

**DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE LA LISA *Mugil cephalus* L. Y  
LA LEBRANCHA *Mugil curema* V. (PISCES: MUGILIDAE) EN  
LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

**AGE DETERMINATION OF THE GREY MULLET *Mugil cephalus* L.  
AND THE WHITE MULLET *Mugil curema* V. (PISCES: MUGILIDAE)  
IN TAMIAHUA LAGOON, VERACRUZ**

Ana Laura Ibáñez-Aguirre<sup>1</sup>  
Manuel Gallardo-Cabello<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa  
Apartado postal 55-535  
09340 México, DF

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias del Mar y Limnología  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Apartado postal 70-305  
04510 México, DF

*Recibido en septiembre de 1995; aceptado en junio de 1996*

**RESUMEN**

En el presente estudio se establecen cinco y seis grupos de edad así como la relación edad-longitud, mediante el análisis del otolito *sagitta* de *Mugil cephalus* y *M. curema*, respectivamente, para la laguna de Tamiahua, Veracruz (México). Se describe la anatomía de escamas y otolitos para ambas especies. Las bandas de crecimiento rápido en los bordes indicaron que éste fue mayor en los meses de marzo a agosto y de julio a noviembre para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente. El desarrollo de dichas bandas se relacionó con la emigración de desove de ambas especies. Fueron calculadas las constantes del crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy para ambas especies y sus sexos, utilizando la edad estimada por medio de escamas y otolitos. Se encontraron diferencias de crecimiento entre sexos, siendo éste mayor en las hembras que en los machos de ambas especies. Se concluye que tanto las escamas como los otolitos se pueden usar indistintamente en la determinación de la edad de los sexos de ambas especies; sin embargo, el mejor ajuste al modelo del crecimiento se obtiene utilizando la lectura de los otolitos.

*Palabras clave:* escamas, otolitos, *sagitta*, *Mugil cephalus*, *Mugil curema*, laguna de Tamiahua.

**ABSTRACT**

In this study, by means of the *sagitta* otolith analysis, five and six age groups and the relation age-length of *Mugil cephalus* and *M. curema*, respectively, in Tamiahua Lagoon, Veracruz (Mexico), are established. The anatomy of the scales and *sagitta* of both species is described. The fast growing bands on the edges show that their formation was higher from March to August for *M. cephalus*, and from July to November for *M. curema*. The development of those bands was related to the spawning migration in both species. The constants of the growth equation of von Bertalanffy were calculated for the species and their sexes, using the scales and the otoliths. Differences in growth between sexes were detected; generally, the females reach a bigger size than the males at the same age in both mullet

species. The scales and the otoliths may be used indistinctly in the age determination of both sexes of the species; nevertheless, the otolith showed a better fit to the growth equation.

*Key words:* scales, otoliths, *sagitta*, *Mugil cephalus*, *Mugil curema*, Tamiahua Lagoon.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de la edad es uno de los parámetros más importantes en el estudio de la dinámica de poblaciones. Entre los mejores métodos para el estudio de la edad en peces se encuentra la identificación de las marcas de crecimiento, que se forman periódicamente en estructuras duras del pez, como son las vértebras, escamas, espinas y otolitos. Estas marcas se forman en periodos alternos de crecimiento rápido y lento por diversas causas. Para los mugilidos de zonas frías y templadas, las variaciones de temperatura debidas a la estacionalidad son la causa fundamental de la formación de las marcas (Quignard y Farrugio, 1981). En el caso de los trópicos, éstas pueden estar asociadas a otros factores externos, como son las lluvias, la abundancia o escasez de alimento, o a factores internos, como son el desove y las migraciones (Álvarez, 1976).

En el presente trabajo se han empleado las escamas y los otolitos *sagitta* de *Mugil cephalus* y *M. curema* para aplicar las técnicas correspondientes a la determinación de la edad. Para ello, se han realizado los estudios siguientes: (1) descripción de las escamas y de la *sagitta*; (2) determinación del tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento, en el otolito derecho de la *sagitta*, en relación con el ciclo anual; (3) obtención de la relación edad-longitud por medio de las escamas y la *sagitta* así como su comparación; (4) obtención de los parámetros del crecimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ejemplares se obtuvieron de las capturas comerciales de la laguna de Tamiahua, Veracruz (México), de abril de 1991 a marzo de 1992 (fig. 1).

Tanto para el estudio de las escamas como el de los otolitos se examinaron un total de 247 ejemplares de *M. cephalus* (125 hembras y 122 machos) y 307 ejemplares de *M. curema* (178

## INTRODUCTION

One of the most important parameters in the study of population dynamics is the age analysis. Among the best methods for the study of the age of fish is the identification of the growth marks that are periodically formed on hard fish structures, such as vertebrae, scales, spines and otoliths. These marks are formed for diverse reasons in alternate periods of fast and slow growth. In the case of mullets of cold and temperate areas, the seasonal variations in temperature are the main cause of the formation of the marks (Quignard and Farrugio, 1981). In the tropics, these may be associated with other external factors, such as the rains and the abundance or lack of food, or with internal factors, such as spawning and migrations (Álvarez, 1976).

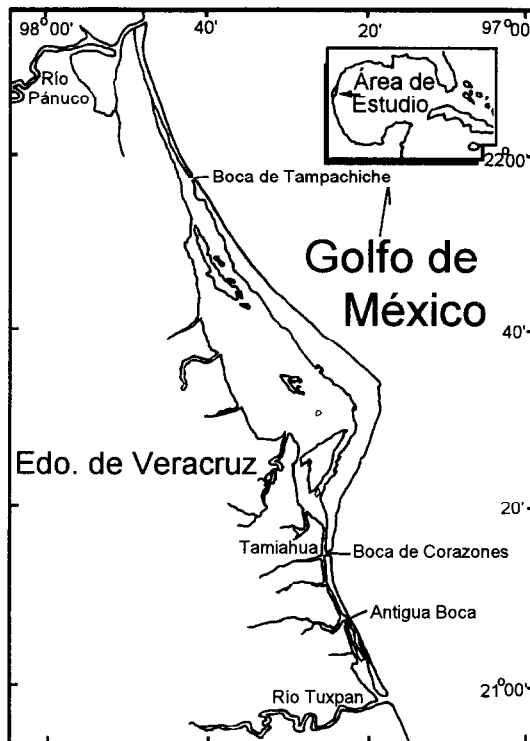
In this research, the scales and *sagitta* of *Mugil cephalus* and *M. curema* have been used to establish the age. The following have been carried out: (1) a description of the scales and *sagitta*; (2) the definition of the time of formation of the slow and fast growth bands on the right otolith of the *sagitta*, with respect to the annual cycle; (3) the calculation of the age-length relationship using the scales and *sagitta* and its comparison; (4) the calculation of the growth parameters.

## MATERIAL AND METHODS

Specimens were obtained from the commercial catch landed in the town near Tamiahua Lagoon, Veracruz (Mexico), from April 1991 to March 1992 (fig. 1).

For the study of scales and otoliths, 247 specimens were examined of *M. cephalus* (125 females and 122 males) and 307 specimens of *M. curema* (178 females and 129 males), the former from 200 to 410 mm long and the latter from 180 to 330 mm long.

Scales were obtained from the area between the lateral line and the first dorsal fin. A fixed



**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio.  
**Figure 1.** Location of the study area.

hembras y 129 machos), entre 200 a 410 mm los primeros y de 180 a 330 mm de longitud total los segundos.

Las escamas fueron extraídas de la zona situada 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 escamas se limpiaron de los restos de la piel y mucosa y se almacenaron 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 entre dos portaobjetos, manteniendo los extremos fijos mediante cinta adhesiva. La observación se realizó utilizando luz transmitida.

number of 10 scales per specimen for each size range was sampled. The scales were cleaned of skin and mucus remains and kept in small classified envelopes. They were later washed in the laboratory with soapy water and a soft brush, rinsed and passed through a weak solution of sodium hydroxide. Once dry, they were placed between two glass slides and the edges were sealed with adhesive tape. Observations were made using transmitted light.

Each pair of otoliths was extracted from the small specimens, through a cut in the palate, and from the bigger organisms, through a cut at the back of the cranium and into the otic chambers from which the otoliths were extracted with fine tweezers. The otoliths were stored dry in small plastic bags with the corresponding data.

La extracción de cada par de otolitos se realizó en los ejemplares pequeños mediante un corte en el paladar y 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. Los otolitos fueron almacenados en seco en pequeñas bolsas de plástico con la debida referencia.

Los otolitos, sumergidos en xilol como líquido aclarante, fueron observados por medio de un microscopio estereoscópico, empleando iluminación transmitida y utilizando una placa de petri transparente. Con este tipo de iluminación, los anillos de crecimiento lento aparecían más claros, mientras que los de crecimiento rápido se observaban opacos.

Todas las mediciones se efectuaron en el otolito derecho, para evitar posibles diferencias debidas a variaciones existentes entre los otolitos del mismo ejemplar. La edad se estableció contando el número de anillos hialinos que rodean al núcleo.

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.

Una vez que se obtuvieron las longitudes medias para cada grupo de edad, a través de la lectura con escamas y otolitos, se procedió a probar si ambas estructuras proporcionaban información equivalente para las especies y sus sexos. Para este fin, se llevó a cabo una regresión lineal:  $y = bx + a$ , donde  $y$  = las longitudes medias obtenidas por medio de la lectura de las escamas,  $x$  = longitudes medias obtenidas por medio de la lectura del otolito derecho, y  $a$  y  $b$  = parámetros de la ecuación.

Al valor de la pendiente se le aplicó la prueba de  $t$ , de la forma  $b_1 - 1/Sb$ , con el objeto de probar la hipótesis  $H_0: b_1 = 1$ , contra la hipótesis alternativa  $H_a: b_1 \neq 1$ , donde  $b$  es la pendiente y  $Sb$  el error estándar de la pendiente.

Debido a que los grupos de edad 0 y 1 de *M. cephalus* no se encontraron presentes en los muestreos, se llevó a cabo la estimación de éstos por medio del retrocálculo. El método empleado consistió en utilizar el modelo que

They were submerged in xylol as a clarifying liquid and observed through a stereoscopic microscope with transmitted light and a transparent petri plaque. This light made the slow growth rings appear lighter and the fast growth rings opaque.

All measurements were made on the right otolith to avoid possible differences due to existing variations between otoliths of the same specimen. Age was established through the number of hyaline rings around the nucleus.

Slow and fast growth bands on the edges of the otoliths were recorded for each specimen in order to determine the season of occurrence and to relate them with the months of sampling.

Having obtained the average lengths for each age group through the reading of scales and otoliths, a test was conducted to see whether both structures provided equivalent information for the species and sexes. For this, the linear regression was used:  $y = bx + a$ , where  $y$  = average lengths obtained through the reading of the scales,  $x$  = average lengths obtained through the reading of the right otoliths and  $a$  and  $b$  = equation parameters.

The  $t$ -test was applied to the value of the slope, as  $b_1 - 1/Sb$ , in order to test the hypothesis  $H_0: b_1 = 1$ , against the alternative hypothesis  $H_a: b_1 \neq 1$ , where  $b$  is the slope and  $Sb$  the standard error of the slope.

The ages 0 and 1 were not collected for *M. cephalus*, as a result of the mesh size of the nets, and so were obtained using the method of back-calculation and the model for relative growth,  $y = ax^b$ , which can also be written  $R = aLt^b$ , where  $R$  is the distance from the focus to the anterior margin of the otolith,  $Lt$  is the total length at time  $t$ , and  $a$  and  $b$  are the equation parameters.

In order to fit this expression, a logarithmic transformation was done and the potential relations between variables were then normalised:  $\ln R = \ln a + b \ln Lt$ . The value of  $b$  indicates whether growth is allometric or isometric. This expression was applied to *M. cephalus* and its sexes.

The expression  $Lt = (rt/a)^{1/b}$  was used to calculate the total length of fish at time  $t$ , where  $Lt$  is the total length at time  $t$ ,  $rt$  is the radius of

describe el crecimiento relativo,  $y = ax^b$ , que también se puede escribir  $R = a Lt^b$ , donde  $R$  es la distancia del foco al margen frontal del otolito,  $Lt$  es la longitud total al tiempo  $t$ , y  $a$  y  $b$  son los parámetros de la ecuación.

Para ajustar la expresión anterior, se realizó la transformación logarítmica, justificada por la existencia de las relaciones potenciales entre las variables, que con la transformación logarítmica se linealizan de la forma:  $\ln R = \ln a + b \ln Lt$ . El valor de  $b$  indica si el crecimiento es alométrico o isométrico.

Para calcular la longitud total del pez al tiempo  $t$ , se empleó la expresión  $Lt = (rt/a)^{1/b}$ , donde  $Lt$  es la longitud total al tiempo  $t$ ,  $rt$  es el radio del otolito al tiempo  $t$ , y  $a$  y  $b$  son los parámetros de la ecuación.

Finalmente, se llevó a cabo la estimación del crecimiento, empleando los valores de la relación talla-edad determinados por medio de la lectura de los otolitos y de las escamas para ambas especies y sus sexos. El cálculo de los parámetros de la ecuación del crecimiento se llevó a cabo por medio de la aplicación de los métodos de Beverton (1954) y Fishparm (1987). Con el objeto de comparar las diferencias entre los valores calculados y observados, se utilizó la suma de los cuadrados de las diferencias ( $SD^2$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción de las escamas y de las *sagittae*

#### (a) Escamas

Ambas especies de mugílidos presentan escamas ctenoideas, siendo las de *M. cephalus* 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 compuestos por una marca de crecimiento rápido y otra de crecimiento lento, siendo este último identificable como una fina cresta calcificada que se dispone concéntricamente en torno a la escama.

the otolith at time  $t$ , and  $a$  and  $b$  are the equation parameters.

The constants for the von Bertalanffy equation (1938) were obtained using the age determination of the scales and otoliths and the method of Beverton (1954) and the Fishparm (1987) programme. Growth was also measured for each sex of both species. The growth curves for both species were obtained from the constants of the equation calculated by the above-mentioned methods. The sum of the squared differences ( $SD^2$ ) was used to compare the differences between the calculated and observed values.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Description of the scales and *sagittae*

#### (a) Scales

Both species of mullets have ctenoid scales, *M. cephalus* the bigger ones and *M. curema* the smaller ones. For example, in individuals 340 mm long, the distance between the centre of the scale and the far side is 10 mm for *M. cephalus* and 8 mm for *M. curema*, on average.

The scales were identified by means of the annual rings that included a fast growth mark and a slow growth mark. The latter is seen as a fine calcified crest around the scale.

The scales of both mullets presented well defined rays, especially in *M. curema*. The identification of the annual rings was made easier by observing the change in the direction of the rays of the scales after intersecting the growth rings. The centre of the scales was always identified easily, with the exception of the regenerated scales.

It is important to note that the scales of an 82-mm long *M. cephalus* presented one incomplete mark, considered a "juvenile mark", that might correspond to the change in habitat from the marine birth place to the lagoon. This hyaline band is incorporated into the nucleus as the scales grow. This individual was collected in May 1991 from seagrass beds in Tampamachoco Lagoon (a lagoon system adjacent to Tamiahua Lagoon).

En las escamas de ambos mugílidos se presentaban radios bien marcados, siendo más notorios en *M. curema*. Se facilitó la identificación de los anillos anuales observando el cambio en la dirección de los radios de la escama tras intersectar los anillos del crecimiento. El foco de las escamas fue siempre fácilmente identificable, a excepción de las escamas regeneradas.

Es importante comentar que se observaron las escamas de un individuo de *M. cephalus* de 82 mm de longitud total que presentaba una sola marca incompleta, considerada como "marca juvenil", que puede corresponder al cambio de hábitat de la zona marina, lugar de nacimiento, a la lagunar. Esta banda hialina se incorpora al núcleo a medida que las escamas aumentan de tamaño. Este individuo fue obtenido en mayo de 1991, en la zona de pastos marinos de la laguna de Tampamachoco (sistema lagunar adyacente a la laguna de Tamiahua).

Fueron relativamente frecuentes las escamas regeneradas. Se observó que el mayor crecimiento de las escamas se produce antes de la madurez sexual; posteriormente, cambia el patrón de crecimiento de los anillos, los cuales se disponen muy próximos entre sí, dificultándose notoriamente su identificación y la lectura.

#### (b) Otolitos

En ambas especies de mugílidos, los otolitos son grandes y relativamente gruesos, 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 curvan.

El otolito para ambas especies de mugílidos es alargado; 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 (fig. 2).

#### Medidas de los anillos de crecimiento en otolitos

La longitud del núcleo a cada banda del crecimiento rápido de las *sagittae* derechas de *M. cephalus* y *M. curema* aparecen en la tabla 1.

Regenerated scales were frequently observed. The greatest growth of the scales was recorded before sexual maturity, after which the growth pattern of the rings changes and they are found very close to each other, making identification and reading more difficult.

#### (b) Otoliths

The otoliths in both species of mullets are big and relatively thick, which makes identification of the fast and slow growth bands difficult. Also, as the fish get old, the otoliths increase in thickness and grow curved.

The otolith in both species of mullets is long, with a maximum height of 2.5 to 3.3 and of 2.3 to 2.8 times the length for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively (fig. 2).

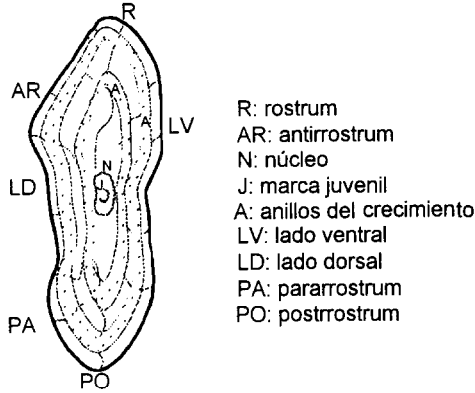
#### Measurements of the growth rings in the otoliths

The distance from the nucleus to each fast growth band of the right *sagittae* of *M. cephalus* and *M. curema* is presented in table 1.

The width of the nuclei varied within a range of 0.73 to 0.90 mm and of 0.85 to 1.10 mm, with an average width of 0.88 and 0.90 mm for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively. The standard deviations of the width of the nuclei were estimated for *M. cephalus* at 0.1092 and for *M. curema* at 0.0897.

After the formation of the nucleus, the deposition of new material is uneven. A greater number of bands is formed at the back than at the front. The dorsal side grows faster than the ventral side, for which reason the nucleus is excentric on each plane of the otolith. This is more marked as the fish ages and reaches sexual maturity.

The first fast growth band recorded an average distance from the nucleus of 1.18 and 1.25 mm for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively. The second opaque band has an average distance of 1.78 and 2.05 mm for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively. In the rest of the growth rings, a progressive decrease is observed between the nucleus and the rings.



**Figura 2.** Diagrama de la cara externa del otolito *sagitta* del género *Mugil*.

**Figure 2.** External surface diagram of the otolith *sagitta* of the genus *Mugil*. (R = rostrum, AR = antirrostrum, N = nucleus, J = juvenile mark, A = growth rings, LV = ventral side, LD = dorsal side, PA = pararrostrum, PO = postrostrum.)

**Tabla 1.** Longitudes medias (milímetros) del núcleo a cada banda de crecimiento rápido de los otolitos de *Mugil cephalus* y *M. curema*.

**Table 1.** Mean lengths (millimetres) from the nucleus to each fast growth band of the otoliths of *Mugil cephalus* and *M. curema*.

Crecimiento rápido	<i>Mugil cephalus</i>			<i>Mugil curema</i>		
	Distancia	n	Desviación estándar	Distancia	n	Desviación estándar
1	1.18	27	0.1136	1.25	60	0.0923
2	1.78	45	0.1145	2.05	71	0.1311
3	2.40	59	0.2309	2.81	66	0.1449
4	2.97	44	0.2782	3.47	54	0.1533
5	3.50	51	0.3886	3.76	37	0.1612
6	4.02	33	0.4117			

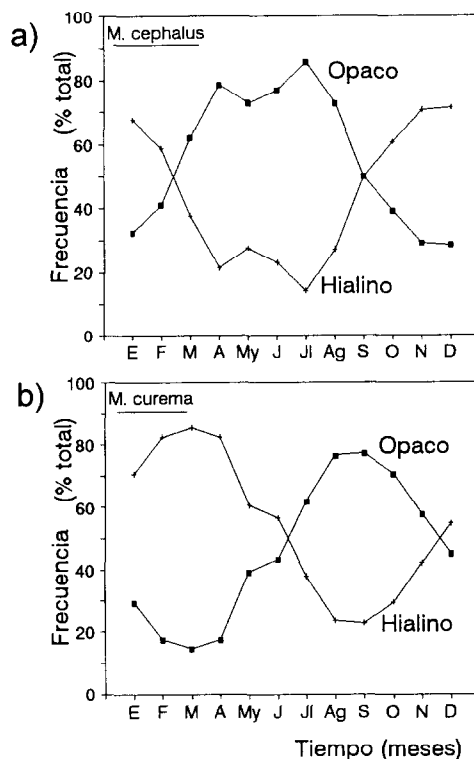
La anchura de los núcleos examinados varió dentro de una amplitud de 0.73 a 0.90 mm y de 0.85 a 1.10 mm, siendo la anchura promedio de 0.88 y 0.90 mm para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente. Asimismo, se estimaron las desviaciones estándar de la amplitud de los núcleos, siendo para *M. cephalus* de 0.1092 y para *M. curema* de 0.0897.

Posterior a la formación del núcleo, la deposición del nuevo material no es uniforme. Se

As in the case of the scales, the otolith in the 82-mm long *M. cephalus* presented the above-mentioned juvenile mark.

**Stationary growth pattern: Time of formation of the fast growth and slow growth bands in the otoliths**

In *M. cephalus*, the percentage of otoliths with fast growth bands (opaque band) in the



**Figura 3.** Variación anual del porcentaje de anillos de crecimiento rápido (opacos) y lento (hialinos) en el margen de los otolitos. (a) *Mugil cephalus*; (b) *Mugil curema*.

**Figure 3.** Annual frequency variation of the fast growth rings (opaque) and slow growth rings (hyaline) of the margin of the otoliths. (a) *Mugil cephalus*; (b) *Mugil curema*.

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 una 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.

outer edge is higher from March to August, while the percentage of otoliths with slow growth bands (hyaline band) in the margin is higher from October to February (fig. 3a). These results are the same as those observed by Anderson (1958) for *M. cephalus* in the USA, on the South Atlantic coasts.

In *M. curema*, the percentage of otoliths with fast growth bands in the margin is higher from July to November, while the percentage of otoliths with slow growth bands in the outer edge is higher from December to May (fig. 3b).

Botha (1970, 1971) and Bilton and Robbins (1971) found, in several species, a strong correlation between the nutrition level and the formation of the fast growth and slow growth bands in the otoliths. The fast growth band is



**Tabla 2.** Clave talla-edad de *Mugil cephalus*.

**Table 2.** Size and age relationship of *Mugil cephalus*.

Talla (mm)	Edades (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
<i>n</i>			45	59	44	51	33	232
Talla			246	282	317	349	375	

Al igual que con las escamas, se observó en el otolito del individuo de *M. cephalus* de 82 mm de longitud total, la marca juvenil mencionada anteriormente.

**Patrón de crecimiento estacional: Tiempo de formación de las bandas de crecimiento rápido y lento en los otolitos**

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

formed when the fish feeds very actively, while the hyaline band of slow growth is formed in those periods which are unfavourable for the fish nutrition.

*Mugil cephalus* feeds very actively during the summer (Sánchez, 1995) and in this period the opaque band of fast growth in the otolith is formed.

In the adults of many species, spawning is considered the event that triggers the period of slow growth and the formation of the hyaline band (Morales-Nin, 1987). It is possible that during this period the fish energy consumption is very high, because the fish metabolism is oriented to the formation of the

**Tabla 3.** Longitudes medias (milímetros) determinadas por las escamas y los otolitos derechos para *Mugil cephalus*. \* Longitudes medias obtenidas por medio del retrocálculo.

**Table 3.** Mean lengths (millimetres) determined by the scales and otoliths (right side) for *Mugil cephalus*. \* Mean lengths obtained by the method of back-calculation.

Grupos de edad	Escamas			Otolitos		
	Hembras	Machos	Especie	Hembras	Machos	Especie
0	---	---	---	156*	160*	158*
1	---	---	---	203*	207*	204*
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	---	---	---

octubre y febrero (fig. 3a). Estos resultados coinciden con los observados por Anderson (1958) para *M. cephalus* en las costas de EUA en el Atlántico Sur.

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. 3b).

Botha (1970, 1971) y Bilton y Robbins (1971) establecen una fuerte correlación entre las bandas de crecimiento opaco e 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 periodo 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 periodo de crecimiento lento y, por tanto, de la formación del anillo hialino (Morales-Nin, 1987). Es probable que durante esta época el desgaste corporal del pez sea muy

sexual products. In the present paper, the formation of the slow growth band occurs during the spawning and migration periods for *M. cephalus* and *M. curema*; both species are catadromous and it is during this period that the fish energy consumption is higher (Ibáñez, 1995).

The spawning period for *M. cephalus* is from November to February and for *M. curema* from February to May (Ibáñez, 1995).

#### Relationship between the age and length

The relations between the age and length, obtained through the analysis of the growth rings in scales and otoliths for both species of mugilids, are as follows:

##### *Mugil cephalus*

###### (a) Otoliths

The relationship between the length and age is shown in table 2. During the sampling process, because of the net selectivity, organisms of the age groups 0 and 1 were not found; therefore, these ages were determined by the

grande, ya que su metabolismo se encuentra orientado a la formación de los productos sexuales. En el presente estudio, la formación de la banda de crecimiento lento coincide con la época de freza y emigración (Ibáñez, 1995) tanto en *M. cephalus* como en *M. curema*; ambas son especies catádromas y es durante esta época que el desgaste corporal del pez es mayor.

La época de freza de ambas especies es reportada por Ibáñez (1995). Para *M. cephalus* es de noviembre a febrero y para *M. curema* de febrero a mayo.

### Relación edad-longitud

A partir de los resultados de la lectura de los anillos del crecimiento en escamas y otolitos, se presentan a continuación las relaciones talla-edad obtenidas para ambas especies de mugilidos.

#### *Mugil cephalus*

##### (a) Otolitos

En la tabla 2 se muestra la clave talla-edad. Debido a que los organismos de los grupos de edad 0 y 1 no se encontraron presentes en los muestreos, en virtud de la selectividad de los artes de pesca, los datos aquí presentados fueron estimados por medio del retrocálculo. En general, las longitudes medias de los machos para una misma edad es ligeramente más pequeña que la de las hembras. Por medio de la utilización de este método se pudieron identificar cinco grupos de edad (tabla 3).

##### (b) Escamas

Como se mencionó anteriormente, los ejemplares de los grupos de edad 0 y 1 no estuvieron presentes en el muestreo. A partir de la edad 2 los anillos del crecimiento fueron muy notorios, de tal manera que no hubo dificultad en la lectura; sin embargo, a diferencia de los primeros seis anillos que pueden seguirse alrededor de las partes anterior y lateral de la escama, en los organismos mayores los anillos son muy finos,

back calculation method. In general, the mean length of the males is slightly smaller than that of the females at a same age. Through otolith analysis, five age groups were identified (table 3).

##### (b) Scales

The organisms of the age groups 0 and 1 were not found in the samples. From age 2, the growth rings all around the scales were very evident and identification was easy; however, after the first six rings, the bands are very narrow and, for this reason, identification is difficult. Through scale analysis, seven age groups were identified (table 3). In all cases, the mean length of the males is smaller than that of the females at a same age.

Other authors also found that scale analysis is accurate for the age determination of *M. cephalus*, such as Kesteven (1953), through the tagging method, Farrugio (1975) and Cassifour (1975).

#### *Mugil curema*

##### (a) Otoliths

The relationship between the length and age is shown in table 4. Through otolith analysis, six age groups were identified (from 0 to 5). After the sixth and seventh growth rings, the otolith bends and the identification of the bands is very difficult.

##### (b) Scales

The identification of the first growth rings was easy because the bands were very evident; however, in the age groups higher than 7 or 8, the bands were very narrow and, for this reason, identification was difficult. Through scale analysis, nine age groups were identified (table 5). In the case of females of the age group 0, the mean length obtained was 171 mm, while for the males, it was 163 mm. In all cases, the mean length of the males was smaller than that of the females at a same age.

**Tabla 4.** Clave talla-edad de *Mugil curema*.  
**Table 4.** Size and age relationship of *Mugil curema*.

Talla (mm)	Edades (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
<i>n</i>	4	60	71	66	54	37	292
Talla	183	223	252	278	303	325	

haciendo poco precisa la lectura con el riesgo de infravalorar la edad. A través de la lectura de las escamas se pudieron reconocer siete grupos de edad (tabla 3). Para todas las edades las longitudes medias de los machos son menores que las de las hembras.

Los resultados del marcaje para esta especie (Kesteven, 1953), así como el estudio de la

**Validation of the methods employed**

The *t*-test used showed that the differences between sexes were not significant (table 6). This means that for the species, the scales and otoliths do not give equivalent information. This result shows that there are no differences between sexes employing scales or otoliths, so

**Tabla 5.** Longitudes medias (milímetros) determinadas por las escamas y los otolitos derechos para *Mugil curema*.

**Table 5.** Mean lengths (millimetres) determined by the scales and otoliths (right side) for *Mugil curema*.

Grupos de edad	Escamas			Otolitos		
	Hembras	Machos	Especie	Hembras	Machos	Especie
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	---	---	---

**Tabla 6.** Prueba de *t* para la comparación de las estructuras (escamas y otolitos) de *Mugil cephalus*, *M. curema* y sus sexos.

**Table 6.** The *t*-test of the comparison of the structures (scales and otoliths) of *Mugil cephalus*, *M. curema* and their sexes.

Especie	Parámetros			g.l.	$t_{b(0.05)}$
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		
<i>Mugil cephalus</i>					
Especie	40.154	0.864	0.998	3	-6.004*
Hembras	25.230	0.935	0.992	3	-1.317
Machos	8.807	0.939	0.993	3	-1.321
<i>Mugil curema</i>					
Especie	31.278	0.841	0.995	4	-5.437*
Hembras	-0.880	0.971	0.979	4	-0.406
Machos	10.388	0.911	0.986	4	-1.641

\* Conclusión: Rechaza  $H_0$ .

evolución del margen anterior de las escamas (Farrugio, 1975; Cassifour, 1975) validan el método de la lectura de las escamas para la determinación de la edad.

*Mugil curema*

(a) Otolitos

both structures can be indistinctly used to obtain the age. Therefore, during the determination of the age-length relationship of the species, what is really being detected are the differences in growth between sexes. The comparison between sexes employing the same structure is shown in table 7; all the relationships show differences.

En la tabla 4 se muestra la clave talla-edad. A través de este método se obtuvieron seis grupos de edad (del 0 al 5), 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.

#### (b) Escamas

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 u 8, las marcas del crecimiento se presentaron muy cercanas, haciendo confusa la lectura y, por lo tanto, poco precisa. Sin embargo, se pudieron reconocer nueve grupos de edad para esta especie (tabla 5). 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.

#### Valoración de los métodos empleados

La prueba de *t* empleada señaló que en el caso de los sexos, las diferencias no fueron significativas (tabla 6). Por el contrario, para las especies, las escamas y los otolitos no proveen información equivalente. Este resultado muestra que no hay diferencias entre la lectura de escamas y otolitos entre los sexos, por lo tanto, ambas estructuras se pueden usar indistintamente para la obtención de la edad. De acuerdo con lo anterior, al obtener la relación talla-edad para las especies, lo que en realidad se está detectando son las diferencias en el crecimiento entre los sexos. Lo anterior se puede constatar claramente al analizar los resultados de la tabla 7, en la que se presenta la comparación entre los sexos utilizando la misma estructura, mostrándose que todas las relaciones muestran diferencias.

En la tabla 8 se muestran las constantes de la ecuación del crecimiento de von Bertalanffy para ambas especies y sus sexos, utilizando la lectura de escamas y de otolitos. Las diferencias entre las determinaciones son notables, y

The constants of the von Bertalanffy growth equation for both species and for sexes, employing scale and otolith data, are shown in table 8. The differences between these determinations are remarkable and the sum of the squared differences ( $SD^2$ ) between observed and calculated data shows that the better fit to the growth equation is obtained if the values determined by otolith analysis are applied, particularly for *M. curema*.

#### CONCLUSIONS

The otolith *sagitta* shows morphologic variations through each age group in both species of mugilids.

In *M. cephalus*, the percentage of otoliths with fast growth bands in the outer edge is higher from March to August, while the percentage of otoliths with slow growth bands in the margin is higher from October to February.

In *M. curema*, the percentage of otoliths with fast growth bands in the margin is higher from July to November, while the percentage of otoliths with slow growth bands in the outer edge is higher from December to May.

The age determination based on the otolith analysis is valid for both species of mugilids, because each year, one fast growth band and one slow growth band are deposited in the otoliths.

In both species, the formation of the slow growth bands in the otoliths was related to the spawning periods.

Through the analysis of the growth rings in the otoliths it was possible to identify five and six age groups for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively.

Through the analysis of the growth rings in the scales, six and eight age groups were identified for *M. cephalus* and *M. curema*, respectively.

In both species, growth differences between sexes were observed; in general, females obtained higher mean lengths than males.

For the age determination between sexes, scales or otoliths can be indistinctly employed in both species; however, the better fit to the growth equation is obtained using the age-length determination through otolith analysis.

**Tabla 7.** Prueba de *t* para la comparación de los sexos de *Mugil cephalus* y *M. curema* para escamas y otolitos.

**Table 7.** The *t*-test of the comparison of the sexes of *Mugil cephalus* and *M. curema* for scales and otoliths.

Especie/estructura	Parámetros			g.l.	$t_{b(0.05)}$
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		
<i>Mugil cephalus</i>					
Otolitos	17.268	0.933	0.999	3	-28.680*
Escamas	2.967	0.932	0.999	5	-17.106*
<i>Mugil curema</i>					
Otolitos	-23.914	1.084	0.999	4	4.122*
Escamas	-13.189	1.028	0.979	7	2.044*

\* Conclusión: Rechaza  $H_0$ .

**Tabla 8.** Constantes de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para *Mugil cephalus* y *M. curema*.

**Table 8.** Growth data of the von Bertalanffy equation for *Mugil cephalus* and *M. curema*.

Método		$L_\infty$	<i>k</i>	$t_0$	SD <sup>2</sup>
<i>Mugil cephalus</i>					
Especie	escamas	477.7	0.170	-2.367	6.21490
	otolitos	642.4	0.099	-2.849	3.19999
Hembras	escamas	468.7	0.212	-1.624	18.6670
	otolitos	622.9	0.107	-2.669	1.7791
Machos	escamas	438.4	0.215	-1.621	9.7057
	otolitos	603.9	0.105	-2.979	2.7159
<i>Mugil curema</i>					
Especie	escamas	400.3	0.161	-3.839	53.0108
	otolitos	461.4	0.140	-3.624	10.8753
Hembras	escamas	378.0	0.213	-2.970	201.112
	otolitos	454.6	0.135	-3.940	8.0377
Machos	escamas	384.0	0.195	-3.003	252.622
	otolitos	411.8	0.186	-3.026	21.7061

la suma de los cuadrados de las diferencias (SD<sup>2</sup>) entre los valores observados y los calculados muestran que el mejor ajuste al modelo del crecimiento se logra utilizando los valores determinados por la lectura de los otolitos, particularmente para *M. curema*.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Jordi Lleontart of the Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona, Spain, for his support and comments on the manuscript.

## CONCLUSIONES

El otolito *sagitta* presenta variaciones morfológicas a través de los distintos grupos de edad para ambas especies de mugílidos.

Para *M. cephalus*, el porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento rápido en los bordes es mayor durante los meses de marzo a agosto, mientras que el mayor porcentaje de otolitos con bandas de crecimiento lento en los bordes es de octubre a febrero.

En *M. curema*, los meses de crecimiento rápido en los otolitos se presentaron de julio a noviembre y los de crecimiento lento de diciembre a mayo.

Durante 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 de los otolitos sea válida para ambas especies de mugílidos.

La formación de las bandas de crecimiento lento en los otolitos se relacionaron con el periodo de desove en ambas especies.

A través del análisis de los anillos de crecimiento de los otolitos, se identificaron cinco y seis grupos de edad para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente.

El análisis de los anillos del crecimiento de las escamas permitió la identificación de seis y ocho grupos de edad para *M. cephalus* y *M. curema*, respectivamente.

En ambas especies se observan diferencias de crecimiento entre sexos, siendo generalmente mayores las longitudes promedio alcanzadas para las hembras que para los machos.

Para los sexos de estas especies, tanto las escamas como los otolitos pueden usarse indistintamente en la determinación de la edad; sin embargo, el mejor ajuste a la ecuación del crecimiento se logró utilizando la determinación talla-edad, a través de la lectura de los otolitos.

## AGRADECIMIENTOS

A Jordi Leonart, del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona, por sus valiosos comentarios y apoyo constante en la realización del presente estudio.

English translation by the authors.

## REFERENCIAS

- Álvarez, L.S. (1976). Contribución al estudio del ciclo de vida de *Mugil curema* Valenciennes in Cuvier et Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugilidae). Investigaciones Marinas, 28: 130 pp.
- 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. US Fish. Wild. Serv., 58(144): 500-519.
- Beverton, R.J.H. (1954). Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. US Fish Wild. Serv., Fish Lab., Beaufort, Misc. Contrib., 2: 181 pp.
- Bilton, H.T. and Robbins, C.R. (1971). Effects of feeding level on *circulus* formation on scales of young sockeyed salmon (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Bd. Canada, 28: 861-868.
- Botha, L. (1970). The growth of the Cape hake *Merluccius capensis*. Invest. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr., 82: 1-9.
- Botha, L. (1971). Growth and otolith morphology of the Cape hakes. Invest. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr., 97: 1-32.
- Cassifour, P. (1975). Contribution a l'étude de la biologie des mugilidés des réservoirs a poissons du bassin d'Arcachon. Tesis No. 1208, Universidad de Burdeos, Francia.
- Farrugio, H. (1975). Les muges (poissons, Téléostéens) de Tunisie. Répartition et peche. Contribution a leur étude systématique et biologique. Tesis, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, Francia.
- Fishparm (1987). Nonlinear Parameter Estimation for Fisheries. Version 2.1S. By M.H. Prager.
- Ibáñez, A.L. (1995). Algunos aspectos de la dinámica de poblaciones de *Mugil cephalus* (Linneo, 1758) y *M. curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, 216 pp.



- Kesteven, G.L. (1953). Further results of tagging sea mullet, *Mugil cephalus* L., on the eastern Australian coast. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 4: 251-306.
- Morales-Nin, B. (1987). Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. Inf. Téc. Inv. Pesq., 143: 3-30.
- Oren, O.H. (ed.) (1981). Aquaculture of Grey Mullet. Cambridge University Press, Cambridge, 507 pp.
- Quignard, J.P. and Farrugio, H. (1981). Age and growth of grey mullet. In: O.H. Oren (ed.), Aquaculture of Grey Mullet. Cambridge University Press, Cambridge, 507 pp.
- Sánchez, R.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, Universidad Nacional Autónoma de México, 75 pp.