
<i>M. curema</i>	136.48	19.7	11	Rechaza Ho

TABLA 52

PRUEBAS DE LA IGUALDAD DE VARIANZAS DE VARIOS GRUPOS MUESTRALES DE TAMAÑOS DISTINTOS (PRUEBA DE BARTLETT) PARA LAS MUESTRAS MENSUALES DEL IHS

Especie	$\chi^2$	$\chi^2_{0.05}$	g.l.	Conclusión
<i>M. cephalus</i>	102.84	18.3	10	Rechaza Ho
<i>M. curema</i>	90.79	19.7	10	Rechaza Ho

A través de la prueba de Kruskal y Wallis se demostró que al menos una de las medias mensuales del factor de condición y del IHS, es distinta (Tablas 53 y 54), por lo tanto fue necesario utilizar la prueba de comparaciones múltiples no paramétrico de Dunn.

TABLA 53  
PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA LAS MEDIAS MENSUALES DEL  
FACTOR DE CONDICION DE CLARK

Meses	<i>Mugil cephalus</i>		<i>Mugil curema</i>	
	n	Rango promedio	n	Rango promedio
Enero	40	135.550	25	231.480
Febrero	41	108.463	27	194.296
Marzo	32	97.625	40	117.725
Abril	15	71.200	46	48.467
Mayo	33	238.879	13	111.385
Junio	45	283.756	7	220.143
Julio	31	202.129	35	152.057
Agosto	55	273.545	21	209.762
Septiembre	52	388.269	18	227.667
Octubre	42	289.167	33	151.894
Noviembre	45	299.111	26	204.692
Diciembre	31	165.613	35	233.743
Valor del estadístico=	221.843		139.169	
Nivel de significancia=	0		0	

TABLA 54  
PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA LAS MEDIAS MENSUALES DEL IHS

Meses	<i>Mugil cephalus</i>		<i>Mugil curema</i>	
	n	Rango promedio	n	Rango promedio
Enero	40	104.225	25	163.360
Febrero	40	151.950	28	217.107
Marzo	31	211.774	41	230.000
Abril	--	-----	38	85.632
Mayo	33	325.076	13	201.885
Junio	44	272.932	7	216.429
Julio	31	185.387	36	110.708
Agosto	55	285.245	21	166.571
Septiembre	52	257.327	18	162.639
Octubre	42	245.690	33	158.530
Noviembre	45	189.689	26	169.423
Diciembre	31	179.677	35	132.771
Valor del estadístico=	101.52		77.1191	
Nivel de significancia=	0		5.30698E-12	



Las diferencias entre cada pareja de medias mensuales de K y del IHS, se presentan en las tablas 55 y 56.

TABLA 55  
PRUEBA DE COMPARACIONES MULTIPLES DE DUNN, PARA EL  
FACTOR DE CONDICION DE CLARK

Comparación	<i>Mugil cephalus</i> Q	<i>Mugil curema</i> Q
Enero-Febrero	0.94349	1.42139
Febrero-Marzo	0.35567	3.26172
Marzo-Abril	0.65370	3.39887*
Abril-Mayo	4.16829*	2.12522
Mayo-Junio	1.51578	2.46136
Junio-Julio	2.70714	1.74471
Julio-Agosto	2.46153	2.21804
Agosto-Septiembre	4.59138*	0.59141
Septiembre-Octubre	3.69779*	2.74366
Octubre-Noviembre	0.35878	2.13620
Noviembre-Diciembre	4.42744*	1.19048
Diciembre-Enero	0.97254	0.09168

Q= valor del estadístico calculado;  
\* = diferencias significativas al 95 %

TABLA 56  
PRUEBA DE COMPARACIONES MULTIPLES DE DUNN, PARA EL  
IHS

Comparación	<i>Mugil cephalus</i> Q	<i>Mugil curema</i> Q
Enero-Febrero	1.66333	2.10462
Febrero-Marzo	1.94839	0.56664
Marzo-Abril	-----	6.90800*
Abril-Mayo	-----	3.89847*
Mayo-Junio	1.76466	0.33427
Junio-Julio	2.90955	2.75764
Julio-Agosto	3.46509*	2.19208
Agosto-Septiembre	1.12484	0.13189
Septiembre-Octubre	0.43714	0.15109
Octubre-Noviembre	2.03416	0.44758
Noviembre-Diciembre	0.33428	1.52532
Diciembre-Enero	2.45737	1.25864

Q= valor del estadístico calculado;  
\* = diferencias significativas al 95 %

Para *M. curema* en el caso del IHS el mes significativamente diferente fue abril y para K la pareja mensual marzo-abril, mostrando para ambos casos los valores más bajos anuales y relacionándose estrechamente con la fase final del desove. Durante el resto del año las diferencias mensuales no son significativas para esta especie (Figs. 54 y 55). En el caso de *M. cephalus* la interpretación no es tan sencilla, las diferencias significativas para el IHS se encuentran entre los meses de marzo-mayo y julio-agosto, así mismo entre abril-mayo, agosto-septiembre, septiembre-octubre y noviembre-diciembre para K (Tablas 55 y 56). El IHS parece no ser el mejor indicador a relacionar con el desove, debido a la acumulación de grasa observada en la cavidad abdominal en los meses previos. Para el mes de septiembre, época previa a la aparición de estadios V de desove, el factor de condición (K) mostró los valores más altos, y los más bajos para el período medio de desove (diciembre) y los meses siguientes (Figs. 56 y 57). Así mismo hasta el mes de mayo se inició la recuperación de la condición del pez.

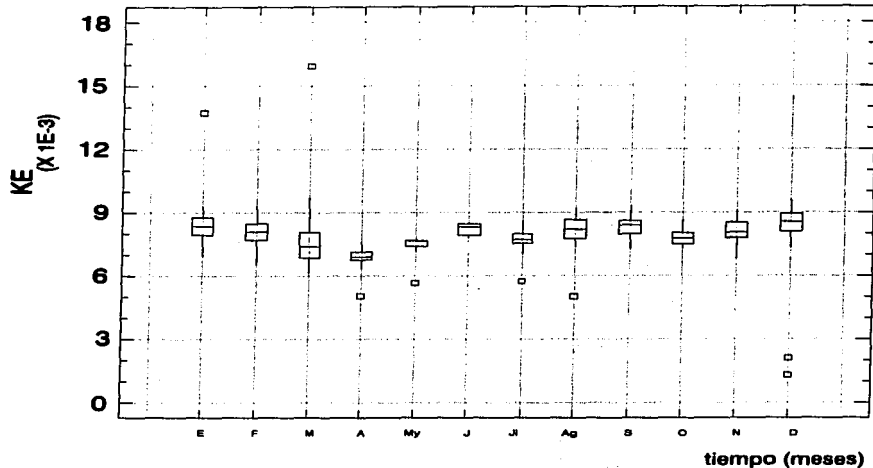


Figura 54. Variación mensual del factor de condición de Clark para *M. curema*

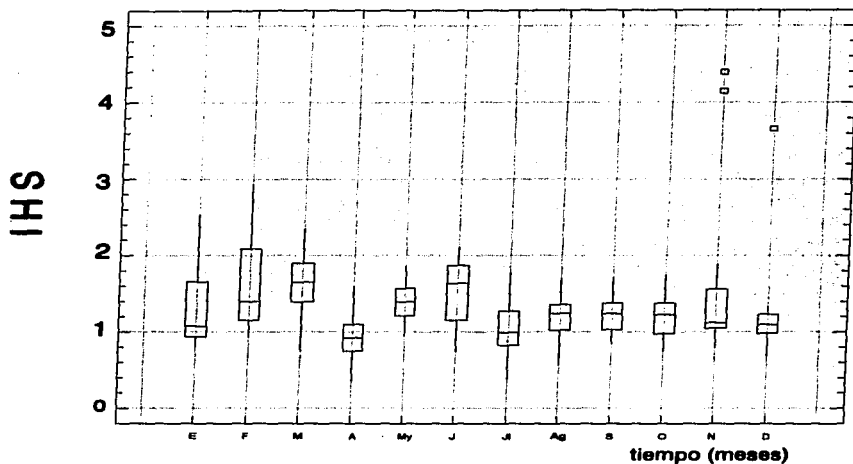


Figura 55. Variación mensual del índice hepatosomático (IHS) para *M. curema*.

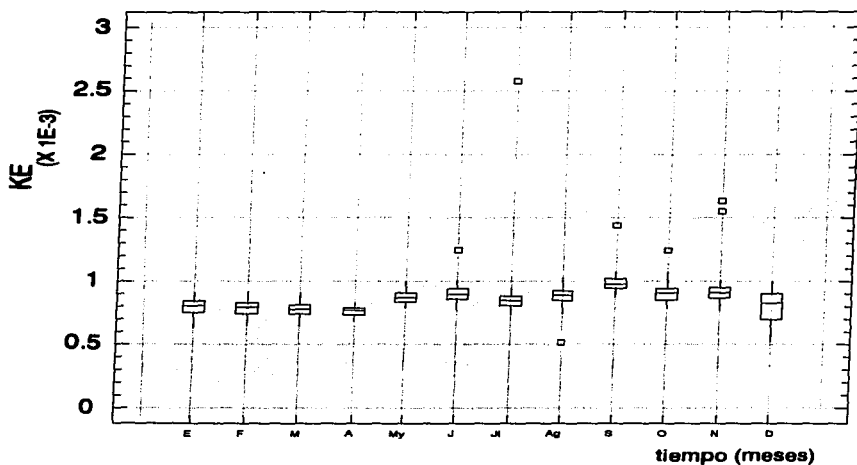


Figura 56. Variación mensual del factor de condición de Clark para *M. cephalus*

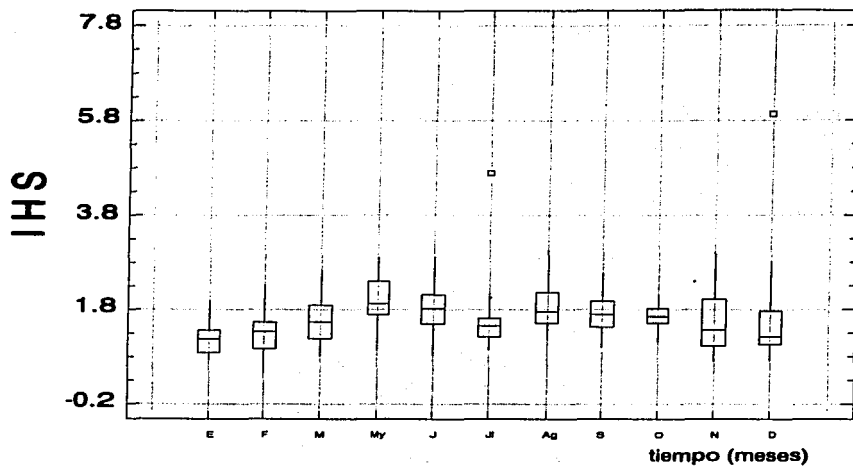


Figura 57. Variación mensual del índice hepatosomático (IHS) para *M. cephalus*.



## Hábitos alimenticios

RESUMEN: Del contenido estomacal de *Mugil cephalus* y *M. curema* se obtuvo la cuantificación de los organismos presentes a nivel de grandes grupos taxonómicos y a nivel de especie para las diatomeas. Para el primer caso se analiza la información en términos de porcentajes numéricos anuales y mensuales. Con los resultados del conteo de diatomeas se obtuvo la frecuencia de ocurrencia; el índice de diversidad de Levins (1968); el índice de solapamiento de dietas de Horn (1966) y de MacArthur y Levins (1967) y el análisis de grupos cualitativamente a través de los índices de Jaccart y de Sokal y Michener, y cuantitativamente por medio de los índices de correlación lineal y porcentajes de similitud. Como medida de distancia se utilizaron los algoritmos de Ward y UPGMA. Como resultado de estos análisis se llegó a las siguientes conclusiones: En términos anuales y de grandes grupos taxonómicos se observó un gran parecido en la dieta de ambos Mugílidos, con dominancia de diatomeas penales bénticas, de las cuales tanto *M. cephalus* como *M. curema* compartieron la gran mayoría de las especies a lo largo del ciclo. Cuando alguna especie de diatomea era muy numerosa en el ambiente, aparecía en una proporción muy importante en los estómagos de los peces, como es el caso de *Grammatophora marina* y *Cyclotella caspia*. La abundancia de estas diatomeas sesgó los índices de solapamiento de dietas, debido a que ambas están en función del número de individuos. El nivel de especificidad con que fueron presentados los hábitos alimenticios permitió diferenciar ligeramente las dietas de ambas especies de Mugílidos. Sin embargo, en términos generales, el espectro de alimentación que presentan es muy semejante, así como su hábitat. Con relación al tamaño promedio de partículas en el contenido estomacal de ambas especies, se pudo observar que los rangos de selección fueron muy estrechos, razón que confirma su escasa selectividad al grupo de diatomeas. Si las diatomeas se encontraban de manera muy abundante, esto es, no eran un factor limitante, se podía esperar el solapamiento de nichos. Por esta razón resultó evidente que se incrementaba el nivel de competencia durante la época de secas de la laguna. En esta época los valores de los solapamientos de dietas entre estos peces se encontraron al mínimo, y existía semejanza en el tipo de diatomeas consumidas según el índice de Sokal y Michener.

Antes de presentar las consideraciones sobre la metodología es importante señalar que los resultados que de hábitos alimenticios se presentan aquí son, exclusivamente, de peces mayores a 55 mm de talla. Según las referencias que se citarán posteriormente la dieta de los Mugílidos en su fase adulta está constituida exclusivamente de plantas (algas, diatomeas bénticas y sedimentos), razón por la cual no se realiza un análisis por tallas.

Para conocer los hábitos alimenticios se determinó el peso del contenido estomacal en una balanza electrónica de 0.1 g de error, así mismo se registró la longitud y diámetro del estómago por medio de un vernier.

El contenido estomacal se fijó en una solución de formaldehído al 10 %. Posteriormente se diseccionaron los 84 estómagos, para cada una de las especies estudiadas, extrayendo el contenido estomacal, el cual se colocó en una probeta agregando agua destilada hasta un volumen conocido de 20 ml. De esta solución se tomaron dos alícuotas, una de 5 ml para la cuantificación a nivel de grandes grupos taxonómicos; la

segunda alícuota (de 2 ml), fue sometida a la técnica de limpieza según Moreno (1990), de acuerdo a los métodos de Hasle y Frixell (1970) y Simonsen (1974).

Con el material obtenido se elaboraron preparaciones permanentes por cuatriplicado a partir de submuestras de 0.1 ml montadas en resina sintética Sigma, cuyo índice de refacción aproximado es de 1.7.

Para el análisis cualitativo y cuantitativo de diatomeas se tomó una preparación. El conteo incluyó varios campos dependiendo de la concentración de organismos hasta completar un mínimo de 300 organismos de acuerdo con el criterio de Keast (1968) según el cual los individuos fragmentados o parcialmente destruidos se incluyen en los conteos siempre y cuando sean identificables. En la identificación taxonómica fueron utilizadas las claves y descripciones de Cupp (1943); Cleve-Euler (1951, 1952, 1953a y 1953b); Foged (1975); Hasle (1964 y 1965); Hustedt (1930, 1961 y 1966); Licea (1974); Moreno (1985); Patrick y Reimer (1966); Peragallo (1897-1908); Prescott (1962); Prescott et al. (1981 y 1982). El trabajo fue apoyado con microfotografías y fotomicroscopio invertido Zeiss de contraste de fases.

Fue evaluado el contenido de materia orgánica particulada como peso seco libre de cenizas. Se realizó un cálculo gráfico para caracterizar la distribución del tamaño de grano de acuerdo con el criterio de Folk y Ward (1957).

Con la información del contenido estomacal, idéntico a nivel de grandes grupos, se estimaron los porcentajes numéricos anuales y mensuales.

Con los resultados del conteo de diatomeas, a nivel de especie, se realizaron los siguientes análisis:

### Frecuencia de ocurrencia

Con base en el criterio de Hureau (1970) se estableció una clasificación en función a la frecuencia de ocurrencia de diatomeas de la siguiente forma:

	Frecuencia de ocurrencia
a) Diatomeas preferenciales:	≥ 50 %
b) Diatomeas secundarias:	10 - 50 %
c) Diatomeas ocasionales:	< 10 %

### Indice de diversidad de Levins (1968)

Se calculó el porcentaje numérico de los componentes de la muestra de diatomeas. Se obtuvo el índice de diversidad de la dieta de Levins (1968) por muestreo, el cual viene expresado por la siguiente ecuación:

$$B = 1 / \sum_{i=1}^n (P_i)^2$$

donde:  $(P_i)^2$  es el cuadrado de las frecuencias relativas de las especies.

### Indices de solapamiento de las dietas de M. cephalus y M. curema

Se obtuvieron mensualmente 2 índices de solapamiento de dietas: 1) Horn (1966) y 2) MacArthur y Levins (1967).

La medida utilizada en la aplicación de estos índices fue el porcentaje total en número de diatomeas. Esta medida se presenta fuertemente influenciada por ejemplares muy pequeños, los cuales contribuyen relativamente poco a la dieta en general. Sin embargo el porcentaje total en números es valioso si los organismos, de las diferentes categorías, son aproximadamente iguales en tamaño (Wallace, 1981), característica que se cumple en el presente análisis.

Indice  
Horn

Ecuación

$$C_x = 2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} * P_{yi}) / (\sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2)$$

MacArthur y Levins

$$\alpha_{xy} = \sum_{i=1}^n (P_{xi} * P_{yi}) / (\sum_{i=1}^n P_{yi}^2)$$



donde:

$n$  = número de categorías.

$P_{xi}$  = proporción de la categoría  $i$  en la dieta de la especie  $x$ .

$P_{yi}$  = proporción de la categoría  $i$  en la dieta de la especie  $y$ .

El índice de Horn (1966) da valores de 0 (no solapamiento) a 1 (completo solapamiento). El índice de MacArthur y Levins (1967) varía de 0 a valores ligeramente superiores a 1 y mide el solapamiento de una especie sobre otra (índice asimétrico).

Se considera que los valores que adopta el índice son biológicamente significativos, cuando exceden el 0.60 (Zaret y Rand, 1971; Mathur, 1977).

### **Análisis de grupos (cualitativos y cuantitativos)**

Se realizó un análisis de grupos y su representación en un dendrograma con el objeto de comparar las muestras mensuales de los contenidos estomacales de ambas especies utilizando el porcentaje en número de diatomeas normalizados, a través de los índices cuantitativos de correlación lineal y porcentaje de similitud. Así mismo se llevó a cabo el análisis de grupos con los indicadores cualitativos de Sokal y Michener y de Jaccart.

Como medida de distancia se utilizaron los algoritmos de Ward y UPGMA. Esta última se eligió por el hecho de dar peso al número de individuos y proporcionar un árbol que se parece a la matriz original, esto es, muestra la mayor correlación cofenética (correlación que existe entre la matriz original y la obtenida por las distancias, de manera que, entre mayor sea la correlación cofenética representará mejor a la matriz original).

### **Régimen alimenticio y su variación con respecto a la talla**

La dieta presenta variaciones importantes a través de la talla. Los mugilidos juveniles (30 mm longitud estándar) son inicialmente carnívoros y comedores de plancton (Hickling, 1970; Odum, 1970). El porcentaje de ocurrencia de partículas de detritus y arena se incrementa proporcionalmente con la talla, lo que indica una transición gradual de hábitos planctónicos a bentónicos (Oren, 1981). Tres dietas sucesivas han sido demostradas por Albertini-Berhaut (1974): la primera

(15 a 25 mm de longitud estándar) es exclusivamente animal, principalmente crustáceos, la segunda (25 a 55 mm) es una mezcla de animales y plantas, y la tercera (> 55 mm) está constituida exclusivamente de plantas (algas, diatomeas bénticas y sedimentos). Según los estudios sobre alimentación de *M. cephalus* de De Silva y Wijeyaratne (1977), en organismos menores a 25 mm no se encuentran arena ni detritos y, el porcentaje de estos elementos aumenta con el incremento de talla.

La composición de la dieta de los adultos de *M. cephalus* en Australia fue dividida por Thomson (1966) en tres categorías: (1) microalgas incluyendo formas epífitas y bénticas, (2) detritus de plantas deterioradas y (3) sedimentos inorgánicos. La caracterización de estos hábitos coincide para diferentes localidades (Luther, 1962 para el este de la India; Odum, 1970 para Georgia). Las diatomeas penales son las especies más importantes y más frecuentes del contenido estomacal de *M. cephalus*, pero la materia orgánica particulada y las plantas terrestres en descomposición son también ingeridas en grandes cantidades (Blaber, 1977).

Según Edwards (1973), los adultos de *M. curema* de Venezuela son predominantemente consumidores herbívoros de diatomeas bénticas junto con arena y macroalgas como *Enteromorpha* acompañado con epifauna.

### Caracterización general y variación estacional de los hábitos alimenticios de los adultos de *M. cephalus* y *M. curema*

Considerando el total de los individuos analizados, y con el objeto de dar a conocer una caracterización general de la dieta de estos peces, se puede decir que el porcentaje numérico anual de las diatomeas supera notablemente al resto de los grupos alimenticios encontrados, siendo del 92.6 y 91.6 % para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente (Figs. 58a y 59a). El resto del contenido estomacal estuvo formado por foraminíferos, nemátodos, kinorincos, gasterópodos, copépodos, ostrácodos, bivalvos, amphípodos y huevecillos que en conjunto constituyeron el 7.4 y 8.8 % en *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente (Figs. 58b y 59b). Dentro de éstos, los grupos representados con mayor número de organismos fueron los foraminíferos, nemátodos, copépodos y ostrácodos para ambas especies de Mugílidos, mostrando así, que en términos generales ambos peces ocupan el mismo hábitat pues muestran dietas muy semejantes con una clara asociación al alimento de fondo.

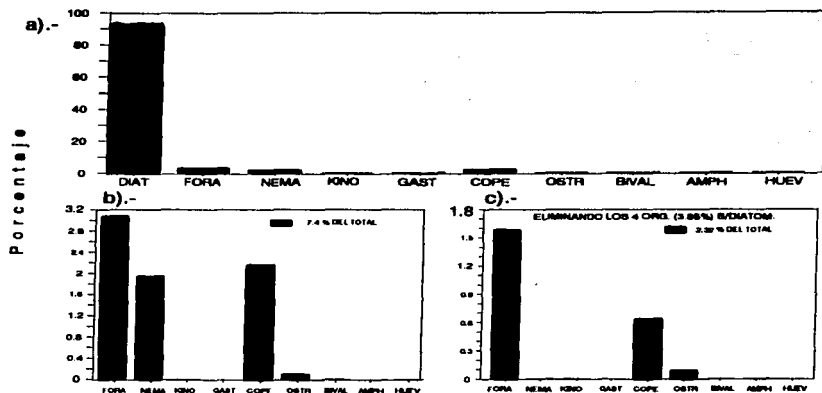


Figura 58. Caracterización general de la dieta de *M. cephalus*. a). Porcentuales anuales; b). Porcentuales anuales sin considerar diatomeas y c). Porcentuales anuales (eliminado los 4 estómagos con ausencia de diatomeas).

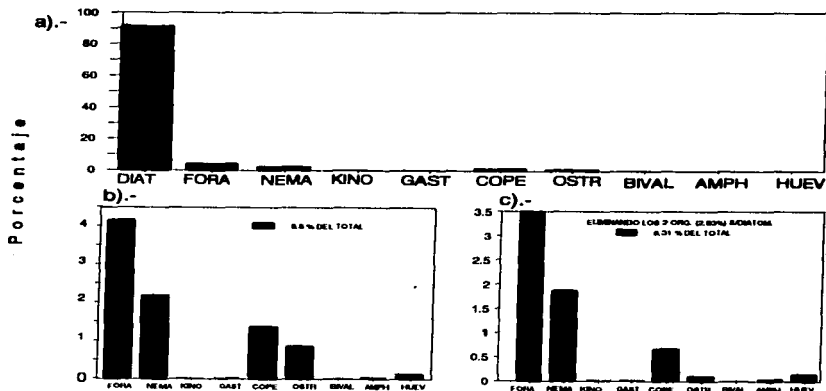


Figura 59. Caracterización general de la dieta de *M. curema*. a). Porcentuales anuales; b). Porcentuales anuales sin considerar diatomeas y c). Porcentuales anuales (eliminado los 2 estómagos con ausencia de diatomeas).

Por otro lado, solamente en el 3.9 y 2.6% de los estómagos analizados, de *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente, no se encontraron diatomeas. La ausencia de estos organismos modificó el promedio anual de los porcentajes numéricos, sesgándolos fuertemente. Por esta razón se eliminaron los estómagos ausentes de diatomeas, 4 de *M. cephalus* y 2 de *M. curema*, para obtener nuevamente los promedios anuales del resto de los grupos alimenticios.

Como consecuencia de este arreglo prácticamente no se alteraron las proporciones en el caso de *M. curema*; sin embargo, en *M. cephalus* se observó que en los ejemplares que no se alimentaron de diatomeas consumieron nemátodos preferentemente seguidos éstos en orden decreciente de importancia numérica por foraminíferos y copépodos (Figs. 58c y 59c).

Son numerosos los estudios sobre alimentación y características morfométricas del aparato digestivo de los Mugílidos (Thomson, 1954, Drake et al., 1984; Marais, 1980 y Luther 1962). Sin embargo, en estos trabajos solamente se hace referencia a *M. cephalus*. El estudio realizado por Marais (1980) muestra que los Mugílidos no solamente exhiben distintos períodos de alimentación sino que seleccionan el material diferenciando sus propiedades químicas y físicas. Así también Drake et al. (1984), concluye que los Mugílidos pueden seleccionar diferentes tamaños de partículas según la especie. Ambos autores describen detalladamente el aparato digestivo de las especies presentes en sus zonas de estudio y encuentran diferencias significativas entre ellos.

Por su parte, Odum (1968) no detecta diferencias importantes entre los contenidos estomacales entre *M. cephalus* y *M. curema* y Kobelkowsky (1989) demuestra una notable similitud en el aparato digestivo.

Las determinaciones del porcentaje de materia orgánica particulada en el contenido estomacal de estas especies presentó fluctuaciones entre el 3 y 10% durante el ciclo anual (Sánchez, 1995), de lo cual se desprende que los sedimentos que ingieren estos organismos son relativamente ricos en materia orgánica. Dicho valor orgánico está proporcionado por el detritus de plantas y animales, así como, por la micro y meioflora y fauna asociada a los sedimentos (Sánchez, 1995).

Con relación al tamaño promedio de partículas en el contenido estomacal de ambas especies, *M. cephalus* muestra preferencias por un rango de partículas que van de arenas muy finas a limos medios, mientras que *M.*

curaema tuvo afinidad por sedimentos finos (Sánchez, 1995), rangos que como se puede observar son muy estrechos.

Las partículas inorgánicas cumplen al menos dos funciones importantes en estas especies, la primera consiste en servir en el rompimiento de las paredes celulares de restos vegetales y de las diatomeas; la segunda es servir como fuente de materia orgánica, debido a la gran cantidad de bacterias, protozoarios y otros microorganismos asociados a las partículas (Odum, 1968). Al respecto, Odum (1970) menciona que si un ejemplar de *M. cephalus* de 200 mm de longitud standard mantuviera una alimentación continua durante 24 horas, sería capaz de filtrar 1500 g de sedimento seco/día y más de 450 Kg por año. Así mismo establece que la longitud de su intestino es adecuada para asimilar una dieta con base en diatomeas y detritus.

La variación mensual de las proporciones de los contenidos de la dieta de ambos Mugilidos durante el ciclo anual, se puede observar en las Figs. 60 y 61.

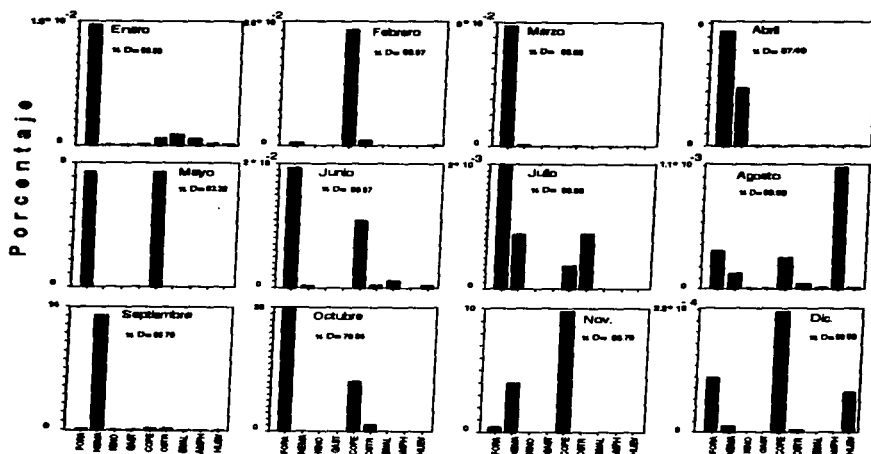


Figura 60. Variación mensual del contenido de la dieta, *M. cephalus* eliminando a las diatomeas.

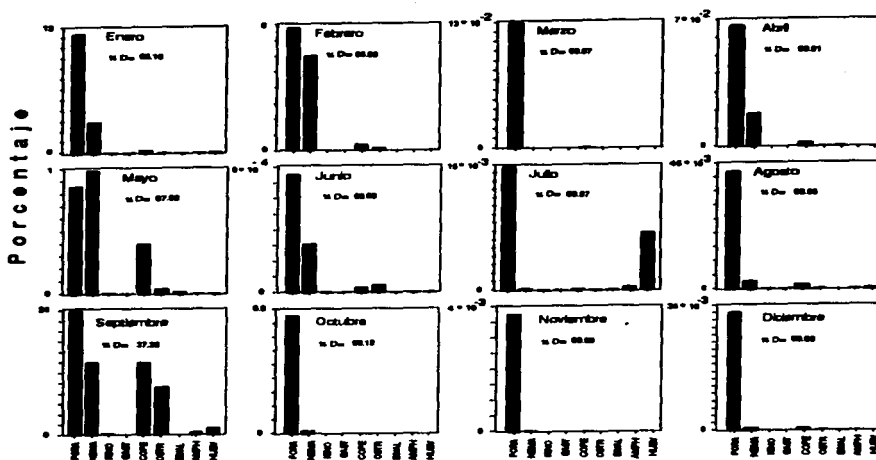


Figura 61. Variación mensual del contenido de la dieta, *M. curema* eliminando a las diatomeas.

Para *M. cephalus* son 7 los meses que superan el 99.9 % en porcentaje de diatomeas (enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto y diciembre), de los 5 meses restantes, en cuatro de ellos (abril, mayo, septiembre y noviembre) apareció un estómago ausente de diatomeas (4 en total, como se mencionó anteriormente). Como consecuencia de esta ausencia los porcentajes se muestran sesgados por estos casos extremos, dando como resultado porcentajes de diatomeas que varían entre 83.3 y 87.5 %. En estos cuatro meses los grupos taxonómicos que se encontraron mejor representados fueron los grupos foraminíferos, nemátodos y copépodos para abril y mayo; y nemátodos y copépodos para septiembre y noviembre, respectivamente.

Durante octubre, mes que merece un reconocimiento especial, el porcentaje numérico de diatomeas fue el más bajo del ciclo, pues no existiendo ningún estómago con ausencia de éstas su proporción alcanzó el valor menor. En su lugar se presentaron, en orden decreciente, foraminíferos, copépodos y ostrácodos (con 20, 8.5 y 1.5 %, respectivamente).

Para *M. curema* son 9 los meses que superan el 99% en porcentaje de diatomeas (marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre), de los 3 meses restantes, en septiembre aparecieron dos estómagos ausentes de diatomeas, considerados como casos extremos, dando como resultado el porcentaje más bajo del ciclo (37.4%). Sin embargo, durante enero y febrero (meses en los que no se presentó ningún estómago con ausencia de diatomeas), los foraminíferos y nemátodos adquirieron valores numéricos de importancia (11.5 y 3%; 7.8 y 6.1% de foraminíferos y nemátodos en enero y febrero, respectivamente).

Como puede observarse, los meses en los que la proporción real de diatomeas disminuye (octubre para *M. cephalus* y enero y febrero para *M. curema*), coinciden con la fase previa al desove (estadios vitelogénicos en fase III para *M. cephalus*; y en fase III, IV y V para *M. curema*, ver capítulo de Reproducción).

La importancia energética de las diatomeas ha sido estudiada por Romer y MacLachlan (1986) para el caso particular de *Liza richardsoni*. Estos autores sostienen que las diatomeas tienen altos valores calóricos debido a la acumulación de ricos compuestos energéticos, mostrando una tabla (Tabla 57) en la que se menciona el contenido bioquímico y calórico de algunas microalgas presentes en el estómago de *Liza richardsoni* (algunas de las cuales se encuentran presentes en la dieta de *M. cephalus* y *M. curema* en la laguna de Tamiahua).

TABLA 57  
CONTENIDO BIOQUIMICO Y CALORICO DE MICROALGAS

Especie	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Grasas (%)	Carbohidratos (%)	kJ gr p.seco
<i>Nitzschia paradoxa</i>	40	---	---	---	22.9
<i>Chaetoceros spp</i>	28	35	6.9	6.6	16.17
<i>Coscinodiscus spp</i>	57	17	1.8	4.1	12.09
<i>Skeletonema costratum</i>	39	37	4.7	20.8	22.46
<i>Phacodactylum tricorutum</i>	7.6	33	6.6	24.0	15.37
<i>Thalassiosira weissflogii</i>	17.7	44.5	11.8	26.1	26.17
<i>Anaulus birostratus</i>	40.3	31.2	16.2	12.3	25.9

Tomado de Romer y McLachlan (1986)

Así mismo comparan el contenido estomacal sugiriendo que con una dieta rica en diatomeas se obtiene un mayor porcentaje de grasas, carbohidratos y proteínas disponibles por gramo de alimento ingerido, en comparación con una dieta de detritus vegetal, sedimento y el microbentos asociado (Tabla 58).

TABLA 58  
COMPOSICION BIOQUIMICA DE LA MEDIA PORCENTUAL (PESO SECO) DEL CONTENIDO ESTOMACAL DE MUGILIDOS REPRESENTANDO DOS DIETAS NATURALES: (a) DIETA DE DETRITUS VEGETAL, SEDIMENTOS Y MICROBENTOS ASOCIADO, (b) DIETA DE DIATOMEAS Y SEDIMENTOS PLAYEROS

Especie	Dieta	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Grasas (%)	Carbohidratos (%)	kJ gr p.seco
<i>Liza dumerili</i>	(a)	97.674	0.668	0.174	1.184	42 483
<i>Liza richardsoni</i>	(a)	97.974	1.406	0.606	4.068	126 875
<i>Liza richardsoni</i>	(b)	89.48	5.08	0.97	4.47	222 900

Tomado de Romer y McLachlan (1986).

Odum (1970) plantea que *M. cephalus* muestra preferencia por plantas vivas (algas) sobre detritus vegetal cuando ambos están disponibles, lo que mejora su dieta.

A nivel de grandes grupos taxonómicos se observa que las dietas de ambos Mugílidos guardan importantes parecidos y que existe una marcada preferencia por una dieta de plantas vivas formada por diatomeas las cuales, como se mencionó antes, confieren a estos peces una importante fuente de grasas, carbohidratos y proteínas disponibles.

### Análisis de la dieta de diatomeas

Se identificaron 146 especies de diatomeas, entre las cuales predominó el grupo de las penales bénticas a través del ciclo anual. La tasa de filtración de diatomeas fue mayor en *M. cephalus*, presentándose el valor máximo en agosto (14 \* 10 células/20 ml) a diferencia de *M. curema* cuyo mayor valor se encontró en mayo (9.5 \* 10 células/20 ml),



lo cual es un reflejo de la capacidad de las especies para filtrar un mayor número de células en función de su tamaño, ya que dentro del sistema *M. cephalus* alcanza mayores tallas y pesos que *M. curema*. Del total de diatomeas presentes en cada uno de los estómagos de las dos especies de Mugílidos, *M. cephalus* comparte el 77.2% con *M. curema* y esta última lo hace en un 80.7%.

### Frecuencia de ocurrencia

En *M. cephalus* el 9.4% de las diatomeas fue del tipo preferencial, entre las cuales se encuentran: *Actinopterychus undulatus*, *Amphora pediculus*, *Cyclotella caspia*, *Diploneis bombus*, *Grammatophora marina*, *Navicula agnita*, *Nitzschia angularis*, *N. frustulum*, *N. granulata*, *N. punctata* y *N. sigma*.

El 41.9% estuvo representado por diatomeas secundarias entre las más importantes se encuentran: *Achnanthes spp.*, *Chaetoceros spp.*, *Cocconeis placentula*, *Cylindrotheca closterium*, *Fragilaria oceanica*, *Gyrosigma attenuatum*, *G. spA*, *G. spB*, *Navicula favillardii*, *Nitzschia panduriformis*, *Rhizosolenia setigera*, *R. musculus*, *Synedra fasciculata* y *Thalassiosira eccentrica*, mientras que el resto fueron ocasionales (48.7%).

Las diatomeas más abundantes en el contenido estomacal de *M. cephalus*, en orden decreciente fueron: *Rhizosolenia setigera*, *Rhopalodia musculus*, *Navicula radiosa*, *Cyclotella caspia*, *Grammatophora spB*, *G. marina*, *Nitzschia granulata* y *Synedra crystallina*. De este y del anterior listado, se puede corroborar que son 3 las diatomeas más frecuentes y abundantes durante el ciclo anual de muestreo en el contenido estomacal de *M. cephalus*: *Cyclotella caspia*, *Grammatophora marina* y *Nitzschia granulata*.

En *M. curema* el porcentaje de las diatomeas preferenciales fue del 9%, compartiendo las mismas diatomeas con *M. cephalus*, exceptuando a: *Amphiprora gigantea*, *Fragilaria marina*, *Navicula radiosa* y *Thalassionema bacillansea*. Las diatomeas secundarias conformaron el 41% (entre las más importantes: *Cylindrotheca closterium*, *Gyrosigma attenuatum*, *G. spA*, *G. spB*, *Navicula takoradiensis*, *N. denticulata*, *N. panduriformis*, *N. punctata* var *coartata*, *Rhizosolenia setigera*, *Synedra fasciculata*, *Thalassiosira eccentrica* y *T. spp.*) y el 50% restante fueron diatomeas ocasionales.

Las diatomeas más abundantes en el contenido estomacal de *M. curema*, en orden decreciente fueron: *Cylindrotheca closterium*, *Rhizosolenia setigera*, *Nitzschia angularis*, *N. granulata*, *Navicula agnita*, *Chaetoceros spp.*, *Cyclotella caspia*, *Gyrosigma spA.* y *G. attenuatum*. Así mismo son 4 las diatomeas más frecuentes y abundantes durante el ciclo anual de muestreo en el contenido estomacal de *M. curema*: *Navicula agnita*, *Nitzschia angularis*, *N. granulata* y *Cyclotella caspia*. Las dos últimas especies son compartidas con *M. cephalus* en esta categoría.

### Variaciones mensuales en la dieta de diatomeas.

#### Indice de diversidad de Levins (1968)

Durante el ciclo estacional se observan algunas diferencias en la variedad del régimen alimenticio de diatomeas en *M. cephalus* y *M. curema*. Para un análisis más detallado se obtuvo mensualmente el índice de diversidad de Levins (1968) de la dieta de diatomeas. Los valores que adquirió el índice de diversidad de Levins (1968) se encuentran representados en la Fig. 62.

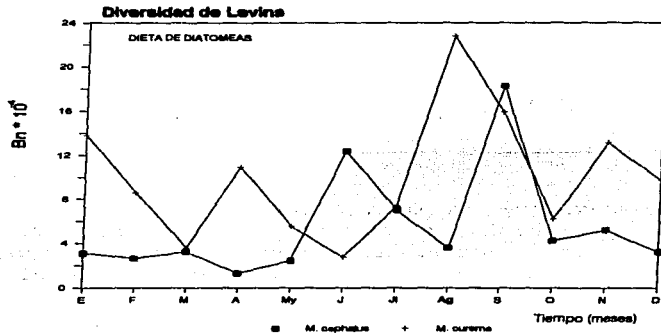


Figura 62. Variación mensual del índice de diversidad de Levins (1968) para la dieta de diatomeas.

En términos generales se observa que ambas especies muestran una dieta poco diversa, con gran predominio numérico de pocas especies de diatomeas, fenómeno que es aún más notorio para *M. cephalus*. Los meses en los que ninguna diatomea supera el 15% de dominancia son: enero, agosto y septiembre para *M. curema*, y septiembre para *M. cephalus*.

La predominancia mayor al 15% de algunas especies de diatomeas se reparte según las especies, como se muestra en las tablas 59 y 60.

TABLA 59  
DIATOMEAS QUE SUPERAN EL 15 % DE ABUNDANCIA  
RELATIVA MENSUAL EN EL ESTOMAGO DE *M. cephalus*

Mes	Diatomeas	%
<i>M. cephalus</i>		
Enero	<i>Synedra crystallina</i>	55
Febrero	<i>Grammatophora marina</i>	50
	<i>Synedra fasciculata</i>	34
Marzo	<i>Gyrosigma</i> spB.	53
Abril	<i>Nitzschia granulata</i>	87
Mayo	<i>Navicula radiosa</i>	45
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	45
Junio	<i>Chaetoceros</i> spp.	58
Julio	<i>Amphora ovalis</i>	30
Agosto	<i>Rhopalodia musculus</i>	50
Septiembre	----	---
Octubre	<i>Cyclotella caspia</i>	47
Noviembre	<i>Gyrosigma</i> spB.	39
	<i>Cyclotella caspia</i>	17
Diciembre	<i>Synedra fasciculata</i>	42
	<i>Grammatophora marina</i>	35

Aquí se observa que la dominancia es mayor en los estómagos de *M. cephalus*, particularmente en el mes de abril, en el cual una sola especie (*Nitzschia granulata*) presenta una abundancia porcentual del 87% y es en este mes en donde, evidentemente, la diversidad alcanza el punto mínimo para *M. cephalus*.

TABLA 60  
DIATOMEAS QUE SUPERAN EL 15 % DE ABUNDANCIA  
RELATIVA MENSUAL EN EL ESTOMAGO DE *M. curema*

Mes	Diatomeas	%
<i>M. curema</i>		
Enero	----	---
Febrero	<i>Grammatophora marina</i>	50
	<i>Synedra fasciculata</i>	16
	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	16
Marzo	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	52
Abril	<i>Amphiprora gigantea</i>	17
Mayo	<i>Gyrosigma spA.</i>	33
	<i>Navicula granulata</i>	19
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	15
Junio	<i>Nitzschia frustulum</i>	17
Julio	<i>Bacteriastrum furcatum</i>	23
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	22
Agosto	----	---
Septiembre	----	---
Octubre	<i>Cyclotella caspia</i>	34
	<i>Navicula agnita</i>	16
Noviembre	<i>Cylindrotheca closterium</i>	20
Diciembre	<i>Navicula takoradiensis</i>	17
	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	16
	<i>Nitzschia angularis</i>	15

Por otro lado se constata que en el mes de febrero tanto *M. cephalus* como *M. curema* se alimentan predominantemente de *Grammatophora marina* (ambas con 50% de abundancia relativa) y de *Synedra fasciculata* (con 34 y 16% para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente). En mayo, *Rhizosolenia setigera* se presenta en ambos estómagos (en menor proporción para *M. curema*, 15% a diferencia de 45% para *M. cephalus*). Así mismo, en octubre *Cyclotella caspia* se presenta tanto en los estómagos de *M. cephalus* como en los de *M. curema* con 47 y 34% de abundancia relativa, respectivamente.

### Indices de solapamiento de las dietas de *M. cephalus* y *M. curema*

Debido a que los dos índices de solapamiento de dietas están en función del número de individuos, el reflejo de las especies más abundantes de diatomeas "compartidas" por ambas especies de Mugílidos se observa claramente en la Fig. 63.

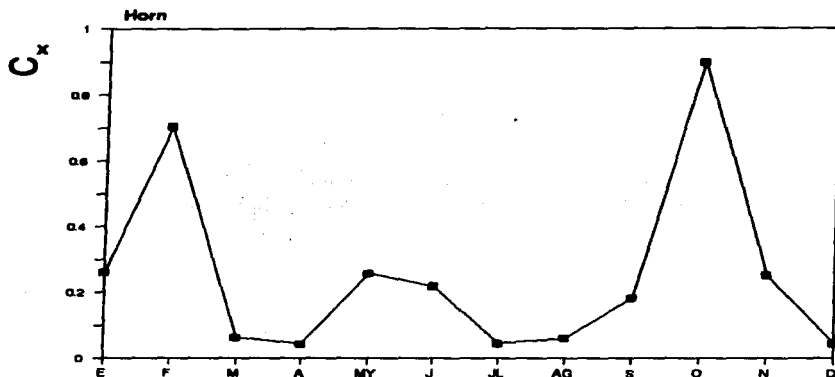


Figura 63. Variación mensual del índice de solapamiento de Horn (1966) para la dieta de diatomeas.

En este gráfico se muestran los valores del índice simétrico de solapamiento de dietas de Horn (1966) con dos valores significativos en los meses de febrero y octubre y uno mucho menor en mayo. Esto es, existe sobrelapamiento fundamentalmente debido a la gran abundancia de ciertas especies de diatomeas presentes en ambos estómagos, como *Grammatophora marina* y *Synedra fasciculata* en el mes de febrero; *Rhizosolenia setigera*, en el mes de mayo; y, *Cyclotella caspia* en octubre. Así mismo, el índice asimétrico de solapamiento de dietas de MacArthur y Levins (1967), muestra dos valores significativos de solapamiento, los cuales se presentan en febrero y octubre, por las razones antes expuestas (Fig. 64).

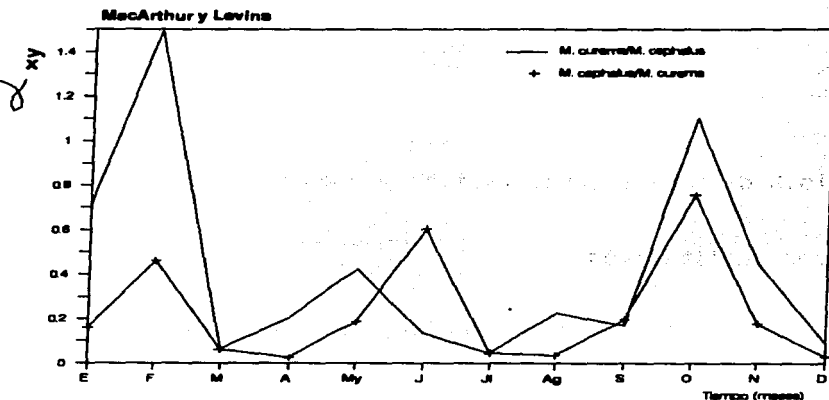


Figura 64. Variación mensual del índice de solapamiento de MacArthur y Levins (1968) para la dieta de diatomeas.

Lo que es novedoso con este índice es el que *M. curema* es la especie que se solapa con los hábitos de *M. cephalus*, resultado que no es sorprendente si recordamos que la dieta de *M. cephalus* mostró menor diversidad. Los valores significativos de solapamiento coinciden con los meses previos al desove (octubre para *M. cephalus* y febrero para *M. curema*, ver capítulo de Reproducción), y con el principio y fin respectivamente, de la época de nortes. Así mismo, en *M. cephalus* se observó un claro incremento en la densidad de células en el contenido estomacal de octubre a enero (Sánchez, 1995), período de desove de la especie y época en la que se observó una gran acumulación de grasa en la cavidad abdominal.

En presencia de altas concentraciones de diatomeas, *Liza richardsoni* adopta la estrategia de presentar una alta tasa de ingestión con una baja eficiencia de asimilación y bajo tiempo de retención (Romer y McLachlan, 1986); estrategias similares han sido reportadas para *M. cephalus* en un "bloom" de dinoflagelados (Odum, 1968b). Estos comportamientos nos llevan a pensar que en presencia de altas concentraciones de ciertas especies de diatomeas como *Grammatophora marina* y *Synedra fasciculata* (para el mes de febrero) y de *Cyclotella caspia* (en octubre), la tasa de ingestión de *M. cephalus* y *M. curema* se eleve considerablemente, produciendo así el solapamiento de las

dietas de estos peces. En resumen, si las diatomeas se encuentran de manera muy abundante, esto es, no son un factor limitante, se puede esperar el sobrelapamiento de nichos. Por esta razón resulta evidente que se incrementa el nivel de competencia durante la época de secas de la laguna.

## Análisis de grupos (cualitativos y cuantitativos)

### Indices cualitativos

Los resultados de los dendrogramas utilizando la métrica de la similitud de Jaccard pueden verse en la figura 65.

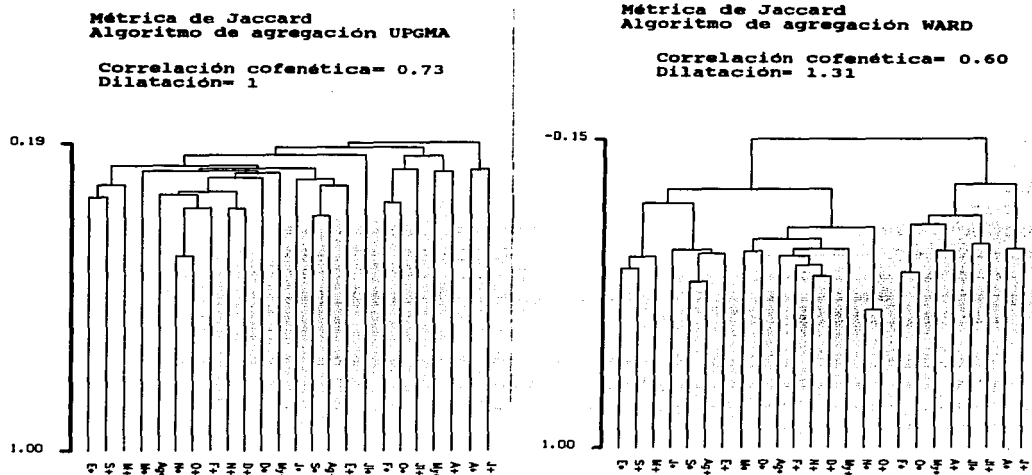
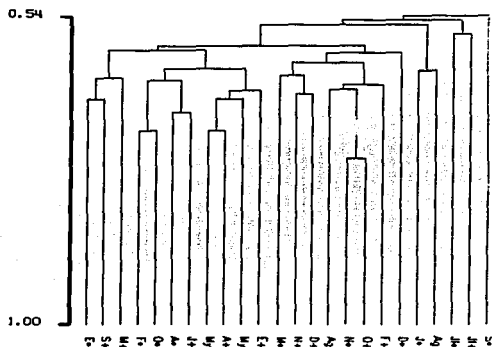


Figura 65. Dendrogramas mostrando la variación mensual de la dieta de diatomeas. Índice de Jaccard.

Se observa que con el algoritmo de agregación UPGMA se alcanza una mayor correlación cofenética (0.73) y menor dilatación, a diferencia del algoritmo de Ward que dilata más y por lo tanto clasifica mejor. No obstante no se observan similitudes significativas, esto es, no existen relaciones temporales entre los contenidos de diatomeas de los estómagos de estos Mugílidos.

En la métrica de Sokal y Michener (Fig. 66), se observan idénticos resultados en cuanto al uso de los algoritmos (mayor dilatación y menor correlación cofenética con el algoritmo de Ward), sin embargo en este caso, los valores de similitud sí son significativos en ambos dendrogramas. A pesar de este hecho tampoco se observa una relación temporal entre los contenidos mensuales de diatomeas, a excepción de un grupo (formado por los grupos 1,2 y 3 en la fig. 66), en el que se asocian a un nivel de 0.5 de similitud los meses de julio de ambas especies, de junio y septiembre de *M. cephalus* y agosto de *M. curema*, que corresponden a la época de secas en la laguna de Tamiahua.

Métrica de Sokal y Michener  
Algoritmo de agregación UPGMA  
Correlación cofenética= 0.62  
Dilatación= 1



Métrica de Sokal y Michener  
Algoritmo de agregación WARD  
Correlación cofenética= 0.45  
Dilatación= 1.46

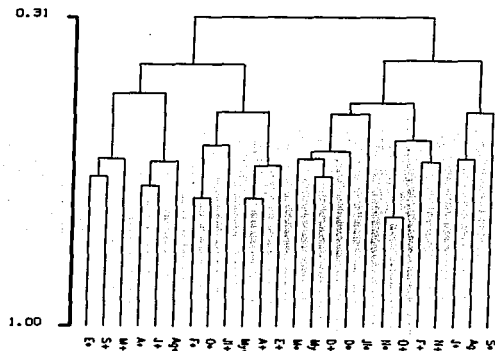


Figura 66. Dendrogramas mostrando la variación mensual de la dieta de diatomeas. Índice de Sokal y Michener.

El hecho de que los porcentajes de similitud con el índice de Sokal y Michener sean significativos, responde a que esta métrica considera





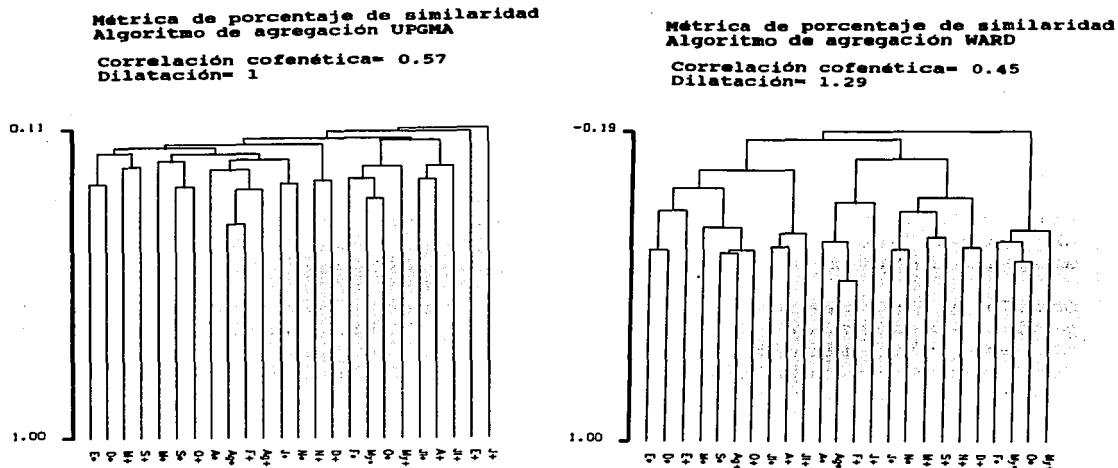


Figura 68. Dendrogramas mostrando la variación mensual de la dieta de diatomeas. Porcentaje de similitud.

Los índices cuantitativos y el índice de Jaccard no mostraron relaciones mensuales significativas entre las diatomeas consumidas, sin embargo el índice de Sokal y Michener, que considera las dobles ausencias de diatomeas como indicador de afinidad, presentó asociaciones significativas en la mayoría de los casos, mostrando un grupo de afinidad en el que se asocian los meses que corresponden a la época de secas en la laguna de Tamiahua. En esta época los sobrelapamientos de dietas entre estos peces están al mínimo, de manera que resulta evidente que se incrementa el nivel de competencia entre estos peces durante la época de secas de la laguna.

## Cambios en la abundancia del recurso

Varios autores coinciden en que existe disponibilidad de alimento en la laguna de Tamiahua (Moreno y Alvarez, 1994; Contreras, 1981), fundamentalmente para especies filtradoras (como *Crassostrea virginica*), así mismo mencionan que durante la época de "nortes" existe poca estabilidad en la biota fitoplanctónica dominando los procesos heterotróficos sobre los autotróficos, manteniéndose la productividad por otras fuentes como detritos, bacterias y fitobentos (Contreras, 1981). Por otro lado, al inicio de la época de secas (marzo aproximadamente) las condiciones climáticas propician una productividad neta importante ( $176 \text{ mgC/m}^3/\text{hr}$ ; Contreras, 1981), auspiciada por la disponibilidad de nutrientes y mayor penetración de la luz.

Debido a los cambios que se llevan a cabo a lo largo del año, se produce un decremento en la diversidad del fitoplancton, favoreciendo el desarrollo excesivo de algunas especies (Moreno y Alvarez, 1994). Este hecho explicaría satisfactoriamente el solapamiento de las dietas de ambos Mugílidos debido a la gran abundancia de ciertas especies de diatomeas como *Grammatophora marina* y *Synedra fasciculata* (en el mes de febrero) y *Cyclotella caspia* (en octubre).

El nivel de especificidad con que han sido presentados los hábitos alimenticios permitió diferenciar ligeramente las dietas de ambas especies de Mugílidos. Sin embargo, en términos generales el espectro de alimentación que presentan es muy semejante, así como su hábitat.

Con relación al tamaño promedio de partículas en el contenido estomacal de ambas especies se pudo observar que los rangos de selección de partículas son muy estrechos. Razón que confirma su escasa selectividad al grupo de diatomeas.

En términos anuales y de grandes grupos taxonómicos, se observa un gran parecido en la dieta de ambos Mugílidos con dominancia de diatomeas penales bénticas, de las cuales tanto *M. cephalus* como *M. curema* comparten la gran mayoría de las especies a lo largo del ciclo. Ocasionalmente, cuando alguna especie de diatomea es muy numerosa en el ambiente, aparece en una proporción muy importante en los estómagos de los peces, como es el caso de *Grammatophora marina* y *Cyclotella caspia* (presentes de manera muy abundante en ambos estómagos en febrero y octubre respectivamente). La abundancia de estas diatomeas sesga los índices de solapamiento de dietas, debido a que ambos están en función del número de individuos.

Si las diatomeas se encuentran de manera muy abundante, esto es, no son un factor limitante, se puede esperar el sobrelapamiento de nichos. Por esta razón resulta evidente que se incrementa el nivel de competencia durante la época de secas de la laguna. En esta época los valores de los sobrelapamientos de dietas entre estos peces están al mínimo, y existe semejanza en el tipo de diatomeas consumidas según el índice de Sokal y Michener.



## Mortalidad

RESUMEN: Se obtuvieron la mortalidad total, natural y por pesca. La mortalidad total fue estimada por medio de las curvas de captura y la mortalidad natural por el método de Taylor. Para la mortalidad por pesca se realiza un estudio de la selectividad de la red agallera de mayor uso en la captura de estas especies en la zona. Los valores de la mortalidad total entre las edades de 4 a 6 años para *M. cephalus* y de 3 a 5 años para *Mugil curema* son de 0.27 y 0.65 y los de la sobrevivencia de 0.53 y 0.15, respectivamente. La mortalidad natural obtenida para *M. cephalus* es de 0.106 y para *M. curema* es de 0.16. Las tasas de mortalidad natural para cada sexo son las siguientes: *Mugil cephalus* (hembras= 0.114; machos= 0.113); *Mugil curema* (hembras= 0.156; machos= 0.213). Se obtiene una talla media de selección para *M. cephalus* de 323 mm y de 257 mm para *Mugil curema*. Se concluye que con la red agallera de 35 mm de abertura de malla para *M. cephalus* y 30 mm para *M. curema* se capturan, en promedio, individuos que han desovado al menos en una ocasión.

Para la determinación del coeficiente de mortalidad total de *M. cephalus* y *Mugil curema* se empleó el método de las curvas de captura. Para la obtención de las mencionadas curvas, y posteriormente de la tasa de sobrevivencia (S) y el coeficiente de mortalidad total (Z), se trazó un gráfico en el que se colocaron en el eje de las abscisas, los grupos de edad, y en las ordenadas los logaritmos neperianos de las abundancias relativas para cada grupo de edad.

La mortalidad natural (M) fue estimada con el método de Taylor (1960). El cual considera que para aquellos peces cuya longevidad es baja, la tasa promedio de mortalidad natural debe ser alta. Así mismo, la mortalidad natural es proporcional al número de individuos presentes en el tiempo t (Beverton y Holt, 1957), por lo que M es una función de la tasa de crecimiento (k). Considerando la edad límite como el tiempo requerido para alcanzar el 95 % de  $L_{\infty}$  tenemos:

$$A_{0,95} = \frac{-\ln(1-0.95)}{k+t_0}$$

Ecuación a partir de la cual Taylor obtiene:

$$M = \frac{-\ln(1-0.95)}{A_{0,95}}$$

La estimación de la mortalidad por pesca presenta serios problemas en el caso de pesca multiespecífica y artesanal.

Los estudios de selectividad de un arte se realizan para cada una de las especies capturadas, por ello, su aplicación en la regulación de una pesquería es más sencilla y más eficaz cuando se trata de una población monoespecífica, puesto que hay que aplicar una sola medida de selectividad (Gallardo, 1980). Sin embargo, para los organismos que nos ocupan la explotación pesquera se realiza al mismo tiempo sobre diversas especies, con crecimiento desigual, y en consecuencia, con valores de selectividad distintos; por lo tanto se hizo necesario adoptar una medida de malla que comprendiera a los ejemplares de mayor significación comercial, en este caso se eligió la red agallera (tendal) de 35 y 30 mm de abertura de malla para *M. cephalus* y *Mugil curema*, respectivamente.

La metodología empleada se presenta en la tabla 61 (página 185).

#### Estimación de mortalidad total y sobrevivencia por medio de las curvas de captura

En las figuras 69 y 70, se observan las curvas de captura para *M. cephalus* y para *M. curema*, respectivamente. Ambas presentan una rama ascendente y otra descendente.

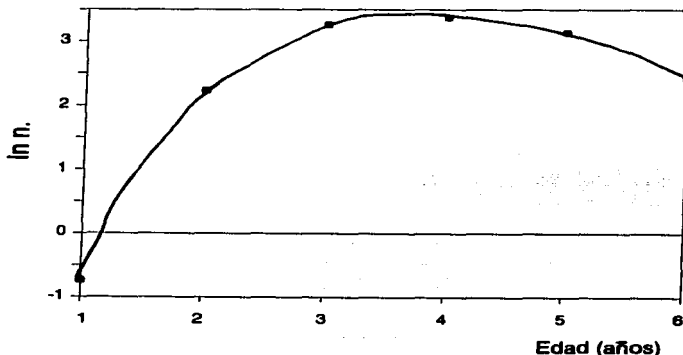


Figura 69. Curvas de mortalidad total de *M. cephalus*.

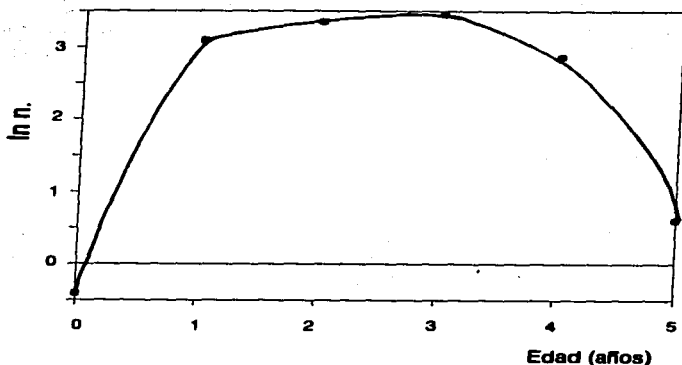


Figura 70. Curvas de mortalidad total de *M. curema*.

Las ramas ascendentes se deben a que las edades que corresponden de 1 a 3 años, en el primer caso, y de 0 a 2 años, en el segundo, el reclutamiento a la pesquería fue parcial, de manera que las abundancias relativas se encuentran subestimadas. Las ramas descendentes, a partir de la clase anual 4 y 3 respectivamente, edades en las que el reclutamiento se ha completado, están constituidas por puntos que se aproximan a una línea recta de pendiente negativa, entre los cuales se puede obtener una estimación de la mortalidad total para las clases anuales de 4 a 6 años para *M. cephalus* y de 3 a 5 años para *M. curema*.

*M. cephalus*

*Mugil curema*

$$y = (0.27) x + 4.27$$

$$y = (0.85) x + 5.53$$

donde:

x = grupos de edad.

y = ln de las abundancias relativas para cada grupo de edad.

Los valores de la mortalidad total entre las edades de 4 a 6 años para *M. cephalus* y de 3 a 5 años para *Mugil curema* son de 0.27 y 0.85 y los de la sobrevivencia de 0.53 y 0.15, respectivamente (dado que  $M_t = 1 - S$ ).



Es decir, para *M. cephalus* de cada 100 individuos, 27 mueren por mortalidad natural y por pesca y sobreviven 53, mismos que deben tener la capacidad de regenerar la biomasa de la población por medio del crecimiento y reproducción. Así mismo, para *Mugil curema* de cada 100 individuos mueren 85 por mortalidad natural y por pesca y sobreviven 15.

### Mortalidad natural por el método de Taylor

Para *M. cephalus* y *Mugil curema* el valor de  $A_{0.95}$  es de 28.32 y de 18.68, respectivamente (ver sección de crecimiento). Esta edad representa el límite de longevidad y corresponde a la edad media de muerte de los individuos de la población, si son capturados o sufren muerte prematura.

La mortalidad natural obtenida para *M. cephalus* es de 0.106 y para *Mugil curema* es de 0.16.

Las tasas de mortalidad natural para cada sexo son las siguientes:

<i>Mugil cephalus</i>	<i>Mugil curema</i>
Hembras= 0.114	Hembras= 0.156
Machos= 0.113	Machos = 0.213

Debido a que la mortalidad natural y la tasa de crecimiento guardan una relación directa entre sí, e inversa con respecto a la longevidad ( $A_{0.95}$ ), se observa que no hay diferencias importantes entre el crecimiento por sexos de *M. cephalus* ya que la mortalidad natural es prácticamente la misma, por lo que alcanzarán un valor cercano a la edad media de muerte.

En el caso de *M. curema* los machos presentan una tasa de crecimiento mayor que las hembras, alcanzarán éstos un valor cercano a la edad media de muerte más rápidamente y por lo que presentan una tasa de mortalidad más alta.

## Mortalidad por pesca

### Selectividad

En la pesquería de Mugílidos para la zona de estudio son utilizados básicamente dos artes de pesca: la red agallera y la atarraya, los cuales son confeccionados artesanalmente en la mayoría de los casos. Esto significa que existe gran variabilidad entre sus dimensiones, particularmente entre las aberturas de malla, lo cual dificulta notablemente el estudio de la selectividad del arte de pesca. Debido a lo anterior, para la obtención de la selectividad en este trabajo, se ha adoptado el arte de pesca considerado el más representativo, por su mayor uso, así como por mostrar las capturas más abundantes. No obstante, se puede considerar que esta estimación no representa la totalidad de la mortalidad por pesca, sin embargo es la que contiene el menor error.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 61 y las curvas de selección en la figura 71 a y b.

Como puede observarse en la tabla, se obtiene una talla media de selección (1c, talla a la cual el 50% de los individuos que entran en la red quedan retenidos) para *M. cephalus* de 323 mm y de 257 mm para *Mugil curema* que estarían comprendidos en el grupo de edad de 4 y 2 años, respectivamente. Las tallas de primera madurez sexual para las hembras y machos son de 299 (edad 3 años) y de 280 mm (edad 3 años) y de 208 (edad 1 año) y 181 mm (edad 0 años) para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente, por lo tanto, con la red agallera de 35 mm de abertura de malla para *M. cephalus* y 30 mm para *M. curema* se capturan en promedio individuos que han desovado al menos en una ocasión.

TABLA 61  
 DATOS DE LA SELECTIVIDAD DE *Mugil cephalus* Y *M. curema*, USANDO  
 RED AGALLERA

Meses de experiencia: abril de 1991-marzo de 1992		
	<i>M. cephalus</i>	<i>M. curema</i>
Abertura de malla	35 mm	30 mm
Dimensiones caída/largo	1.5 m/500 m	1.5 m/300 m
Número de caladas	36	48
Duración total de la pesca.	360 hrs.	480 hrs.
No. de individuos intervalo 21-75 %	1633	
intervalo 27-66 %		1708
No. total de individuos	2653	3629
Tallas intervalos 21-75 %	181-351	
27-66 %		232-272
Talla de selección 50 %	323 (edad 4)	257 (edad 2)

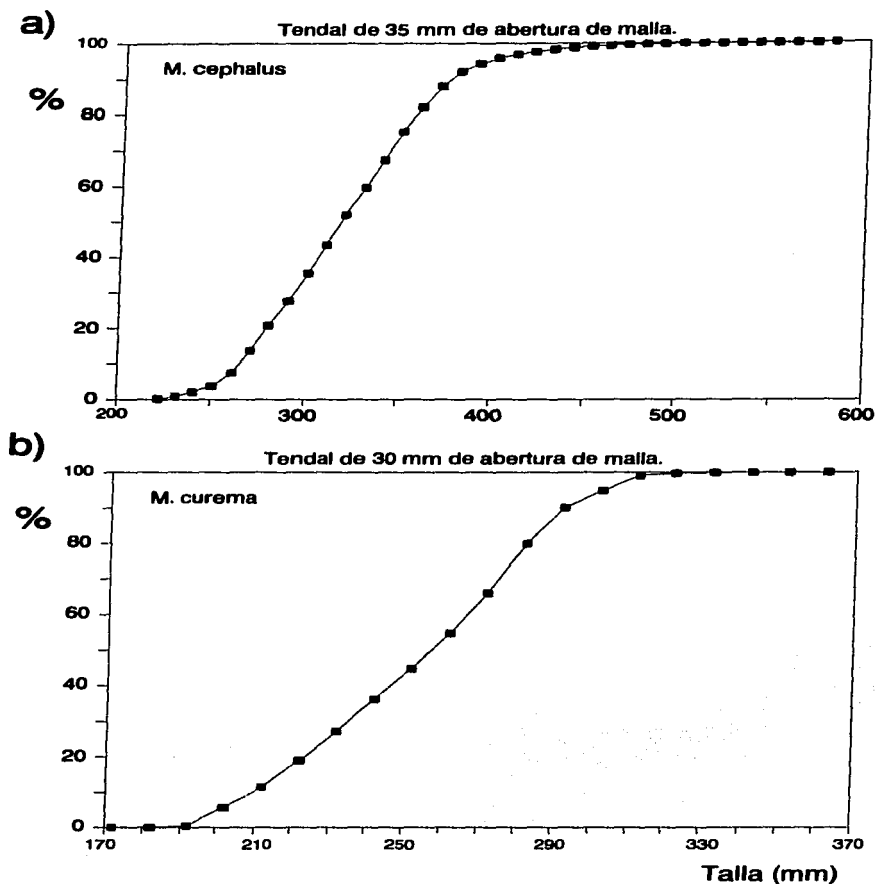


Figura 71. Curvas de selección usando tendales de:  
 a) 35 mm de abertura de malla para *M. cephalus*.  
 b) 30 mm de abertura de malla para *M. curema*.



## **Coexistencia mediada por variación temporal en el reclutamiento al área entre *Mugil cephalus* y *Mugil curema* en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México**

Resumen: Un análisis de las capturas de *M. cephalus* y *M. curema*, registradas entre 1982 y 1987, mostró que las épocas de desove de las dos especies eran contiguas, fenómeno que posiblemente indicaba la existencia de una exclusión competitiva. Para probar si el desfase observado en las épocas de reproducción de ambas especies era constante a través del tiempo, se realizaron análisis de series de tiempo, de autocorrelación y de correlación cruzada. Los resultados mostraron que existe, en efecto, estacionalidad en el desove de ambas especies; mientras que *M. cephalus* desova entre octubre y enero, *M. curema* lo hace entre enero y abril. Se propone que el desfase temporal de las épocas de reproducción ejerce un efecto atenuante sobre la presión de competencia por alimento, el cual está mediado por la diferencia en los tiempos de reclutamiento a la Laguna de Tamiahua. Así mismo, se sugiere que la explotación pesquera ha contribuido a disminuir la competencia interespecífica al abatir la densidad de ambas poblaciones.

El "principio de exclusión competitiva" establece que si dos poblaciones no se intercrucen, ocupando el mismo nicho ecológico, son simpátricas, y una puede al final excluir a la otra (Hutchinson, 1965). Por consiguiente, las especies simpátricas pueden diferir en algún aspecto de su nicho, y se dice que deben la divergencia de sus caracteres, a la competencia en el pasado (Zaret y Rand, 1971). Sin embargo, Hardin (1960) puntualizó que este principio se establece fácilmente en teoría, pero de hecho no es sujeto de rigurosidad que lo apruebe o desaprobe. Generalmente, este principio ha sido sustentado por evidencias indirectas, debido a que es un principio circular e improbable (Zaret y Rand, 1971), sin embargo, esto no ha reducido su uso.

No obstante, no es necesario explicar una competencia no observada en el pasado para postularla en el presente (Zaret y Rand, 1971), o cuando menos sugerir la estrategia de divergencia que posiblemente dió lugar a la coexistencia.

Se han presentado anteriormente (ver sección de Hábitos alimenticios) datos sobre la dieta y el hábitat de *M. cephalus* y *M. curema*, dos parámetros del nicho considerados como importantes. El nivel de especificidad con que han sido presentados los hábitos alimenticios permitió sugerir el incremento de niveles de competencia por alimento durante la época de secas de la laguna, debido a que es en esta época cuando los sobrelapamientos de dietas adquieren sus niveles mínimos. Así mismo, es razonable asumir que los cambios estacionales de la abundancia del recurso produce cambios en la intensidad de competencia entre los peces.

Es así como se presenta en este capítulo, la idea de la coexistencia de estas especies congéneres mediada por variaciones temporales en el reclutamiento entre *M. cephalus* y *M. curema* en la Laguna de Tamiahua, Veracruz.

El objetivo de esta sección es analizar las oscilaciones anuales de los volúmenes de captura de *M. cephalus* y *M. curema* en la laguna de Tamiahua, durante 6 ciclos anuales, como una medida de respuesta para medir la competencia.

Se presenta un análisis retrospectivo de los volúmenes de captura de *M. cephalus* y *M. curema*. Los datos fueron recabados directamente en las oficinas de la Secretaría de Pesca donde se registran las capturas realizadas en el complejo lagunar Tamiahua-Tampamachoco. Se separó la información por mes/año. Para los análisis que aquí se presentan se eligió el período comprendido entre 1982 y 1987, por ser este el más completo. Es muy importante mencionar que durante este período no existía ninguna restricción en la captura de estas especies y que, además ésta se llevaba a cabo exclusivamente dentro de la Laguna de Tamiahua.

Con el propósito de probar la presencia de estacionalidad en el desove de ambas especies se llevó a cabo un análisis de series de tiempo a través del Análisis Exploratorio de Datos (Tukey, 1977), con el suavizador 4253 HT, el cual es una técnica de suavizamiento robusta que puede revelar tendencias y patrones; así también se obtuvieron los residuos. Se realizó una transformación de la raíz cuadrada de los pesos de captura reconociéndose ésta como la más apropiada. Se empleó un análisis de autocorrelación con el objeto de identificar la relación de los valores de los datos consigo mismos en los 6 períodos anuales mencionados. Finalmente, se realizó un análisis de correlación cruzada entre los valores mensuales de captura de ambas especies, con objeto de determinar las posiciones de correspondencia pronunciada a retrasos sucesivos.

En general, en la Laguna de Tamiahua el desove de *M. cephalus* ocurre entre octubre y enero. Por su parte, *M. curema* desova entre enero y abril.

Los estudios disponibles en México y zonas cercanas de otros países sobre los hábitos alimenticios de estas especies son muy generales y no han sido realizados en la zona de estudio. Yáñez-Arancibia (1976) reporta que la población de *M. curema* en una laguna costera del

Pacífico se alimenta principalmente de detritos, sedimentos finos inorgánicos y algas filamentosas. Por su parte Darnell (1961) señala que la dieta de *M. cephalus* esta constituida fundamentalmente de detritos. De acuerdo con lo anterior, ambas especies pueden considerarse consumidores primarios. Kobelkowsky (1989), al comparar el sistema digestivo de las especies dominantes en la Laguna de Pueblo Viejo, México, sistema colindante con Tamiahua, refiere que ambas especies muestran una notable similitud en el aparato digestivo y que sus hábitos alimenticios son micrófagos. Así también Odum (1968) no detecta diferencias entre los contenidos estomacales de las dos especies en Georgia E.U.A., lo cual resulta evidente, pues no existen diferencias si los estudios refieren las dietas a través de grandes grupos taxonómicos.

Son numerosos los estudios sobre alimentación y características morfométricas del aparato digestivo de los Mugílidos (Thomson, 1954, Drake et al., 1984; Marais, 1980 y Luther 1962). Sin embargo, en estos trabajos solamente se hace referencia a *M. cephalus*.

En la figura 72 se observa que para *M. curema* los mayores volúmenes de captura se presentan entre enero y febrero, a excepción del período en donde el pico máximo se presenta en diciembre. Es muy notoria la periodicidad de los valores. Los valles que se observan en los meses de mayo, junio y julio corresponden con la época en la cual estos organismos se encuentran desovando en la zona costera del Golfo de México.

Aunque los valores máximos varían de un año a otro la periodicidad de los picos resulta evidente. Para *M. cephalus* el análisis de series de tiempo muestra que los mayores volúmenes de captura se presentan en el mes de octubre en forma cíclica.

En general, las capturas aumentan a partir de marzo, alcanzan un máximo en octubre y se reducen posteriormente para alcanzar los valores mas pequeños durante febrero.

Es importante mencionar que los mayores volúmenes de captura para ambas especies coinciden con la época de desove debido a que la gónada, llamada "hueva", es del mayor interés para los pescadores dada su importancia comercial. También es, en ésta época, cuando los organismos forman cardúmenes para llevar a cabo la "corrida reproductora" hacia el mar.



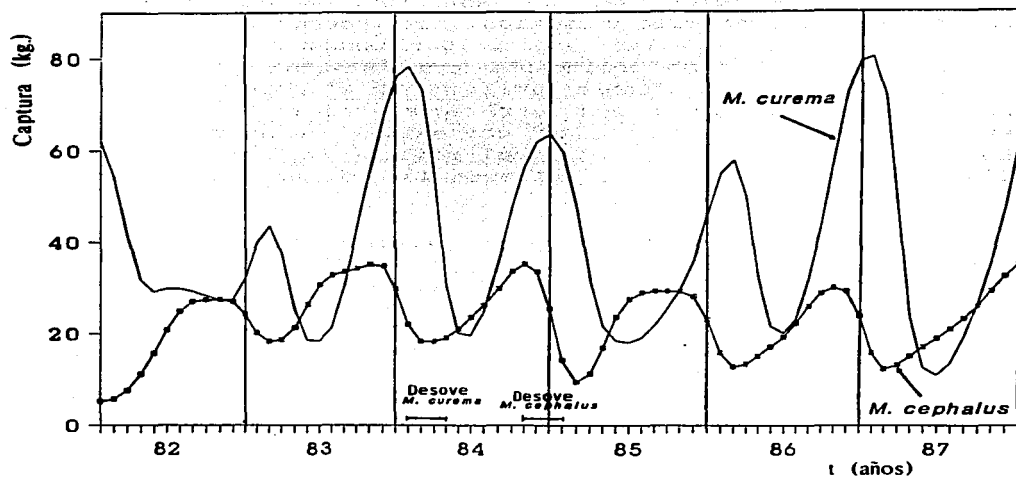


Figura 72. Series de tiempo (valores suavizados) de las capturas mensuales de *M. cephalus* y *M. curema*.

Los análisis de autocorrelación realizados para cada especie se presentan en la figura 73. El coeficiente de autocorrelación  $r$  está graficado contra el tiempo en intervalos mensuales (2 ciclos anuales).

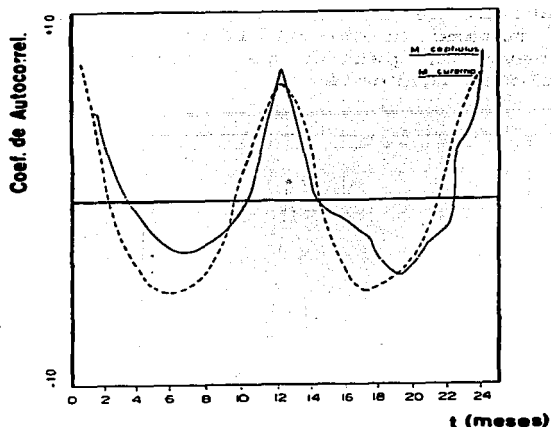


Figura 73. Coeficiente de autocorrelación de las capturas de *M. cephalus* y *M. curema*.

Aquí se aprecia claramente una estacionalidad bien marcada. En el caso de *M. curema* son 3 los valores mensuales con valores positivos de alta correlación en los meses de diciembre y enero, las correlaciones más bajas corresponden al mes de junio en ambos casos. *M. cephalus* presenta el mismo comportamiento con la notoria diferencia de que la dispersión de los valores positivos es menor, lo cual indica una temporada de reproducción más corta. La gráfica de correlación cruzada de las series de tiempo de ambas especies se muestra en la figura 74.

Dado que ambas series tienen un origen común y la misma escala de tiempo, es posible expresar la posición de las parejas de datos en valores de retrasos positivos y negativos con respecto a la posición original. La mayor correspondencia entre las dos series de tiempo tiene lugar en el retraso +3, lo que indica que los valores más altos de captura de ambas especies tienen 3 meses de retraso.

La correlación a este nivel da un valor de  $r=0.53$ . La segunda mayor correlación ( $r=0.48$ ) se da con un retraso de -9. Esto indica que el siguiente valor máximo tiene un retraso de 9 meses, con lo cual obtenemos de nuevo un patrón de estacionalidad bien marcada al completar 12 períodos mensuales.

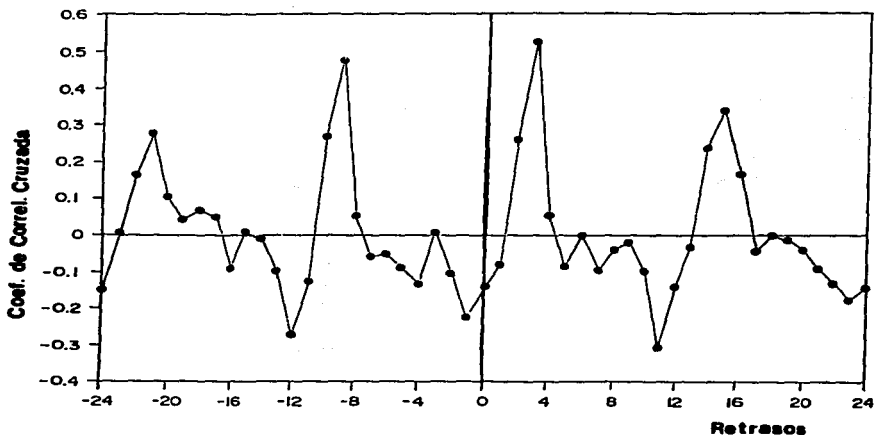


Figura 74. Correlación cruzada de los datos de series de tiempo.

La densidad de las poblaciones de *Mugil cephalus* y *M. curema* varían siguiendo un patrón anual bien definido que se repite a lo largo de los 6 años analizados. Existe un desfase de tres meses entre los máximos volúmenes de captura, los cuales coinciden con la época de desove de ambas especies. Para este comportamiento se piensa que, con el objeto de evitar la competencia, alguna de las especies seleccionó una parte diferente del habitat.

El estudio realizado por Marais (1980) muestra que los Mugílidos no solamente exhiben distintos períodos de alimentación sino que seleccionan el material diferenciando sus propiedades químicas y físicas. Así también Drake et al. (1984) concluyen que los Mugílidos pueden seleccionar diferentes tamaños de partículas según la especie.

Ambos autores describen detalladamente el aparato digestivo de las especies presentes en sus zonas de estudio y encuentran diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, Odum (1968) no detecta diferencias importantes entre los contenidos estomacales entre *M. cephalus* y *M. curema* y Kobelkowsky (1989) demuestra una notable similitud en el aparato digestivo. Así mismo, en el presente estudio se demuestra que las dietas de ambos Mugílidos son prácticamente idénticas.

Como se mencionó antes, el nivel de especificidad con que han sido presentados los hábitos alimenticios permitió sugerir el incremento de niveles de competencia por alimento durante la época de secas de la laguna, debido a que es en esta época cuando los solapamientos de dietas adquieren sus niveles mínimos. De manera que el desfaseamiento en las épocas de desove conduciría a reducir la posible competencia por alimento entre los nuevos reclutas, ya que estos ingresarían a la laguna con 3 meses de diferencia.

Cuando dos especies cercanas aparecen juntas en un mismo ambiente se manifiesta una tendencia hacia desarrollos opuestos dando lugar a una especialización divergente, relacionada con el uso del recurso por el cual se compite (Margalef, 1981). Además, ambas especies están sometidas a explotación pesquera, lo cual tiende a disminuir la densidad de ambas poblaciones de tal forma que reduzca la competencia y se pueda dar la coexistencia. Este planteamiento derivaría en un alivio en la competencia, puesto que la coexistencia absoluta no existe de hecho sino que entre *M. cephalus* y *M. curema* existe una separación temporal en el reclutamiento, lo cual conduce también a una separación en el espacio.

El desfaseamiento temporal de los reclutamientos propicia que la alimentación se lleve a cabo en períodos alternos. Se sabe que especies emparentadas a nivel de género o incluso de familia se mantienen alejadas entre sí, debido a que la competencia es particularmente intensa entre formas afines. Es de esta manera que se observa que para *M. curema* en aguas cubanas el comportamiento reproductivo es diferente al que presenta en la laguna de Tamiahua, México. Mientras que para este estudio la época de reproducción de *M. curema* sucede entre enero y abril, en Cuba la especie presenta dos épocas de reproducción; de junio a agosto y de noviembre a enero. Este comportamiento reproductivo se presenta en ausencia de *M. cephalus* (Alvarez, 1976). Se prueba así que siendo ambientes geográficamente muy cercanos la misma especie (*M. curema*) cambia su comportamiento reproductivo, dando así un alivio a la

posible competencia y permitiendo una coexistencia con su congénere. De esta forma se muestra que aunque las formas afines son ecológicamente incompatibles y su incompatibilidad es tanto mas profunda cuanto mas estrechamente afines son, la coexistencia puede darse a través de varios mecanismos.

Desde el punto de vista de Hutchinson (1965), las especies que compiten pueden coexistir como resultado de cambios en el medio que contrarrestan la superioridad competitiva de las especies. La idea de perturbación contemplaría el hecho de que un factor densoindependiente regule la densidad de población de alguna de las especies involucradas en la competencia o también el que alguna de las especies se encuentre limitada durante alguna fase de su ciclo de vida, en este caso se daría lugar a una reducción de la competencia. Un factor densoindependiente muy importante en la zona de estudio, son los fuertes vientos del norte (que provocan fuertes lluvias e importantes movimientos de agua en el Golfo de México), que se presentan de septiembre a marzo, anualmente. Aunque no existen estudios al respecto, se podría pensar que son un factor de regulación importante sobre la densidad poblacional de estas especies. Así mismo, se explicarían las pequeñas variaciones temporales en el desove de ambas especies con respecto a los diferentes años.

## **Conclusiones generales**

La discusión de cada capítulo permite establecer las siguientes conclusiones generales:

### **Análisis de la forma**

*M. cephalus* presenta dimorfismo sexual, a diferencia de *M. curema*, hecho que se comprobó con los análisis de Correspondencias y Canónico de Poblaciones con el procedimiento TA (transformados y agrupados).

La prueba de t empleada señaló que existe mayor diferencia entre las alometrias entre los sexos de *M. cephalus* a diferencia de *M. curema*.

Las variables morfométricas que influyeron mayormente en la diferenciación de las especies y los sexos fueron: el grosor (Grosor), la longitud preanal (LPA) y la longitud cefálica (Lc).

### **Determinación de la edad y análisis de crecimiento**

Para *M. cephalus*, a través del análisis de los anillos de crecimiento de las *sagittae*, pudieron obtenerse 5 grupos de edad, mientras que para *M. curema* se obtuvieron 6 grupos.

En el caso de *M. cephalus* el porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento rápido en los bordes fue mayor durante los meses de marzo a agosto, mientras que el mayor porcentaje con bandas de crecimiento lento en los bordes fue de octubre a febrero.

En *M. curema* los meses de crecimiento rápido se presentaron más frecuentemente de julio a noviembre y de crecimiento lento de diciembre a mayo.

La formación de las bandas de crecimiento lento coincidieron con la época de predesove y desove en ambas especies.

De los métodos de frecuencias de tallas empleados- Petersen (1892), Cassie (1954), y Bhattacharya (1967)- éste último proporcionó los resultados mas próximos a los realizados por la lectura de otolitos en ambas especies de Mugílidos.

Con el método de Petersen se determinó que los individuos de cada generación, nacidos durante los meses de noviembre y diciembre en *M. cephalus* y de febrero y marzo para *M. curema*, se reclutan a la pesquería en junio y julio, con tallas modales de 270 mm y 210 mm para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente.

Para *M. cephalus* el mejor ajuste a la ecuación de von Bertalanffy, para el primer grupo de edad, se logró a partir de los datos del retrocálculo que considera el crecimiento alométrico.

La relación talla peso fue:

*Mugil cephalus*

*Mugil curema*

$$W = 3.29 \cdot 10^{-5} (L)^{2.8}$$

$$W = 1.12 \cdot 10^{-5} (L)^{2.86}$$

para los peces enteros, y

*Mugil cephalus*

*Mugil curema*

$$W = 3.79 \cdot 10^{-5} (L)^{2.75}$$

$$W = 1.06 \cdot 10^{-5} (L)^{2.84}$$

para los peces eviscerados.

La curva teórica de crecimiento que más se asemeja a los valores observados por medio de la lectura de las *sagittae* fue la obtenida por medio del Fishparm (1987) ajustada mediante la ecuación de Beverton (1954) para *M. cephalus* y de Fishparm (1987) para *M. curema*.

Los parámetros del crecimiento son los siguientes:

	<i>M. cephalus</i>	<i>M. curema</i>
Talla máxima	$L_{\infty} = 642.4 \text{ mm}$	$L_{\infty} = 461.4 \text{ mm}$
Peso entero máximo	$W_{\infty} = 2\ 352.12 \text{ g}$	$W_{\infty} = 844.73 \text{ g}$
Peso eviscerado máx.	$W_{\infty} = 1\ 986.27 \text{ g}$	$W_{\infty} = 736.89 \text{ g}$
Coef. catabólico	$k = 0.099$	$k = 0.14$
Edad teórica a longitud cero	$t_0 = -1.85$	$t_0 = -2.62$

El límite de longevidad ( $A_{0.95}$ ) o la edad requerida para alcanzar el 95 % de  $L_{\infty}$ , es de 28.3 y 18.7 años para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente.

Se presentaron diferencias importantes en las tasas de crecimiento de *M. cephalus* para otras zonas de estudio. Se considera que estas diferencias se deben a los métodos de determinación de edad y a probables estrategias de sobrevivencia de la especie.

Las hembras de *M. cephalus* crecen, en general, ligeramente más rápido que los machos, mientras que para *M. curema* las hembras crecen más rápidamente en los primeros tres años, a partir del cual se equipara el crecimiento.

Los parámetros del crecimiento por sexo fueron los siguientes:

<i>Mugil cephalus</i>		
	Hembras	Machos
$L_{\infty}$ =	622.9 mm	603.9 mm
$k$ =	0.107	0.105
$t_0$ =	- 1.67	- 1.98
$A_{0.95}$ =	26.2 años	26.5 años

<i>Mugil curema</i>		
	Hembras	Machos
$L_{\infty}$ =	454.6 mm	411.8 mm
$k$ =	0.135	0.187
$t_0$ =	- 2.94	- 2.03
$A_{0.95}$ =	19.2 años	14.0 años

## Reproducción

La proporción de sexos para *M. cephalus* fue de 1:1.1 macho/hembra.

La proporción de sexos para *M. curema* fue de 1:1.4 macho/hembra.

La época de desove se presentó durante los meses de noviembre a febrero para *Mugil cephalus* y de febrero a mayo para *M. curema*.

*M. cephalus* muestra un período de desove en el Golfo de México que se presenta durante el otoño e invierno, coincidiendo con la época de "nortes" en el Golfo de México.

En *Mugil cephalus* los machos alcanzan la madurez sexual a los 280 mm y las hembras a los 299 mm (3 años), para *M. curema* la talla de desove fue de 181 y 208 mm que corresponden a una edad de 0 y 1 años, para machos y hembras, respectivamente.



Las relaciones alométricas: fecundidad absoluta-longitud total (F-L); fecundidad absoluta-peso vivo del pez (F-W) y fecundidad absoluta-peso de la gónada (F-Wg) obtenidas por Regresión Lineal Resistente fueron:

*Mugil cephalus*

$$F = 3.86 L^{2.04}$$

$$F = 16.73 \cdot 10^3 W^{0.6}$$

$$F = 30.92 \cdot 10^4 Wg^{0.23}$$

*Mugil curema*

$$F = 1.27 \cdot 10^{-3} L^{3.26}$$

$$F = 8.67 \cdot 10^2 W^{1.04}$$

$$F = 17.69 \cdot 10^3 Wg^{0.82}$$

La fecundidad absoluta para *M. cephalus* fue del rango de 540,706 a 1,483 056 ovocitos, para hembras de entre 380 - 492 mm de talla.

El valor promedio de la fecundidad relativa para *M. cephalus* fue de 1,680 huevos/gr., mientras que los valores máximo y mínimo encontrados fueron de 4,776 y 680 huevos/gr.

La fecundidad absoluta para *M. curema* fue del rango de 82,278 a 379,992, para hembras de entre 208 - 320 mm de talla.

El valor promedio de la fecundidad relativa para *M. curema* fue de 1,064 huevos/gr.

## Indices morfofisiológicos

Para ambas especies el factor de condición de Clark disminuyó a través de la edad, decremento que fue muy importante durante el primer año de vida.

La relación alométrica de la longitud para cada clase de tallas, vs. el peso del hígado fue:

*Mugil cephalus*

$$Wh = 1.67 \cdot 10^{-7} (L)^3$$

*Mugil curema*

$$Wh = 2.86 \cdot 10^{-9} (L)^{3.64}$$

La relación logarítmica entre la talla y el peso del hígado fue lineal y la alometría positiva para ambas especies.

La maduración del ovario de *M. cephalus* ocurre durante los meses de noviembre y diciembre. Para *M. curema* la maduración de la gónada femenina se inició en enero, alcanzó sus mayores valores en marzo y abril y declinó en el mes de mayo.

El índice gonadosomático (IGS) de *M. curema* fue mucho más pequeño a diferencia de los valores que mostró *M. cephalus*, lo cual señala la importancia de la hueva de esta última especie desde el punto de vista comercial.

Para *M. curema* los valores mas bajos del índice hepatosomático (IHS) y el factor de condición (K) se relacionaron estrechamente con la fase final del desove.

El índice hepatosomático (IHS) no fue el mejor indicador del desove de *M. cephalus*, debido a la acumulación de grasa observada en la cavidad abdominal en los meses previos.

## Hábitos alimenticios

En términos anuales y de grandes grupos taxonómicos se observó un gran parecido en la dieta de ambos Mugílidos, con dominancia de diatomeas penales bénticas.

El nivel de especificidad con que fueron presentados los hábitos alimenticios permitió diferenciar ligeramente las dietas de ambas especies de Mugílidos.

Con relación al tamaño promedio de partículas en el contenido estomacal de ambas especies, se pudo observar que los rangos de selección fueron muy estrechos. Razón que confirma su escasa selectividad al grupo de diatomeas.

El nivel de competencia de estas especies se incrementa durante la época de secas de la laguna.

## Mortalidad

Los valores de la mortalidad total para *M. cephalus* y *M. curema* fueron de 0.27 y 0.85 y los de la sobrevivencia de 0.53 y 0.15, respectivamente.

La mortalidad natural obtenida para *M. cephalus* fue de 0.106 y para *M. curema* de 0.16.

Las tasas de mortalidad natural para cada sexo fueron las siguientes:

<i>Mugil cephalus</i>	<i>Mugil curema</i>
Hembras= 0.114	Hembras= 0.156
Machos= 0.113	Machos = 0.213

**Coexistencia mediada por la variación temporal en el reclutamiento al área entre *Mugil cephalus* y *Mugil curema* en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México**

Para *M. cephalus* el análisis de series de tiempo mostró que los mayores volúmenes de captura se presentaron en el mes de octubre. Así mismo para *M. curema* estos valores se presentaron entre enero y febrero, de forma cíclica para ambas especies.

Las capturas de las poblaciones de *Mugil cephalus* y *M. curema* variaron siguiendo un patrón anual bien definido que se repitió a lo largo de los 6 años analizados, presentando un desfase de tres meses entre los picos máximos de captura.

El nivel de especificidad con que fueron presentados los hábitos alimenticios permite sugerir el incremento de niveles de competencia por alimento entre estas especies durante la época de secas de la laguna.

## Referencias bibliográficas

- Abel, R., 1971. The trophic ecology of *Cottus gobio*. Ph. D. Thesis, Oxford University, 137 p.
- Albertini-Barhaut, J., 1974. Biologie des stades juvéniles de Téléostéens Mugilidae *Mugil auratus* R. 1810, *Mugil capito* C. 1829 et *Mugil saliens* R. 1810. II Modifications du régime alimentaire en relation avec la taille. *Aquaculture*, 4: 13-27.
- Al-Dahan, N.K. and N.K. Wahab., 1991. Age, growth and reproduction of the greenback mullet, *Liza subviridis* (Valenciennes), in an estuary in Southern Iraq. *J. Fish. Biol.* 38: 81-88.
- Aleev, Y.G., 1963. *Funcion and gross morphology in fish*. Ed. V.A. Vodyanitskii, Moscú.
- Alessio, G., 1976. Riproduzione artificiale e piscicoltura intensiva di specie ittiche marine come possibilità di sfruttamento della laguna di Orbetello. *Ateneo Parmense, Acta Nat.* 12: 315-32.
- Allen, K. R., 1966. A method of fitting growth curves of the Von Bertalanffy type to observed data. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 23 (3): 163-277.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1974. Contribución al estudio del ciclo de vida de *Mugil curema* Valenciennes in Cuvier et Valenciennes, 1836 (Teleostomi: Mugilidae). Tesis, *Universidad de la Habana, Cuba*. 116 p. 28 fig. y 64 Tablas.
- Alvarez-Lajonchere, L.S., 1976. Contribución al ciclo de vida de *Mugil curema* Valenciennes in Cuvier et Valenciennes, 1836 (Pisces, Mugilidae). *Ciencias, Ser. 8, Rev. Invest. Mar.*, (28): 1-130.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1978a. La pesquería de las lisas (Pisces, Mugilidae) en Tunas de Zaza, Cuba. *Ciencias, Ser. 8, Rev. Invest. Mar.*, (36): 1-86.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1978b. Alimentación natural de *Mugil liza*, *Mugil curema*, *Mugil trichodon* y *Mugil hospes*. (Pisces, Mugilidae) en las lagunas costeras de Tunas de Zaza, Cuba. *Ciencias Ser. 8 Rev. Invest. Mar.*, (41): 3-37.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1978 c. Algunos aspectos sobre la reproducción de *Mugil liza* (Pisces, Mugilidae) en Tunas de Zaza, Cuba. Primer Forum Científico. Centro de Investigaciones Pesqueras. Abril de 1978. CIP 78. IV/I: 17 p.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1979. Estudios de las lisas (Pisces, Mugilidae) en Cuba, con especial atención al género *Mugil* Linne; la biología pesquera de las especies predominantes y la evaluación de sus potencialidades para ser sometidas a cultivo. Resumen de Tesis doctoral. Univ. de la Habana, Fac. de Biol. Centro de Inv. Mar.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1980. Estudio de las lisas (Pisces, Mugilidae) en Cuba con especial atención al género *Mugil* (Linne) la biología pesquera de las especies predominantes y la evaluación de sus potencialidades para ser sometidas a cultivo. Tesis de candidato a Doctor en Ciencias, *Universidad de la Habana*, enero de 1980, La Habana 100pp, 108 figs., 182 tablas.
- Alvarez-Lajonchere, L., 1981. Determinación de la edad y del crecimiento de *Mugil curema*, *M. hospes*, *M. trichodon* y *M. liza*. *Rev. de Invest. Marinas Univ. Habana, Cuba*, 2: 142 - 162.
- Alvarez-Lajonchere, L.S., 1982. The fecundity of mullet (Pisces, Mugilidae) from Cuban waters. *J. Fish. Biol.* 21: 607-613.
- Amescua-Linares, F., 1971. Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero del Huixtache-Caimanero, Sinaloa, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 4 (1): 1-26.
- Anderson, W.W., 1957. Citado por: Oren, O.H. (Ed.), 1981.
- Anderson, W.W., 1958. Larval development, growth and spawning of striped mullet (*Mugil cephalus*) along the South Atlantic coast of the United States. *Fish. Bull. U.S. Fish. Wildl. Serv.* 56 (144): 500-19.
- Angell, C.L., 1973. Algunos aspectos de la biología de la lisa *Mugil curema* Valenciennes en aguas hipersalinas del nororiente de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat.* 96: 223-37.
- Anokhina, L.E., 1959. Relation between fecundity and fat content in *Clupea harengus membras* L. *Dokl. Akad. Nau SSSR*, 129: 6. In: Kartas, F et J.P. Quignard, 1984. *La Pécudité des poissons téléostéens*. Paris: Masson. 121 p.
- Arnold, E.L. and Thompson, J.R., 1958. Citado por: Oren, O.H. (Ed.), 1981.
- Ayala-Castañeras, A., 1959. Datos comparativos de la geología marina de tres lagunas litorales del Golfo de México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*, 40 Ser. Cienc. del Mar y Limnol. (1): 1-10.
- Ayala-Castañeras, A. y L.R. Segura., 1981. Foraminíferos recientes de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 8 (3): 103-158.
- Bagenal, T.B., 1973. Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. *Repp. P. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 164: 186-198.
- Bartlett, M.S., 1937. The statistical conception of mental factors. *British Journal of Psychology* 28: 97-104.
- Bhattacharya, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23 : 115-125.
- Bernard, D.R., 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *J. Fish Aquat. Sci.*, 38: 233-36.
- Berra, T.M., 1981. *An Atlas of Distribution of the Freshwater Fish Families of the world*. Lincoln, Univ. Nebraska Press. 197 pp.
- Berg, L.S., 1965. *Freshwaters fishes of the USSR and the adjacent countries*. Ier. Progr. Scient. Transl., Jerusalem.

- Beverson, R.J.H., 1954. Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. *U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Lab., Bethesda, Misc. Contrib.*, 2: 181 p.
- Beverson, R.J.H. and S.J. Holt., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Inv. ser. II, XIV*: 1-533.
- Bilton, H.T. and Robbins., 1971. Effects of feeding level on circulus formation on scales of young sockeye salmon. (*Oncorhynchus nerka*). *J. Fish Res. Bd. Can.* 28: 861-868.
- Bisquerre, R., 1989. Introducción conceptual al Análisis Multivariable. *Un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD*. Vol 1 y II. Barcelona: PPU
- Blaber, S.J.M., 1977. The feeding ecology and relative abundance of mullet (*Mugilidae*) in Natal and Pondoland estuaries. *Biol. J. Linn. Soc.* 9: 259-275.
- Boths, L., 1970. The growth of the Cape hake *Merluccius capensis*. *Investl. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr.* 82: 9pp.
- Boths, L., 1971. Growth and otolith morphology of the Cape hake *Merluccius capensis*, East. y *M. paradoux* Franca. *Investl. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr.* 97: 32 pp.
- Brader, C.M., 1940. Citado por: Oren, O.H. (Ed.) , 1981.
- Broadhead, G.C., 1953. Investigations of the black mullet *Mugil cephalus* L. in northwest Florida. *Florida St. Board Conserv. Mar. Lab. Tech. Ser.* 7: 1-33.
- Broadhead, G.C. and Mafford., 1954. Citado por Thompson, 1963.
- Broadhead, G.C., 1958. Growth of the black mullet (*Mugil cephalus* L.) in the W. and NW Florida. *Florida St. Board Conserv. Mar. Lab. Tech. Ser.* 25: 1-29.
- Brusle, J., 1981. Sexuality and biology of reproduction in grey mullets. EN: Oren, O.H. (Ed.) 1981. *Aquaculture of Grey Mullet*. Cambridge Univ. Press. 507 pp.
- Buena, R.J., 1977. Método basado en la teoría de la información para calcular el tamaño de la muestra en animales marinos. *An. Ciencias del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 1 (1): 99-106.
- Brillouin, L., 1962. *Science and Information Theory*. 2 Ed. Academic Press, New York.
- Bruhnet, J., 1974. Situation et perspectives des pêcheries du mullet-jaune de Mauritanie. *Pêche Marit.* (1159): 702-6.
- Bruhnet, J., 1975. Observations on the biology of *Mugil cephalus* ashetenseis and the possibility of its aquaculture on the Mauritanian coast. *Aquaculture*, 5: 271-81.
- Camargo, E.P. y C.F. Miguez., 1983. Aspectos citológicos do saturacao gonadal do *Mugil liza* e *Mugil curema*. *MEMAR, Atlantica. Univ. Fed. do Santa Catarina, Brazil*, 5 (2): 1-20.
- Caldwell D.K. and Anderson W.W., 1959. Citado por: Oren, O.H. (Ed.) , 1981.
- Castillo-Capitán, G., 1988. Aspectos reproductivos de la liza (*Mugil cephalus* Linnaeus) en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Tesis Profesional. Univ. Veracruzana. 27 p.
- Cassie, R.M., 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 5 (3): 813-822.
- Castro-Aguirre, J.L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zogeográficos y ecológicos. *Serie Científicas No. 18, SEPESCA, México.*
- Cech, J.J., Jr. and D.E. Wohlschlag., 1975. Summer growth depression in the striped mullet, *Mugil cephalus*. *Contrib. Mar. Sci.* 18:92-100.
- Clark, F., 1928. The length -weight relationship of the Californian sardine (*Sardina coerulea*) at San Pedro. *Fish Bull. U.S.*, 12.
- Cleve-Euler, A., 1951. Die diatomen von Schweden und Finnland. *K. Sven. Vet. Hand. Stockolm.* 2 (1): 1- 163, 294 figs.
- Cleve-Euler, A., 1952. Die diatomen von Schweden und Finnland. *K. Sven. Vet. Hand. Stockolm.* 3 (3): 1-153, figs. 1318-1583.
- Cleve-Euler, A., 1953a. Die diatomen von Schweden und Finnland. *K. Sven. Vet. Hand. Stockolm.* 4(1): 1-158, figs. 292-483.
- Cleve-Euler, A., 1953b. Die diatomen von Schweden und Finnland. *K. Sven. Vet. Hand. Stockolm.* 4 (3): 1-225, figs. 484-970.
- Collins, M.R. and B.W. Stender., 1989. Larval striped mullet (*Mugil cephalus*) and white mullet (*Mugil curema*) of the southeastern United States. *Bull. Mar. Sci.* 45 (3): 580-589.
- Contreras, F., 1981. Algunos índices de la productividad primaria en la laguna de Tamiahua, Ver. México. *Memorias del VII Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica.* México.
- Contreras, F., 1985. Las lagunas costeras mexicanas. *Centro de Ecodesarrollo. SEPESCA, México*, 130-131.
- Corti, M., R.S. Thorpe, L. Sola, V. Sbordoni and S. Cataudelli., 1988. Multivariate morphometrics in aquaculture: A case study of six stocks of the common carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1548- 1554.
- Cruz, R., 1966. Sedimentología de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Tesis Prof. *Esc. Sup. Ing. y Arg. Inst. Pol. Nat.*, 100 p.
- Cruz, R., 1968. Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geol. Bol.* 88: 1-47.

- Cuadras, C.M., 1991. *Métodos de Análisis Multivariante*. Barcelona: PPU.664 pp.
- Cunningham, P.T.M. y R.P. Paola., 1983. Aspectos do ciclo do vida do *Mugil curema* e *Mugil liza* na lagoa da Conceição, S. C. Atlântica Univ. Fed. do Santa Catarina, Brazil, 5 (2): 1-33.
- Cupp, E.E., 1943. Marine plankton diatoms of the west of North America. *Bull. Scrip. Inst. Ocean.* 5 (1): 1-238.
- Curtis, J., 1986. El diagrama de tallo y hoja. *Biología.* 15 (1-4): 7-12.
- Dahl, G., 1971. *Los peces del norte de Colombia*. INDERENA, Bogotá, Colombia, 391 p.
- Dannevig, H.C., 1902. The sea mullet, *Mugil dobuis* Gunther. *Rep. Fish. NSW*, (2), 26-33.
- Darnell, R.M., 1961. Trophic spectrum of an estuarine community based on studies of Lake Pontchartrain, Louisiana. *Ecology* 42 (3): 353-416.
- De Silva, S.S. and E.I.L. Silva., 1979. Biology of young grey mullet, *Mugil cephalus* L., populations in a coastal lagoon in Sri Lanka. *J. Fish. Biol.* 15: 9-20.
- De Silva, S.S., 1980. Biology of grey mullet: a short review. *Aquaculture*, 19 : 31-36.
- Díaz P. E. y S. Hernández., 1980. Crecimiento, reproducción y hábitos alimenticios de la lisa *Mugil cephalus* en la Laguna de San Andrés, Tamps. An. *Esc. Nat. Cienc. Biol.*, México. 23: 109-127.
- Doi, T., 1976. Análisis matemáticos de las poblaciones pesqueras. Compendio para uso práctico. *INP, México, Serie 12:* 1-95.
- Drake, P., A.W. Arias y R.B. Rodríguez., 1984. Biología de los mugilidos (Osteichthyes, Mugilidae) en los esteros de las salinas de San Fernando, Cádiz. *Inst. Inv. Pesq.*, 48 (2): 139-155.
- Duenas, C., 1981. Contribución al conocimiento de la biología de la lebrancha (*Mugil curema*, Val.). *Simp. de Ocean. Biol., Acapulco, Gro., Mexico, Esc. Nat. Cienc. Biol. I.P.N., Mexico*.
- Edimar, C.L.A., 1973. Algunos aspectos de la biología de la lisa *Mugil curema* en aguas hipersalinas del Nororiente de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. nat. contrib.* 51: 23-38.
- Edwards R.E.C., 1973. Production ecology of two Caribbean marine ecosystems. I. Physical environment and fauna. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.* 1: 303-318.
- El Naghraby, A.M., M. T. Hashem and H.M. El Sedky., 1974. sexual maturity, spawning migration and fecundity of *M. capito* in Lake Borullus. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish. ARS*, 4: 35-56.
- Erman, F., 1959. Observation on the biology of the common grey mullet (*Mugil cephalus*). *Proc. Tech. Pap. Gen. Fish. Council. Meditar.* 5: 157-69.
- Etcheverá, S.L., 1974. Fecundidad de la lisa (*Mugil curema*, Val.) en el oriente de Venezuela. *Bol. Cient. y Tec., S.R.N.* 2 (1): 13p.
- Ezzat, A., 1964. Contribution a l'étude de la biologie des Mugilidae de la region de l'étang de Berre et de Port de Bouc. *Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume*, 47 (11): 187-203.
- Ezzat, A., 1965. Contribution a l'étude de la biologie de quelques Mugilidae de la region de l'étang de Berre et de Port de Bouc. *Marseilla Thesis*.
- Farrugio, H., 1975. Les muges (Poissons, Téléostéens) de Tunisie. Répartition et pêche. Contribution a leur étude systématique et biologique. *Thesis Université des Sciences et Techniques de Montpellier*.
- Farrugio, H. et J.P. Quignard., 1973. Biologie de *Mugil (Lisa) ramada* Risso, 1826 et de *Mugil (Chelon) labrosus* Risso, 1826 (Poissons, Téléostéens, Mugilidés) du Lac de Tunis. *Age et croissance. Bull. Inst. Océanogr. Peche Salambo*, 3 (1-4): 139-52.
- Fishparm, 1987. *Nonlinear Parameter Estimation for Fisheries*. Version 2.18. By: Preger, M.H.
- Foged, N., 1975. Some littoral diatoms from the coastal of Tanzania. *Bibliotheca Phycologica*, 16: 65 p. 31 pls.
- Fontana A., 1969. Etude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella sba* (Val.) et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, ser. Océanogr.*, 7 (2): 101-114.
- Folk, R.L. and W.C. Ward., 1957. Braxos bar, a study in the significance of grain size parameters. In: *Manual Operativo de Geología Marina*, 1990. Dirección General de Oceanografía Naval. Secretaría de Marina. Inv. Ocean. / G. Publ. Esp. Nda. 1.
- Ford, E., 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933. *J. Mar. Biol. Ass. UK. NS.* 19: 305-384.
- Freixa, M., L. Salafranca, J. Guardia, R. Ferrer y J. Turbany., 1992. *Análisis exploratorio de datos: nuevas técnicas estadísticas*. Barcelona, PPU.296 p.
- Fritz, E.S., 1974. Total diet comparison in fishes by Spearman rank correlation coefficients. *Copeia* 1974: 210-214.
- Fulton, T., 1902. Rate of growth of sea-fishes. *Sci. Invest. Fish. Div. Scot. Rep.* 20.
- Gallardo C.M., 1980. Características biológicas de *Physic biennoides* (Brünnich, 1768) con especial referencia a algunas modificaciones debidas al efecto de la explotación pesquera. *Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Barcelona, España.* 420 p.
- Gallardo C.M., 1982. Los recursos alimenticios del mar. *Ciencia y Desarrollo. México.* 43: 51-54.

- García, S., 1980. Contribución al estudio de la pesquería de lisa (*Mugil cephalus* L.) en la laguna de Tamiahua, Ver., I.N.P. de la SEPES 28 p.
- García S.S., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Inst. Geografía. Univ. Nal. Autón. México. 246 p.
- García, S.S., 1974. Los recursos pesqueros regionales de Tuxpam, Ver. a Tampico, Tamps. y su posible industrialización. INP. México. 26-27.
- García, S.S., 1982. Contribución al conocimiento de la biología de la lebrancha (*Mugil curema* V.) y de la lisa (*Mugil cephalus* L.) del sur de Tamaulipas. Proyecto escama del Golfo de México, zona N.E. Centro de Investigaciones Pesqueras de Tampico, Tamps. INP. 41 p.
- González, J., 1994. Hábitos alimenticios de *Mugil cephalus* y *M. curema* a nivel de grandes grupos taxonómicos en la laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis Profesional Fac. Ciencias Univ. Veracruzana, México.
- Grant, C.J. and A.V. Spain., 1975. Reproduction, growth and size allometry of *Mugil cephalus* L. (Pisces: Mugilidae) from North Queensland inshore waters. Aust. J. Zool. 23: 181-201.
- Quitart, P., 1975. Sinopsis de los peces marinos de Cuba. Tomo II. La Habana. Academia de Ciencias de Cuba. Inst. de Oceanología 323 p.
- Gulland, J.A., 1964. Manual of methods of fish population analysis. FAO Fish. Tech. Paper. No. 40, 60 pp.
- Gulland, J.A., 1965. Manual of methods for fish stock assessment. Part I: fish population analysis. FAO Fish. Tech. Paper. 40. Rev. 1.
- Gunter, G., 1945. Studies on marine fishes of Texas. Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Texas, 1 (1): 1-90.
- Gutiérrez, M. P. y F. E. Contreras., 1981. Comportamiento estacional de la hidrología y nutrientes de la laguna de Tamiahua, Ver. *Memorias VII Simp. Latinoamer. Oceanogr. Biol.*: 23- 27.
- Quzmán-Martínez, M.C., 1992. Determinación de la fecundidad en la lisa *Mugil cephalus* (Línea, 1758) y la lebrancha *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Info. Serv. Social. OAN-Itzapalapa*.
- Hardin., 1960. Citado por: Zaret, T.M., and A.S. Rand., 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecol.* 52 (2): 336-342.
- Hasle, G.R., 1964. *Nitzschia* and *Fragilaria* species studied in the light and electron microscopes. I. some marine species of the groups *Nitzschia* and *Lanceolatae*. *Skr. Norske Vidensk. Akad. I. Nat. Nat. Kl.* 16: 1-48.
- Hasle, G.R., 1965. The group *Pseudonitzschia*. *Skr. Norske Vidensk. Akad. I. Nat. Nat. Kl.* 18: 1-45.
- Hasle, G.R. and G.A. Frixell., 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Trans. Am. Soc.* 89 (4): 469-474.
- Meldt, H., 1948. Contribution a l'étude de la biologie des muges des lacs Tunisiens. *Bull. Stn. Oceanogr. Salammo*, 41: 1-35.
- Nickling, C.F., 1970. A contribution to the natural history of the English grey mullet (Pisces, Mugilidae). *Journal Mar. Biol. Ass. U.F. Great Britain*. 50: 609-633.
- Noese, 1965. Citado por Moore, 1974.
- Norn, H.S., 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *Amer. Nat.* 100: 419-424.
- Hubbs, C.L., 1921. Remarks on the life history and scale characters of American mullets. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 40: 26-7.
- Mureau, J.C., 1970. Biologie comparée de quelques poissons antarctiques. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*. 68 (1391): 224.
- Hustedt, F., 1930. Die Sosswasser-Flora Mitteleuropas. EN: Pascher, A. (Edit.) *Bacillariophyta (Diatomeae)*. Fisher, 4. Germany. 466 p.
- Hustedt, F., 1961-1966. Die Kieselalgen: Deutschlands, Ostseereichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Meeresgebiete. Rabenhorst, L. (Edit.) *Kryptogamen Flora. Akad. Ver. Leipzig*, 7 (3): 816.
- Hutchinson, G. E., 1965. *The ecological theatre and the evolutionary play*. Yale Univ. Press, New Haven.
- Ibáñez, A.L. y R. Campon., 1991. Análisis de las pesquerías en Veracruz. De 1981 a 1988. *Hidrobiológica*. 1 (1): 36-48.
- Ibáñez, A.L., 1993. Coexistence of *Mugil cephalus* and *M. curema* in a coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *J. Fish. Biol.* 42 (6): 959-961.
- Ilin, B.C., 1949. *M. cephalus* L. *M. auratus*, *M. salient* Risso. In the industrial fishes of USSR, Moscow.
- Jacob, P.K. and B. Krishnamurthi., 1948. Breeding and feeding of mullets *Mugil* in Ennore Creek. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.* 47: 663-8.
- Jacot, A.P., 1920. Age, growth and scale characters of the mullet *Mugil cephalus* and *Mugil curema*. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 39 (3): 159-230.
- Jakobson, J., H. Vilhjalmsson and S.A. Schopka., 1969. On the biology of the icelandic herring stock. *Rit. Fiskideldar*. 4 (6): 1-16. In: Kertas, F et J.P. Quignard, 1964. *La Pêche des poissons téléostéens*. Paris: Masson. 121 p.
- Jordan, D.S. and Evermann., 1896. The fishes of north and middle America; a descriptive catalogue of the species of fish like vertebrates found in the waters of North America, north of the Isthmus of Panama. *Bull. U.S. Nat. Mus.* 47 (14): 1-3313.

- Kartas, P et J.P. Quignard., 1984. *La Fécondité des poissons téléostéens*. Paris: Masson. 121 p.
- Keast, A., 1968. Feeding of some Great Lakes fishes at low temperatures. *J. Fish Res. Bd. Can.*, 25 (6): 1199-1218.
- Kesteven, G.L., 1942. Studies on biology of Australian mullet. I. Account of the fishery and preliminary statement of the biology of Mugil dobula Gunter. *Bull. Aust. CSIRO Melb.* 157: 1-99.
- Kobelkowsky, D.A. y A. Reséndez., 1972. Estudios comparativos del endoesqueleto de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Pisces, Perciformes). *An. Inst. Biol., Univ. Nat. Autón. México.* 43 Ser. Cienc. del Mar y Limnol. (1): 33-84.
- Kobelkowsky, D.A., 1981. Estudio de los peces de la laguna de Tampamachoco, Ver. *Res. Simp. de Ocean. Biol., Acapulco, Gro., UAM-I., México.*
- Kobelkowsky, D.A., 1989. Sistema digestivo de las especies dominantes de peces de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *X Congreso Nacional de Zoología, Octubre de 1989, México, D.F.*
- Krebs, Ch. J., 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Ed. Harla. México. 273 p.
- Laevastu, T., 1971. *Manual de Métodos de Biología pesquera*. Acribia. Zaragoza, España.
- Lefebvre, J., 1976. *Introduction aux Analyses Statistiques Multidimensionnelles*. Paris: Masson. 259 pp.
- Levins, R., 1968. The theory of the niche. EN: *Evolution in changing Environments*. Robert H. MacArthur (edit.) Princeton University Press.
- Licea, D.S., 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Son./Sin., México. *An. Centro Ciencias del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México.* 1, (1): 99-156.
- Linder, R.D., K. Strawn, and R. Luebke., 1975. The culture of striped mullet (*Mugil cephalus* L.) in ponds receiving heated effluent from a power plant. *Aquaculture*, 5: 151-61.
- Lombarte, A and J. Lleonart., 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Env. Biol. Fish.* 37: 297-306.
- López, C. J., 1982. Descripción de la unidad de pesquerías de la lisa *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 y de la lebrancha *Mugil curema* Valenciennes, 1836 del Golfo de México. Tesis Profesional Fac. de Ciencias, Univ. Nat. Autón. México. 171 p.
- Luther, G., 1962. The food habits of *Liza macrolepis* (Smith) and *Mugil cephalus* L. (Mugilidae). *Indian J. Fish.* 9: 604-626.
- MacArthur, R., and R. Levins., 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *Amer. Nat.* 101: 377-385.
- MacKay, I and K.H. Mann., 1969. Fecundity of two cyprinid fishes in the River Thames, Reading, England. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 26: 2795-2805.
- Merais, J.F.K., 1980. Aspects of food intake, food selection and alimentary canal morphology of *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), *Liza ericupidans* (Smith, 1935), *L. richardsoni* (Smith, 1935) and *L. dumerilii* (Steindachner, 1869). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 44: 193-209.
- Margalef, R., 1981. *Ecología* (5a ed.). Omega. Barcelona, España. 951 p.
- Márquez, M. R., 1974. Observaciones sobre mortalidad total y crecimiento en longitud de la lisa (*Mugil cephalus*) en la laguna de Tamiahua, Ver., México, *I.N.P. de Secretaría de Pesca*. 15 p
- Nathur, D., 1977. Food habits and competitive relationships of the bandfin shiner in Halawakee Creek, Alabama. *The American Midland Naturalist*, 97: 89-100.
- Nay, A.W., 1967. Fecundity of Atlantic cod. *J. Fish Res. Bd. Can.*, 24: 1531-1551.
- Netto, F.E. y D. Benetti., 1983. Preliminary results on the growth of mullet (Pisces, Mugilidae) reared in Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil. *Atlantica Inst. de Pesquisas de Marinha, Projecto Cabo Frio Arraial do Cabo*, 5 (2): 1-32.
- Moore, R.H., 1974. General ecology, distribution and relative abundance of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* on the south Texas coast. *Contrib. Mar. Sci.* 18: 241-55.
- Morales-Min, B., 1987. Métodos de determinación de la edad en los ostecios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Técn. Inv. Pesq.* 143: 1-30.
- Moreno, R.J.L., 1985. Contribución al estudio básico (Análisis inicial de la diversidad alimenticia) de *Ictalurus meridionalis* Gunther Cypriniformes Catostomidae, en algunas localidades de la cuenca baja del río Papaloapan. Tesis Prof. Fac. Ciencias, Univ. Nat. Autón. México. 27 p., 10 tablas y 11 las.
- Moreno, R.J.L., 1990. Morfología y sistemática del género *Coccolodiscus* Ehrenberg (Bacillariophyceae), en el sur del Golfo de México. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias, Univ. Nat. Autón. México.
- Morovic, D., 1954. Contribution à la connaissance annuelle de *Mugil cephalus* (L.) dans quelques "Valli de pesca" du littoral Venetien. *Rap. P.-V. Comm. Int. Explor. Sci. Mer. Méditerran.* 12: 203-17.
- Morovic, D., 1957. *Les muges de l'Adriatique avec la Bibliographie des muges*, Inst. Zool. Ribar. Zagreb.
- Morovic, D., 1964. Contribution à la connaissance de la croissance annuelle de *Mugil cephalus* (L.) et de *M. cheilo* (C.) dans l'Adriatique. *Acta Adriatica*, 11: 195-204.
- Nash, C.E., C.M. Kuo and S.C. McConnel., 1974. Operational procedures for rearing larvae of the grey mullet (*Mugil cephalus* L.). *Aquaculture*, 3: 15-24.
- Neff, N.A. and G.R. Smith., 1978. Multivariate analysis of hybrid fish. *Sys. Zool.* 28: 176-196.



- Nelson, J.S., 1976. *Fishes of the World*. New York: Wiley. 416 pp.
- Nikoleky, G.V., 1954. *Special Ichthyology*. Translated from Russian by J.I. Lengy and Z. Krauthamer. Published by the Israel Programme for Scientific Translation. IPST cat. no. 233.
- Nikoleky, G.V., 1961. Citado por: Oren, O.H. (Ed.) 1961.
- Nikoleky, G.V., 1963. Biological basis of mathematical simulation of fish population dynamics. *Vopr. Ikhtiol.*, 3 No. 4 (29).
- Odum, W.E., 1968. The ecological significance of fine particle selection by the striped mullet *Mugil cephalus*. *Limnol. and Oceanography*, 13 (1): 92-98.
- Odum, W.E., 1970. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet (*Mugil cephalus*). In: *Marine Food Chains* (J.J. Steele, ed.), pp. 222-240. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Oren, O.H. (Ed.), 1981. *Aquaculture of Grey Mullet*. Cambridge Univ. Press. 507 pp.
- Orosco-Alvarez, J.I., 1986. Diagnóstico poblacional de *Mugil curema* Valenciennes (1836) (Lebranchi) en la laguna de La Mancha, Mpio. de Actopan, Ver. Tesis Profesional. Univ. Veracruzana. 27 p.
- Paperna, I. and R.M. Overstreet., 1981. Parasites and diseases of mullets (Mugilidae). EM: Oren, O.H. (Ed.) 1981. *Aquaculture of Grey Mullet*. Cambridge Univ. Press. 507 pp.
- Patrich, R., and C.W. Reimer., 1966. The diatoms of the United States. *Accad. Nat. Sci. Philadelphia*, 1 (13): 688.
- Peragallo, M., 1897-1908. Diatomées marines de France et des Districts Maritimes voisins. Texte. *Ans. Scol. Bol.* 491.
- Perera, P.A.B. and S.S. De Silva., 1978. Studies on the Biology of Young Grey Mullet (*Mugil cephalus*). *Digestion Marine Biology* 44: 383-387.
- Petersen, C.G.J., 1892. Fiskebiologiske forhold i Holboek fjord. 1890 (91). *Beretning fra de Danske Biologiske Station for 1890 (91)*. 1: 121-183.
- Pillay, S.R., 1972. A bibliography of the grey mullets, family Mugilidae. *FAO Fisheries Technical paper no. 109*. Rome.
- Polanco, J.E., R. Mimbela, L. Beléndez, P. González, M. Flores, A. Pérez, N. Aguilar, R. Pérez, R. Calderón, J. Guerra, J. Romo, H. Gómez, J. Mimbela, M. Cabrera, M. Palata, J. García, y G. González., 1987. *Pesquerías mexicanas. Estrategias para su administración*. Secretaría de Pesca. México. 1061 p.
- Popescu, L., 1961. Contribution à la connaissance de la prolificite de quelques especes de poissons d'eau douce et marines des eaux roumaines. *Bull. Inst. Cercet. Piscicol.* 20:39-44.
- Prescott, G.W., 1962. *Freshwater algae*. Groun Co. (Edits.) Dubuque. 977 p.
- Prescott, G.W., H.T. Crossdale, W.C. Vinyard, and C.E.M. Bicudo., 1981. *A synopsis of north America desmids*. Part II: Desmidiaceae: Placodermes. Section 3. Univ. Nebraska Press, 720 p.
- Prescott, G.W., C.E.M. Bicudo, W.C. Vinyard., 1982. *Synopsis of north America desmids*. Part II: Desmidiaceae: Placodermes. Section 3. Univ. Nebraska Press, 720 p.
- Radtke, R.L., 1981. Otolith formation and aging in larval Mullet, *Mugil cephalus*. *Estuaries* 4 (3): 284.
- Rojas, J.C., 1972. Contribución al conocimiento de la biología de las lagunas y Ríos de Campomona y buena vista (Venezuela) especialmente del Robalo, *Cetropomus parallelus*. R. Cuadern. oceanogr. 3: 3-36.
- Radtke, R.L., 1984. Formation and structural composition of larval striped mullet otoliths. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113: 118-191.
- Reséndez, M. A., 1970. Estudio de los peces de la Laguna de Tamiahua. Ver., México. *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. México* 41. Ser. Cienc. del Mar y Limnol., (1): 79-146.
- Reséndez, M. A., 1973. Estudio de los peces de la laguna de Alvarado. Ver., México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 34: 183-281.
- Reséndez, M. A., 1975. Lista preliminar de los peces colectados en la laguna de Nichucté y Bojórquez, Cancún, Quintana Roo, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. México. Ser. Zool.*, 46 (1): 87-100.
- Reséndez, M. A., 1981a. Estudio de los peces de la laguna de Términos, Campeche, México. I. *Biótica*, 6 (3): 239-291.
- Reséndez, M. A., 1981b. Estudio de los peces de la laguna de Términos, Campeche, México. II. *Biótica*, 6 (4): 345-430.
- Richards, C.E. and M. Castagne., 1976. Distribution, growth and predation of juvenile white mullet (*Mugil curema*) in ocean-side waters of Virginia's eastern shore. *Chesapeake Sci.* 17 (4): 308-9.
- Ricker, V.W., 1971. *Methods for assessments of production in freshwaters*. I.B.P. Handbook No. 3. Oxford, 348 p.
- Rodgers, L.J. and J.B. Burke., 1988. Aetiology of "red spot" disease (vibriosis) with special reference to the ectoparasitic digenaeian *Prototransversotremas steeri* (Angel) and the sea mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus). *J. Fish. Biol.* 32: 655-663.
- Romero M.A.S. y J.L. Castro., 1983. Aspectos de la biología de la lisa (*Mugil cephalus* Linnaeus) en el Mar Muerto, Chiapas, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, Méx. 23: 95-112.
- Romer, G.S. and A. McLachlan., 1986. Mullet grazing on surf diatom accumulations. *J. Fish Biol.* 28: 93-104.
- Royce, F.W., 1972. *Introduction to the fishery sciences*. Academic Press. Nueva York, 351 p.
- Sachs, L., 1978. *Estadística aplicada*. Barcelona. Ed. Labor.

- Sánchez, P., 1995. Análisis de los hábitos alimenticios de *Mugil cephalus* (Linneo) y *M. curema* (Valenciennes) con base en la presencia de diatomeas. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias. Univ. Nat. Autón. México.
- Santa Cruz, M.J., 1986. Características poblacionales de *Mugil curema* Valenciennes, 1836, en la laguna de Tampachoco, Ver., México. Tesis Profesional Fac. Ciencias Univ. Veracruzana, México, 29 p.
- Secretaría de Marina., 1978. Temperatura y salinidad de los puertos de México en el Golfo de México y Mar Caribe. Dir. Gral. de Oceanografía. México, D.F.
- SEPESCA., 1987. Pesquerías mexicanas, estrategias para su administración. Secretaría de Pesca., México. 1160 p.
- SEPESCA., 1988. Situación actual de las principales pesquerías mexicanas. Secretaría de Pesca. México. 444-460.
- Sarbatis, C.D., 1939. L'età e l'accrescimento del *Mugilidi*. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol. 15 (6): 626-707.
- Shannon, C.E. and W. Weaver., 1963. *The Mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana.
- Shehadeh, Z.H., C.M. Kuo and K.K. Nilisen., 1973. Induced spawning of grey mullet *M. cephalus* L. with fractionated salmon pituitary extract. *J. Fish. Biol.* 5: 471-8.
- Shireman, 1965. Citado por Moore, 1974.
- Simonsen, R., 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R. V. Meteor, 1964-1965. "Meteor" Forschungsergebn. (D.Biol.) 19: 1-16, 41 1 ms.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Simpson, A.C., 1959. Method used for separating and counting the eggs in fecundity studies on the plaice (*Pleuronectes platessa*) and herring (*Clupea harengus*). *Fish Invest.* London.
- Solis, R.M.J., 1966. Fecundidad de la lisa (*Mugil cephalus*, Linnaeus). INIP. Srta. de Industria y Comercio. Trabajos de Divulgación. Vol. XI (105): 6. México.
- SRN., 1972. Hidrografía de la laguna de Tamiahua, Ver. Estudio de los aspectos biológicos. Informe de Trabajo. México.
- Stenger, A.H., 1959. Citado por: Oren, O.H. (Ed.), 1981.
- Stuardo, J.A.M., 1975. Resultados generales de la prospección de los recursos pesqueros y biológicos del sistema lagunar costero de Guerrero. México. Memorias del V Congreso Latinoamericano de Zoología.
- Taylor, C.C., 1951. Citado por Anderson, 1958.
- Taylor, C.C., 1960. Temperature, growth and mortality-The Pacific cckle. *Ibidem*, 26 (1):177-124.
- Teissier, G., 1948. La relation d'allometrie, sa signification statistique et biologique. *Biometrics* 4 (1): 14-53.
- Thakur, N.K., 1967. Studies on the age and growth of *Mugil cephalus* L. from the Mahanadi estuarine system. *Proc. Natl. Inst. Sci. India. (B)*, 33: 128-43.
- Thomson, J.M., 1951. Growth and habits of the sea mullet, *Mugil dobula* Gunther in Western Australia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 2 (2): 193-225.
- Thomson, J.M., 1954. The organs of feeding and the food of some Australian mullet. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 5 (3):469-485.
- Thomson J.M., 1963. Synopsis of biological data on the grey mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758. *Cairo Fisheries and Oceanography Fisheries Synopsis No. 1:1-8:1.*
- Thompson, J. M., 1964. A bibliography of systematic references to the grey mullets (Mugilidae). *Div. Fish. Oceanogr. Tech. Rep. Fish. Res. Board, Australia*, 127 pp. EN: Nelson, J.S., 1976. *Fishes of the World*. New York: Wiley, 416 pp.
- Thompson, J.M., 1966. Citado por: Oren, O.H. (Ed.), 1981. *Aquaculture of Grey Mulletts*. Cambridge Univ. Press. 507 pp.
- Thorpe, R.S., 1983. A review of the numerical methods for recognising and analyzing racial differentiation. EN: *Numerical Taxonomy* (Felstenstein, J. ed.), pp. 404-423. Berlin: Springer-Verlag.
- Tomlinson, P.K. y N.J. Abramson., 1961. Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares. *Fish Bull.* 116 (1): 1-69.
- Toish., 1913. Citado por Kesteven, 1942.
- Tung, I.H., 1968. Studies on the fishery biology of grey mullet (*Mugil cephalus*) in Taiwan. *FAO Fish. Rep. no. 63*: 52-3.
- Tukey, J., 1977. *Exploratory Data Analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley Publ. Co., New York, 412 p.
- Villalobos, A., S. Gómez, V. Arenas, A. Reséndez y G. de la Lanza., 1976. Estudios Hidrobiológicos en la laguna de Tamiahua. *Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat.* 37: 139-180.
- Villasenor-Talavera, R., 1991. Determinación de una escala de madurez sexual específica y ovocitos de la lisa blanca *Mugil curema* (Valenciennes 1836) de la región litoral central de Nayarit. México. Memorias del II Congreso Nat. de Ichtiología. San Nicolás de los Garza N.L., México.
- Vladimirov, V.I., 1973. The effect of the growth rate of spawners on the survival and abundance of the progeny. *J. Ichthyol.*, 13: 803-812.
- Von Bertalanffy, L., 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10 (2): 181-213.
- Walford, L.A., 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.*, 50 (2): 141-147.

- Wallace, R. K. Jr., 1981. An Assessment of Diet-Overlap Indexes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 72-76.
- Wootton, R.J., 1979. *Energy costs of egg production and environmental determinants of fecundity in teleost fishes.* EN: Miller, P.J. *Fish Phenology: anabolic adaptiveness in teleost. Symp. zool. Soc. Lond.*, 44: 131-159.
- Yang, W.T. and V.B. Kim., 1962. Citado por: Oren, O.H. (Ed.), 1981.
- Yáñez-Arancibia, L.A., 1976. Observaciones sobre *Mugil curema* Valenciennes, en áreas naturales de crianza, alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. *An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.*, 3 (1): 211-243.
- Zar, J.H., 1984. *Biostatistical analysis.* 2a ed. Prentice Hall International. 718 p.
- Zaret, T.M., and A.S. Rand., 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *ecol.* 52 (2): 336-342.