

Crecimiento y desarrollo en *Micromesistius*
(*Gadus, Merlangus*) *poutassou*

I. Desarrollo del otolito

por

C. BAS y E. MORALES

INVESTIGACION PESQUERA
Tomo XXX – Publicado en mayo de 1966

BARCELONA
1966

Crecimiento y desarrollo en *Micromesistius* (*Gadus, Merlangus*) *poutassou*

I. Desarrollo del otolito

por

C. BAS* y E. MORALES*

El estudio de la edad en *M. poutassou* se basa en la interpretación de las bandas de crecimiento que se presentan en los otolitos de esta especie. Como en la mayoría de los peces, los otolitos alojados en las cámaras óticas son tres en cada una de ellas, uno de los cuales es desproporcionadamente mayor que los otros dos. Este otolito de mayor tamaño es el que se conoce con el nombre de *sagita* y es también el que se utiliza para el cálculo de la edad deducido de la lectura del número de bandas alternativamente claras y oscuras. Esta técnica para la determinación de la edad es común para muchas especies de peces. El examen con este fin de unos 1700 otolitos de esta especie, nos ha llevado a la conclusión de que existe una gran variabilidad en la amplitud y situación de cada una de las bandas de crecimiento tanto invernales como primaverales.

A fin de esclarecer las causas y los tipos de variación presentes en los otolitos de *M. poutassou* se han realizado las investigaciones que se exponen a continuación. Tres son los aspectos analizados, los cuales están estrechamente ligados al problema planteado: en primer lugar, la relación existente entre el crecimiento del otolito y el del pez así como el desarrollo del propio otolito; en segundo lugar la variación en el tamaño del núcleo del otolito y por último las variaciones observadas en la amplitud de las bandas de crecimiento.

* Instituto de Investigaciones Pesqueras. Paseo Nacional, s/n. BARCELONA-8.

El examen y medición de los otolitos se ha efectuado como sigue: de las dos sagitas existentes en cada ejemplar se ha escogido la correspondiente a la cámara óptica derecha. Así se eliminan posibles diferencias debidas a variaciones existentes entre los otolitos del mismo ejemplar. Las medidas tomadas son tres: la anchura, la longitud y el peso. Las dos primeras están expresadas en milímetros y la aproximación hasta

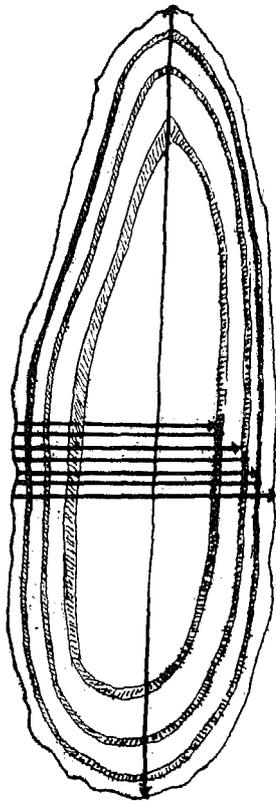


FIG. 1. — Medidas tomadas en los otolitos.

la media décima de milímetro. El peso se expresa en miligramos aproximando hasta el medio miligramo. El examen y medición de las bandas es mucho más dificultoso. Dicho examen se ha realizado en sentido transversal y sobre el borde más fino del otolito. Cada otolito se ha examinado al microscopio con bajo poder de amplificación, unos 10 diámetros aproximadamente. La imagen obtenida por el microscopio se ha dibujado con ayuda de una cámara clara y sobre el dibujo obtenido se

ha podido medir con toda comodidad tanto la amplitud del núcleo como la de cada una de las bandas y la anchura total. La conversión de estas medidas a medidas reales se lleva a cabo por simple proporcionalidad entre la anchura real del otolito y la obtenida de la imagen. El examen de los otolitos se realiza por transparencia utilizando luz incidente perpendicularmente sobre el otolito. En muchas ocasiones la visión oblicua exterior al microscopio —a simple vista— permite identificar *a priori* las bandas

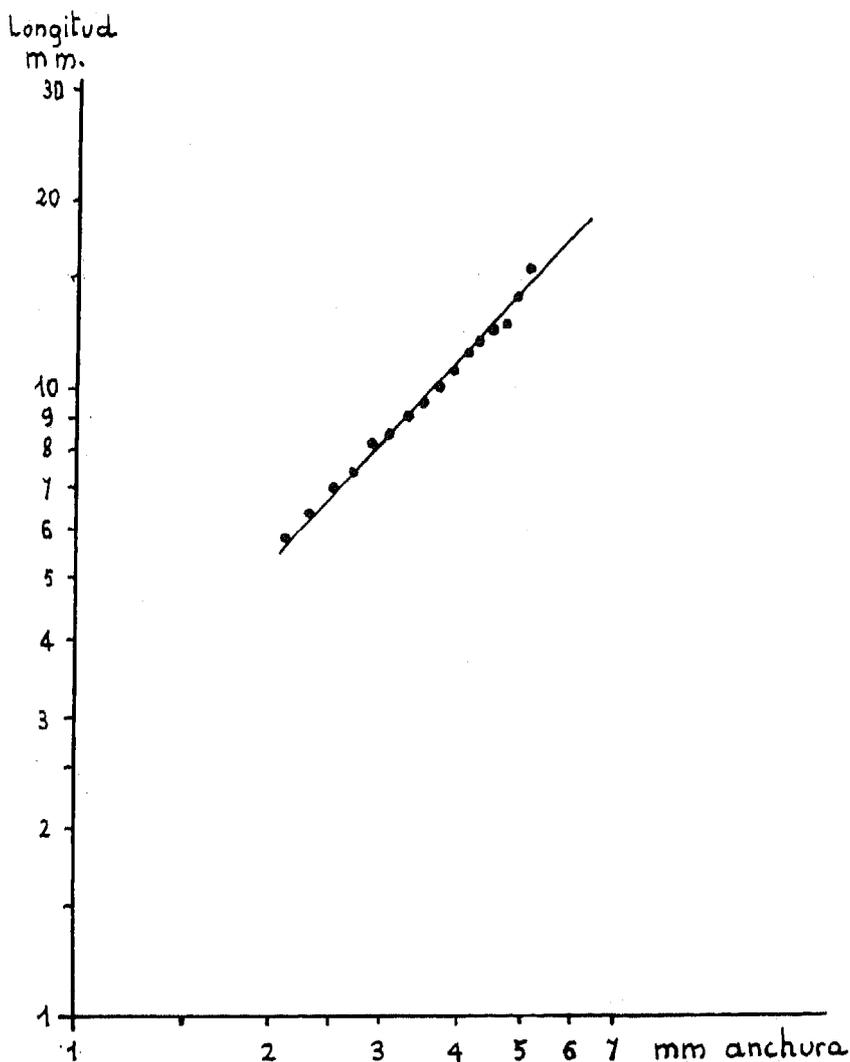


FIG. 2.—Línea de regresión entre la anchura del otolito y la longitud del mismo. Ambas medidas han sido tomadas en milímetros y se representan a escala logarítmica.

que luego son amplificadas con ayuda del microscopio para facilitar la medición, aunque con gran pérdida de claridad. En la figura 1 se indican las diferentes medidas efectuadas. Para facilitar la mayor nitidez de los anillos se han ensayado diferentes procedimientos —inmersión en aclarantes, examen en seco, etc.—, pero los mejores resultados los hemos obtenido utilizando otolitos recién extraídos de la cámara óptica y sumergidos en agua mientras se examinan al microscopio.

Antes de iniciar el estudio de los otolitos será interesante resumir brevemente el resultado obtenido examinando algunas piezas óseas para la determinación de la edad. Se han examinado unas pocas crestas occipitales y bastantes huesos operculares. Las primeras se caracterizan por su nitidez y aunque en algunas de ellas presentan rayas bien marcadas no hemos podido encontrar relación clara con el crecimiento de estos peces. Experiencias efectuadas en *Gadus minutus* parecen indicar que estas piezas pueden ser utilizadas con éxito para esta especie. La segunda pieza ósea utilizada ha sido el hueso opercular. El examen de estas piezas en *M. poutassou* obliga a prescindir de las mismas ante la imposibilidad de llegar a resultados convincentes en la interpretación de ritmos de crecimiento. En general se presentan en la mayoría de los huesos operculares gran número de rayas o estriaciones paralelas al borde del mismo cuyo exacto significado no hemos podido descubrir y que carecen de homología entre ejemplares de la misma edad o procedentes del mismo grupo. Por otra parte la comparación de huesos operculares con otolitos en ejemplares bien caracterizados en cuanto a la edad, no permite encontrar la menor analogía entre las bandas de los otolitos y las numerosas rayas existentes en los huesos operculares. En la parte correspondiente a la cresta opercular aparecen unas bandas formadas por gran número de estriaciones. Se pensó si estas bandas podrían servir para identificar la edad, pero hubo que desecharlas por los mismos motivos citados más arriba. Por último la muestra correspondiente al día 29 de abril de 1953, está formada por animales de pocos meses de vida, con otolitos que presentan tan sólo el núcleo en formación sin el menor indicio de anillo y, sin embargo, los huesos operculares de estos mismos animales muestran gran número de rayas periféricas, lo que demuestra que tales rayas no pueden corresponder a ritmos ligados con la edad.

ASPECTO EXTERNO DEL OTOLITO Y SU VARIACIÓN CON LA EDAD

El otolito en estos peces es bastante grande, carácter común a la familia de los gádidos. A diferencia de otras especies es más bien grueso, cosa que dificulta la lectura de las bandas a medida que el animal va

envejeciendo. El otolito es de forma alargada, aguzado por uno de los extremos y redondeado por el otro. Una de las caras es algo abultada y la otra más bien plana aunque de superficie menos lisa. En los ejemplares jóvenes, con otolito de alrededor de 5,5 mm de longitud, éstos se presentan con los bordes muy festoneados y con numerosas papilas más o menos alineadas longitudinalmente en la parte que consideramos ventral o inferior. Ambos bordes longitudinales aparecen sensiblemente si-

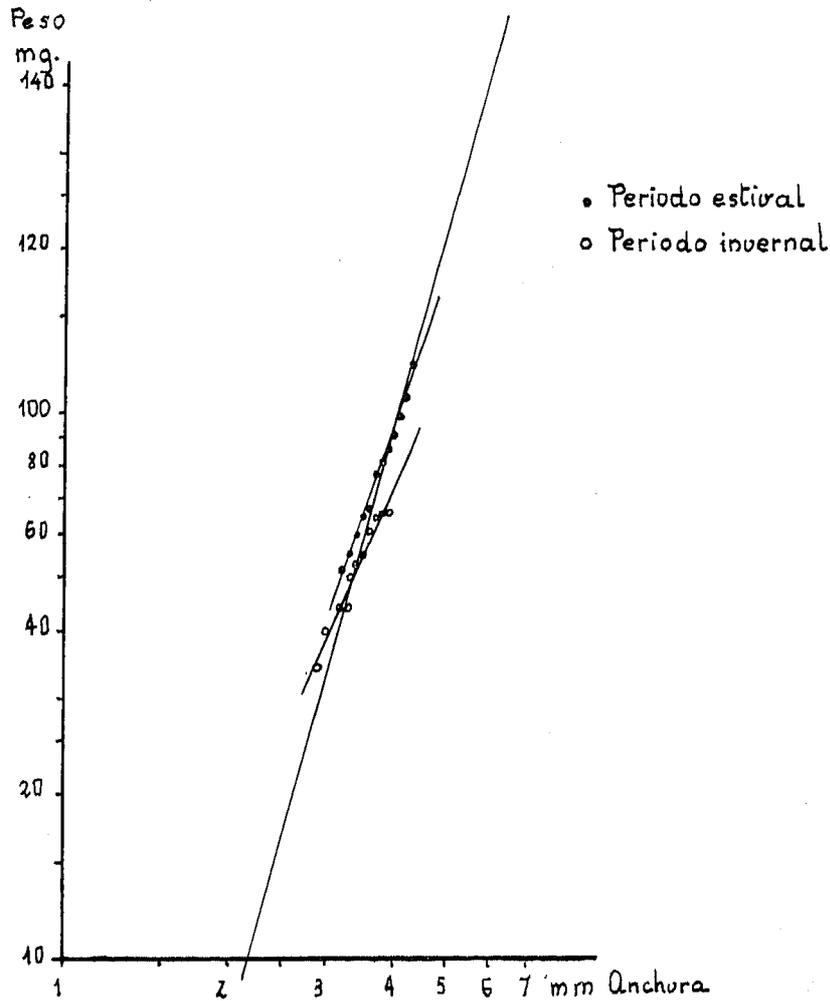


FIG. 3. — Línea de regresión entre la anchura del otolito y el peso. Ambas medidas están expresadas a escala logarítmica. Los círculos llenos se refieren a la relación durante el período de crecimiento activo, y los círculos huecos a la misma relación durante el período de crecimiento lento. La línea de trazo fino corresponde a la relación entre ambas medidas durante todo el período vital.

métricos respecto al eje mayor. En la superficie aparecen surcos radiales profundos y en la cara abultada, considerada como dorsal, se inicia la formación de un surco longitudinal. En otolitos de mayor tamaño, de unos 10 mm de longitud, la simetría tiende a desaparecer, la superficie se alisa, las lobulaciones de los bordes son menos marcadas y, uno de ellos, el menos grueso, es sensiblemente rectilíneo. El surco dorsal es más patente y la línea de papilas ventrales se destaca menos. La superficie dorsal es bastante curva, carácter que se acentúa con la edad. Esta curvatura es ostensible tanto en sentido transversal como en el longitudinal especialmente en los ejemplares más viejos. En los otolitos de mayor talla, alrededor de los 15 mm de longitud, la asimetría es bien patente siendo uno de los bordes bastante recto y el opuesto algo lobulado, más bien curvo. El surco dorsal es amplio y de fondo plano con la superficie de esta cara muy curvada. La parte ventral, más plana, presenta, en sección transversa, una disminución brusca de espesor en sentido longitudinal, a nivel de la primitiva línea de papilas.

Las bandas observadas por transparencia muestran una opacidad notable en las zonas correspondientes a los períodos de crecimiento intenso y son bastante translúcidas en las que corresponden al período de crecimiento invernal menos intenso. Utilizando la parte central del otolito las bandas externas en los otolitos aparecen muy juntas cuando se trata de animales viejos, lo cual dificulta su interpretación y su medida. Aparentemente hubiera sido más útil efectuar la lectura en el extremo aguzado del otolito, pues en esta zona las bandas se muestran más amplias y más destacadas. No obstante, se ha desechado por dos motivos, ambos de tipo práctico: el primero porque gran número de otolitos presentan la punta rota a causa de su extrema fragilidad, lo cual disminuiría notablemente el número de ejemplares utilizables y en segundo lugar porque al efectuar la lectura utilizando un microscopio el eje longitudinal del otolito sobrepasa el óptico dificultando la obtención de las medidas.

En la gran mayoría de los otolitos estudiados existe una clara disrupción de las bandas invernales al pasar de los extremos, a la región media utilizada para la lectura. Esta particularidad dificulta al principio la identificación del número y valor de las bandas. La identificación de las bandas claras marginales presenta también sus problemas, ya que con frecuencia el borde es muy transparente y se puede confundir con una banda invernal, sólo distinguible por la tonalidad algo más amarillenta de estas últimas. Con frecuencia las bandas en formación no son claramente identificables hasta el final del período de crecimiento correspondiente y sólo son aparentes rastros opacos a nivel de los radios o estrías radiales primitivas. Esta circunstancia es causa, a menudo, de interpretaciones erróneas de las bandas de crecimiento considerando como invernales zonas de crecimiento activo en formación.

DESARROLLO DEL OTOLITO

El desarrollo del otolito a lo largo de la vida del pez ha sido estudiado comparando la anchura y la longitud del mismo así como el tamaño y el peso a lo largo de la vida del pez. El conjunto de los otolitos examinados muestra un campo de variación en anchura entre 1,9 mm y 5,1 mm correspondientes a ejemplares de *M. poutassou* que varían desde 12 hasta 33 cm de longitud total del cuerpo. Para el cálculo de la relación alométrica existente entre la anchura y la longitud del otolito, las medidas correspondientes a la anchura se han agrupado por clases de dos en dos décimas de milímetro, escogiendo los valores impares. Así, a la

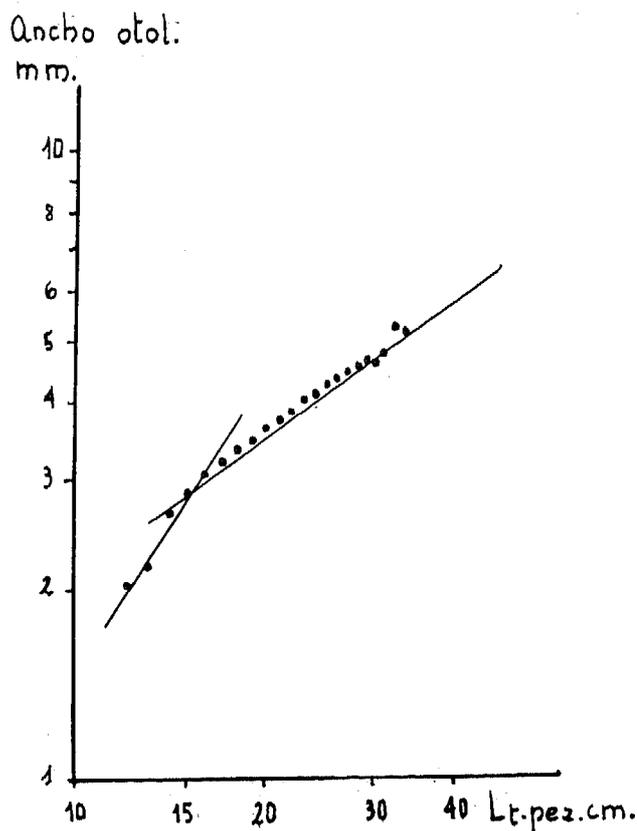


Fig. 4. — Línea de regresión entre la longitud total de *M. poutassou* y la anchura total del otolito. La primera de las dos medidas está expresada en centímetros, y la segunda en milímetros.

clase 31 décimas de milímetro se han adscrito las anchuras de 30, 30,5, 31 y 31,5 décimas de milímetro. El número total de otolitos examinados es de 644. La disminución en número se debe a la rotura del extremo aguzado en bastantes otolitos.

La relación existente entre ambas medidas viene expresada por el valor del exponente o índice alométrico, $k = 1,017$. Se trata por tanto de una relación claramente isométrica sin variaciones a lo largo del desarrollo, con lo que la forma sustancial de los otolitos se mantiene prácticamente constante en el transcurso de la vida del pez. La fórmula alométrica encontrada es la siguiente :

$$y = 2,616 \cdot x^{1,017}$$

Donde y representa la longitud y x la anchura del otolito.

Como que la longitud y la anchura son prácticamente isométricas, para encontrar la relación entre el tamaño y el peso de los otolitos bastará relacionar esta última medida con la anchura o la longitud indistintamente, lo hacemos con la anchura por simple comodidad. El número total de ejemplares pesados es de 406. La distribución en clases se ha hecho siguiendo el mismo criterio expuesto anteriormente. La relación entre la anchura y el peso se caracteriza por el valor del índice alométrico k igual a 3,302. Este valor es considerablemente elevado y significa la relación de conjunto entre el tamaño y el peso de los otolitos. La fórmula encontrada es la siguiente :

$$y = 0,0004484 \cdot x^{3,302}$$

y representa el peso y x la anchura del otolito.

Este valor tan elevado superior a lo que podría esperarse de una relación isométrica, $k = 3$, hace pensar en la existencia de materiales pesados que elevan el valor del índice o en simples variaciones del tratamiento estadístico como luego se verá.

Es sabido que en los peces el crecimiento experimenta variaciones rítmicas y que estas variaciones se manifiestan en diversas partes del cuerpo y concretamente en los otolitos, lo cual sirve, como se ha dicho, para la identificación de la edad. Aparte de variaciones en la amplitud de las bandas claras y oscuras que se estudiará más adelante, cabía pensar en un mayor depósito de sustancias minerales, especialmente sales de calcio, durante el período de crecimiento activo. A este fin se ha relacionado el peso de los otolitos con la talla de los mismos en momentos y muestras característicos del período de crecimiento lento y del crecimiento intenso. En primer lugar se han examinado 86 ejemplares con una sola banda clara en el borde, primer anillo de crecimiento invernal, y en segundo lugar otros 71 ejemplares que presentan una banda oscura en formación, o sea que inician su segundo año de vida. La relación entre el

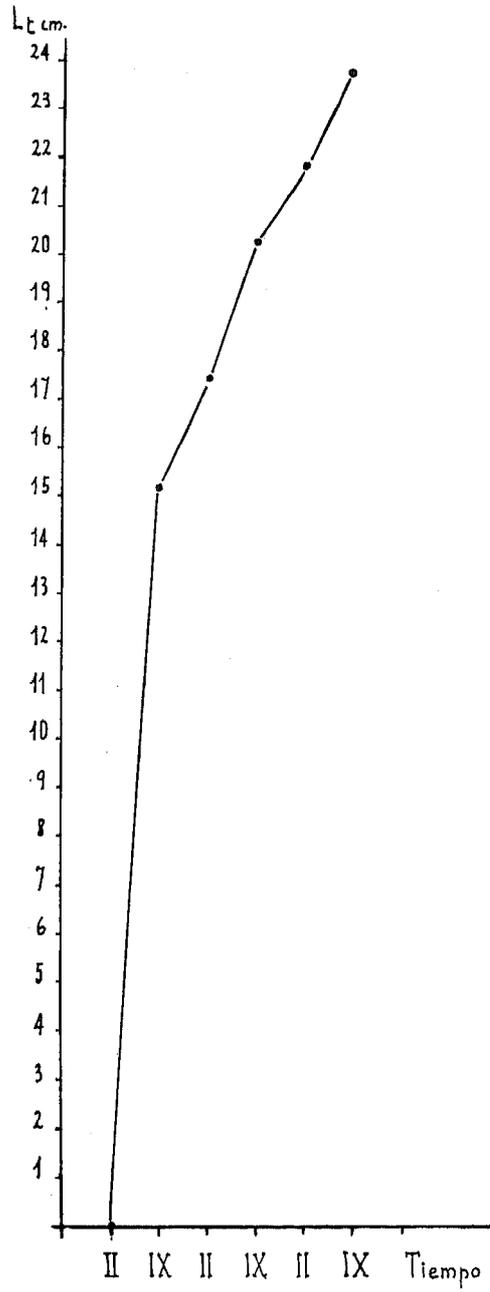


Fig. 5. — Expresión gráfica del crecimiento semianual de *M. poutassou*.

peso y la anchura muestra claramente que el aumento en peso es sensiblemente superior durante el período de crecimiento rápido, $k = 2,767$, mientras en el de crecimiento amortiguado, $k = 2,332$, es algo inferior. De ello resulta que mientras transcurre el crecimiento de primavera y verano con mayor actividad, el depósito de materiales inorgánicos es más intenso que en iguales circunstancias durante el invierno. Esto está de acuerdo con la mayor opacidad de las bandas de crecimiento activo según se deduce de la experiencia en todos los casos, en ésta y en otras especies. Parece lógico que el valor del índice alométrico, k , se mantuviera, considerado en conjunto, en un punto intermedio entre los dos valores citados en las líneas que anteceden. Sin embargo, la simple disposición de las líneas de regresión en cada uno de los tres casos considerados hace que el valor de conjunto sea superior al que muestran cada uno de los dos lotes examinados en particular, debido a que ambos se superponen parcialmente y por ello la línea resultante corta con mayor pendiente a ambas de lo que se deduce que el valor del índice de regresión ha de ser superior. Así el valor $k = 3,302$ representa posiblemente la tónica general que rige la relación entre el tamaño y el peso de los otolitos con independencia de circunstancias particulares. Por el contrario los dos valores citados posteriormente son ejemplos particulares más bien minimizados. Sin embargo, aquí lo único que interesa hacer resaltar es que el valor hallado para el período de crecimiento activo es superior al del período de crecimiento lento, prescindiendo hasta cierto punto de los valores numéricos. En realidad no representan el crecimiento de un individuo a lo largo del período sino la dispersión producida durante el mismo —diferencias en el crecimiento absoluto— mayores en un caso que en otro.

RELACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO DEL OTOLITO Y EL DEL PEZ

La relación entre estos dos aspectos del desarrollo resulta de interés. Se ha relacionado la anchura del otolito con la longitud total del animal. En la gráfica correspondiente puede observarse con claridad un cambio de ritmo cuando los peces llegan a la talla de 15 a 16 cm. En el primer período el valor alométrico k es igual a 1,617 indicador de una fuerte alometría positiva, mientras en el segundo período la relación alométrica es totalmente negativa, $k = 0,706$. El valor en conjunto es solamente algo negativo, igual a 0,839. Es interesante señalar que esta variación tiene lugar en el momento en que estos animales abandonan la vida pelágica, considerablemente prolongada en esta especie, y al mismo tiempo se preparan para iniciar su primer ciclo sexual. El conocimiento

de estas mutuas relaciones es de sumo interés al deducir de la anchura de las bandas de crecimiento la longitud teórica de los peces que como acabamos de ver no puede deducirse por el empleo de una simple relación lineal, única para todo el período de crecimiento.

Relacionando los índices alométricos encontrados anteriormente con los que rigen la relación entre el crecimiento de la cabeza y el del cuerpo (BAS, 1964) se observa que existe cierto paralelismo entre el desarrollo de los otolitos y la cabeza si bien esta última muestra más suavizado el cambio que tiene lugar alrededor de los 170 mm de longitud total. El valor del índice en la cabeza pasa de 0,943 a 0,916.

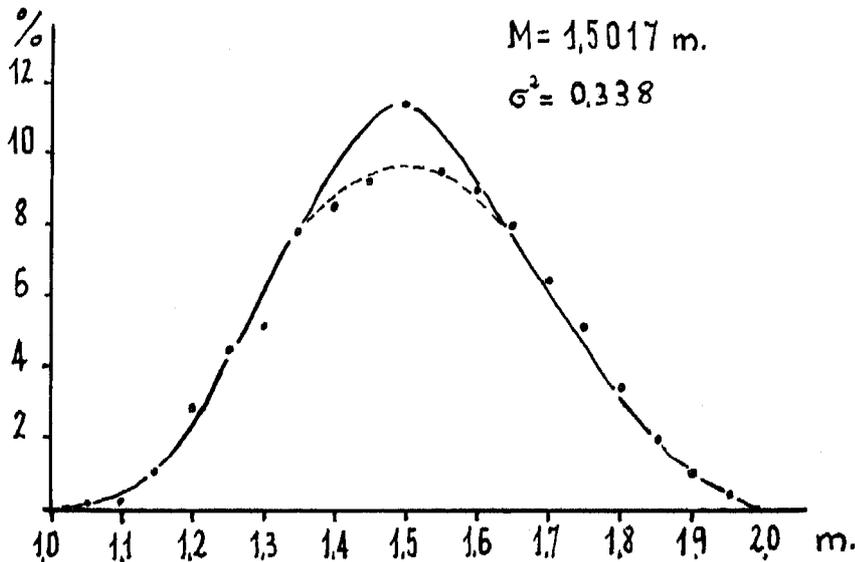


FIG. 6. — Distribución de las frecuencias de la amplitud de los núcleos de otolito de *M. poutassou*. Nótese la mayor frecuencia del valor medio.

DIMENSIONES MEDIAS DEL NÚCLEO Y DE LAS DIFERENTES BANDAS DE CRECIMIENTO

La anchura de los núcleos examinados muestran una variación que se extiende en un campo relativamente amplio siendo los valores extremos 1,05 mm, y 1,95 mm. En algunos casos dudosos se han encontrado otolitos cuyo núcleo presentaba dimensiones ya sea superiores o inferiores a las citadas anteriormente como límites de la dispersión. En tales casos estas medidas no se han tenido en cuenta por estimarse que en el caso de tratarse de dimensiones inferiores podía tratarse de un núcleo

aberrante y en el caso contrario cabía la posibilidad de que la primera banda de crecimiento no hubiera sido identificada y quedara englobada dentro del núcleo. La distribución como puede observarse en la gráfica adjunta es prácticamente normal con un valor modal de 1,5 mm y una media prácticamente igual, 1,5017 mm. La dispersión cuadrática media se estima en 3,38.

Por lo que atañe a la amplitud de la primera banda de crecimiento invernal o sea la primera que se forma después del núcleo, el número

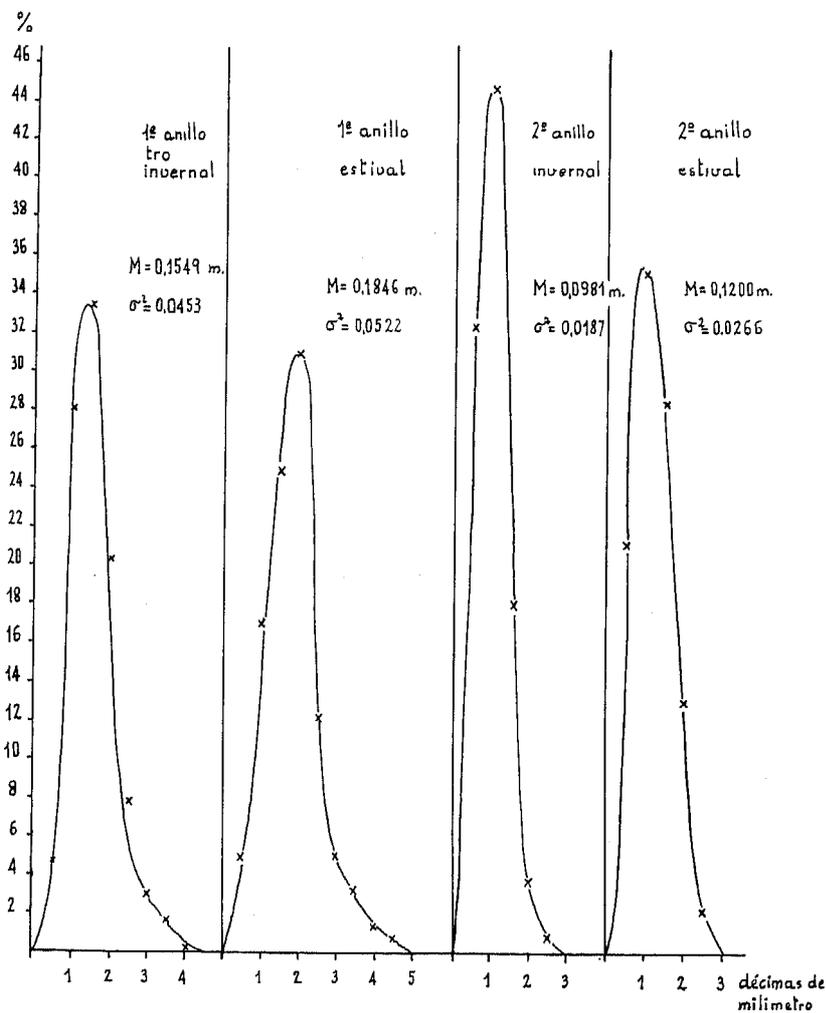


Fig. 7. — Distribución de las frecuencias de las amplitudes de cada una de las bandas de crecimiento. Las medidas han sido tomadas en la parte central del otolito de *M. poutassou*.

de otolitos examinados ha sido de 1021 en los cuales dicha banda invernal se halla totalmente delimitada y completamente desarrollada. En contraposición a la normalidad observada en la distribución de los núcleos de los otolitos, las bandas se distribuyen de manera un tanto asimétrica de tal forma que la gráfica tiende a prolongarse en la zona de los valores más altos. Esta tendencia se acentúa progresivamente a medida que se trata de bandas de crecimiento más avanzado. En la primera banda invernal el valor medio es igual a 0,1549 mm. En la banda siguiente que es la primera estival con crecimiento un tanto más intenso este valor medio aumenta alcanzando 0,1846 mm de valor medio. Por el contrario, en la segunda banda de crecimiento invernal el descenso es considerable como se puede deducir del valor medio observado en la distribución 0,0981 mm. La segunda banda opaca o sea la que corresponde al segundo período estival después de la formación del núcleo el tamaño medio aunque inferior al ciclo anterior se manifiesta superior al señalado para la banda anterior y es igual a 0,1200 mm. Se observa por tanto y como era de esperar una disminución progresiva en la anchura de las bandas o anillos de crecimiento, con la particularidad de que esta disminución no aparece de forma continua sino más bien como describiendo un ritmo ondulatorio con tendencia a desaparecer. Este ritmo presenta los valores máximos en la época estival y los mínimos en la invernal. En la gráfica adjunta queda bien patente junto con el crecimiento rápido del núcleo la progresiva disminución del crecimiento en cada una de las bandas.

La exposición que acabamos de hacer parte de la base, que se ha comprobado con el examen de los otolitos, de que el inicio del crecimiento rápido estival se da en febrero mientras la formación de la banda de invierno correspondiente al período de crecimiento lento tiene lugar en el mes de septiembre. Claro está que existen variaciones, aunque siempre pequeñas por lo que atañe a la amplitud y al inicio de los períodos respectivos. Por otra parte la reproducción en esta especie tiene lugar en el mes de febrero habiéndose comprobado en los diferentes años estudiados que dicho proceso vital se realiza prácticamente de manera masiva y durante un breve espacio de tiempo. Teniendo en cuenta estas circunstancias los datos de crecimiento obtenidos corresponden a períodos semianuales todo lo cual permite un análisis más fino del proceso de crecimiento en vez de utilizar simplemente los datos anuales.

Utilizando la fórmula de la ecuación de regresión que relaciona el crecimiento del pez con el de su otolito según se expresa más arriba y teniendo en cuenta que la mayor parte de los ejemplares estudiados —de los 15 cm de longitud total en adelante— se rigen por la fórmula alométrica correspondiente a la segunda etapa resulta fácil calcular la talla en cada uno de los semianualidades según se indica en la tabla que sigue :

PRIMER AÑO

Febrero	0,00 mm de longitud total del pez
Septiembre	152,37 mm » » » » »

SEGUNDO AÑO

Febrero	175,12 mm » » » » »
Septiembre	203,35 mm » » » » »

TERCER AÑO

Febrero	218,83 mm » » » » »
Septiembre	238,31 mm » » » » »

El crecimiento es, según se deduce de los datos que anteceden extraordinariamente vigoroso durante el primer semestre, período durante el cual tiene lugar la formación del núcleo del otolito. Por el contrario los períodos de crecimiento posteriores son mucho más limitados y el animal tiende rápidamente hacia una posición límite expresada teóricamente por la talla máxima alcanzable.

RESUMEN

A fin de obtener una visión lo más detallada posible del crecimiento y desarrollo de *M. poutassou* se ha procedido a la lectura y medición de unos 1700 otolitos de esta especie. Las medidas se refieren a la anchura y longitud totales, peso, amplitud del núcleo y amplitud de cada una de las bandas de crecimiento. La relación entre la anchura y la longitud muestra que el otolito es perfectamente isométrico en su desarrollo. Sin embargo, su crecimiento comparado con el del animal se rige por dos relaciones distintas: la primera corresponde al índice alométrico 1,617 y la segunda al índice 0,706. Esta variación coincide con la observada anteriormente (BAS, 1964) entre la longitud total y el tamaño de la cabeza. El examen del peso comparado con la talla muestra un mayor aumento de peso en verano de acuerdo con la mayor opacidad de las bandas. En general el crecimiento del núcleo es considerable y en cada banda se aprecia claramente la mayor intensidad del crecimiento estival. El resultado es un crecimiento de ritmo semianual y decreciente en amplitud.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN «MICROMESISTIUS POUTASSOU»

SUMMARY

The growth and development in *Micromesistius (Gadus, Merlangus) poutassou*. I. Development of the otoliths. — For the best knowledge of the growth and development in *M. poutassou*, we have employed the otoliths (1700 specimens) of which an otolith has been observed and following measurements taken: width, length, width of the core and width of the growth rings. The relation between width and length is quite isometric during the development. The relation between the width of the otolith and the fish-length is described by two allometric indices: 1,617 for fishes 16 cm length, and 0,706 for fishes between 16 and 33 cm length. The allometric growth of the otolith and the head in these fishes agrees. The weight of the otolith is more in the period February-September and also the opacity of the ring. The opacity of the core of the otolith is strong and the summer-ring grows more than the winter-ring. A rhythmic growth with a half-year period is very apparent in these

BIBLIOGRAFÍA

- BAS, C. — 1964. Aspectos del crecimiento relativo en peces del Mediterráneo occidental. *Inv. Pesq.*, 27, 13-119.

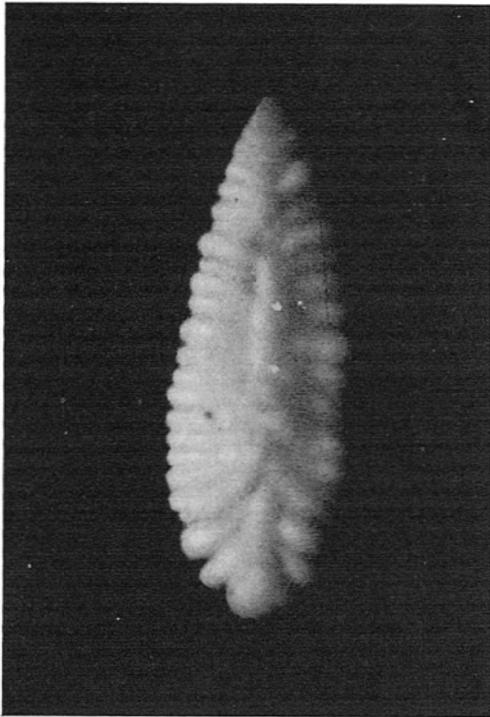


FIG. 8. — Otolito de *M. poutassou* con el núcleo en formación.

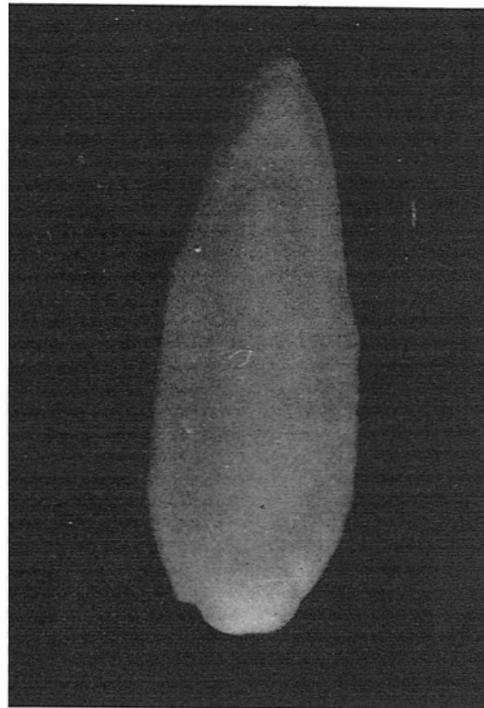


FIG. 9. — Otolito mostrando dos bandas de estructura dudosa, especialmente la más interior. Este tipo es común en los otolitos de esta especie. Banda invernal en oscuro.



FIG. 10. — Otolito con dos bandas invernales bien manifiestas.

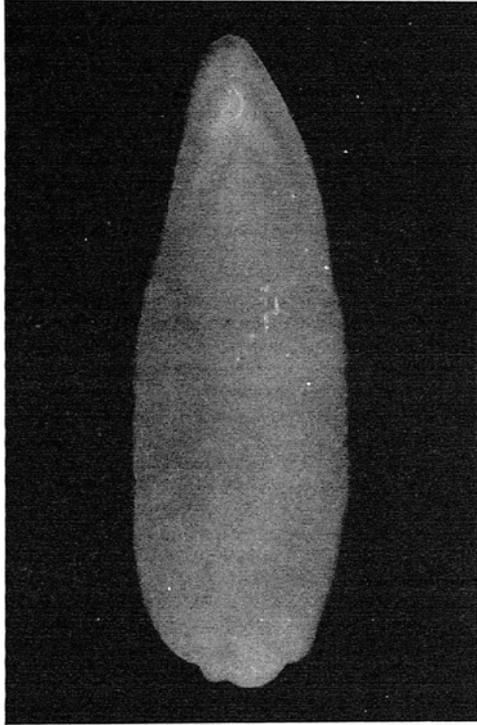


FIG. 11. — Otolito mostrando tres bandas invernales.

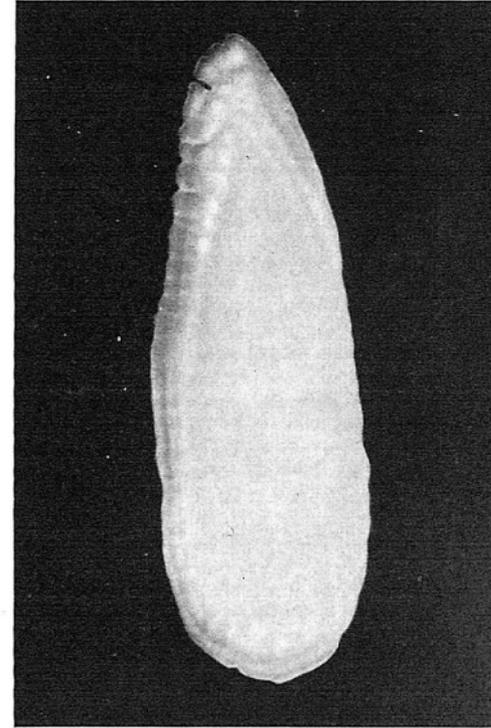


FIG. 12. — Otolito en el que se distinguen claramente las cuatro bandas invernales.