

## Taxonomía numérica de Nototheniidae en base a la forma de los otolitos\*

ANTONIO LOMBARTE<sup>1</sup>, JAIME RUCABADO<sup>1</sup>, JESUS MATALLANAS<sup>2</sup> y  
DOMINGO LLORIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de Ciències del Mar de Barcelona C.S.I.C., Passeig Nacional, s/n - 08039 Barcelona [Spain]

<sup>2</sup> Departament de Zoologia. Universitat Autònoma de Barcelona Bellaterra (Barcelona) [Spain].

**RESUMEN:** Para reconocer los perfiles de otolitos se ha utilizado un método cuantitativo, generado mediante el desarrollo de imágenes digitalizadas, que los analiza y clasifica. La aplicación se ha efectuado sobre 21 *sagittae*, pertenecientes a seis especies de los géneros *Eleginops*, *Paranotothenia*, *Patagonotothen* de la familia de los Nototénidos, que presenta numerosos conflictos desde la perspectiva sistemática y filogenética. Los resultados obtenidos son equiparables a los alcanzados en trabajos de corte filogenético basados en caracteres anatómicos externos. El método, tiende a separar las especies con *sagittae* de características primitivas de las más modernas.

*Palabras clave:* análisis de imagen, otolitos, Nototheniidae.

**SUMMARY:** NUMERICAL TAXONOMY OF NOTOTHENIIDAE USING OTOLITH PROFILES. A numerical approach has been used to analyze the profile of *sagittae* of fishes for systematic purposes. The methodological procedure follows these steps: otolith profile hand drawn using a drawing attachment coupled to a dissecting stereo microscope; obtained profiles are read by a TV camera coupled to a computer; the profile is digitized and filtered by means of appropriate image processing software and the center of gravity (c.g.) is computed; the digitized profile is resampled at isodistances from the profile point farthest from the c.g. and clockwise (100 new points for each profile) and the distances to the c.g. for each new point are computed. These sequential distances to the c.g. produce a numerical spectrum; spectra from different otoliths are treated by advanced statistical methods. 21 right side *sagittae* belonging to three genera of Nototheniidae (*Eleginops*, *Paranotothenia* and *Patagonotothen*) caught in the Beagle Channel (Tierra del Fuego, Argentina) have been analyzed by this method. The results are equivalent to those performed by external morphology, grouping species in regard to described phylogenetic criteria.

*Key words:* image analysis, otoliths, Nototheniidae.

### INTRODUCCIÓN

El oído interno de los osteíctios presenta tres otolitos denominados *lapillus*, *asteriscus* y *sagitta*. La mayoría de estudios efectuados sobre estas concreciones de consistencia dura se han centrado en el otolito de mayor tamaño, que generalmente es la *sagitta*. Los términos usados en la descripción de ésta se muestran en la figura 1.

La forma del otolito es un carácter ligado a la especie. La posibilidad de identificar individuos mediante los otolitos ya fue utilizada en 1884 por el paleontólogo alemán Koken (citado por SCHWARZ-

HANS, 1980). Recientemente, diversos autores han señalado de nuevo el carácter específico de la forma y el crecimiento de los otolitos (NOLF, 1980; POPPER, 1981; GAEMERS, 1984). Las variaciones interespecíficas son mayores en la *sagitta*, siendo menores en el *asteriscus* y el *lapillus* (POPPER y COOMBS, 1982), evidenciando que las características morfológicas de la *sagitta* pueden indicar relaciones entre taxones (SCHMITT, 1969). Debido a estas peculiaridades el estudio descriptivo de la morfología de la *sagitta* ha sido utilizado con fines paleontológicos y filogenéticos por varios autores (NOLF 1979, 1980; SCHWARZHANS, 1980; GAEMERS, 1984).

\* Recibido el 5 de marzo de 1990. Aceptado el 6 de febrero de 1991.

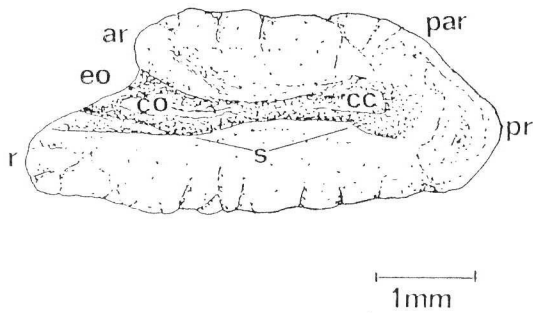


FIG. 1. — Cara medial de la *sagitta* derecha de un ejemplar de *Patagonotothen tessellata* de 18 cm de talla (longitud total). ar- antirostrum, cc- colliculum caudal, co- colliculum ostial, eo- excisura ostii, par- postantirostrum, pr- postrostrum, r- rostrum, s- sulcus. Right *sagitta* of a specimen belonging to *Patagonotothen tessellata* of 18 cm total length. ar- antirostrum, cc- colliculum caudal, co- colliculum ostial, eo- excisura ostii, par- postantirostrum, pr- postrostrum, r- rostrum, s- sulcus.

A otro nivel, el uso de las singularidades morfo-métricas de los otolitos ha sido muy útil para diferenciar poblaciones o especies (WOOD y FOSTER 1966; MESSIEH, 1972; YEFANOV y KHOREVIN, 1980; GAERTNER, 1982; GIEDZ, 1982; BORI, 1986).

Con el avance de las técnicas de proceso de imágenes digitalizadas se han abierto nuevas posibilidades de estudio para los otolitos, esencialmente en el campo de la determinación de edad (BERMAN *et al.*, 1984; TZENG y YU, 1988) y la separación de poblaciones (MESSIEH y MACDOUGALL, 1985). Sin embargo, ha sido en el estudio morfológico de otros grupos zoológicos donde se establecieron y desarrollaron las bases para describir y clasificar formas (ROHLF y ARCHIE, 1984; FERSON *et al.*, 1985). Estas técnicas son aplicables a estructuras aplanadas que pueden representarse bidimensionalmente, como la *sagitta* de algunas especies.

Los trabajos realizados hasta ahora con otolitos de *Nototheniidae* se pueden dividir en dos grupos básicos: los estudios de crecimiento (NORTH *et al.*, 1980; SCHNEPPENHEIM y FREYTAG, 1980; TOWNSEND, 1980; BURCHETT *et al.*, 1984) y las descripciones morfológicas de la *sagitta* incluidas dentro de trabajos con un enfoque sistemático (HUREAU, 1962).

Con objeto de probar la bondad del método, se ha aplicado a una serie de otolitos pertenecientes a tres géneros de la familia *Nototheniidae* previamente identificados siguiendo las pautas de su morfología externa e interna. Dicha familia incluye taxones cuya identificación mediante los caracteres anatómicos es ciertamente dificultosa dada la proximidad de formas, y algunas no son universalmente aceptadas. El

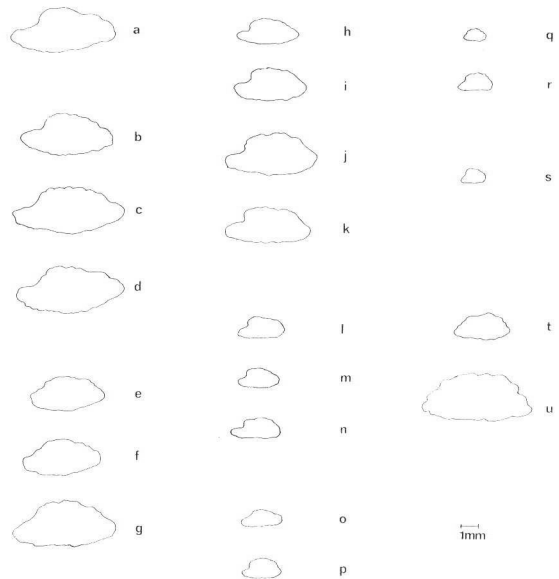


FIG. 2. — Contornos de las *sagittae* estudiadas, dibujados a través de cámara clara y a los mismos aumentos. A continuación de cada nombre específico aparece un código de referencia: los dos dígitos de la izquierda indican la talla (longitud total en cm), el dígito de la derecha es un número de referencia. a- *Patagonotothen longipes ramsayi* 171. b- *Patagonotothen longipes wiltoni* 191. c- *P. longipes wiltoni* 192. d- *P. longipes wiltoni* 201. e- *Patagonotothen longipes* sp. 131. f- *P. longipes* sp. 141. g- *P. longipes* sp. 201. h- *Patagonotothen tessellata* 091. i- *P. tessellata* 151. j- *P. tessellata* 171. k- *tessellata* 181. l- *Patagonotothen cornucola* 081. m- *P. cornucola* 082. n- *P. cornucola* 091. o- *Patagonotothen* sp. cf. *cornucola* 071. p- *P. sp.* cf. *cornucola* 081. q- *Paranotothenia magellanica* 081. r- *P. magellanica* 111. s- *Paranotothenia angustata* 071. t- *Eleginops maclovinus* 131. u- *E. maclovinus* 231.

Profiles of the studied *sagittae*, from binocular view at same magnitude. Codes on the right of each binomial mean: the two left figures size of specimen (total length, cm); the following figure (rightmost one) is specimen code. a- *Patagonotothen longipes ramsayi* 171. b- *Patagonotothen longipes wiltoni* 191. c- *P. longipes wiltoni* 192. d- *P. longipes wiltoni* 201. e- *Patagonotothen longipes* sp. 131. f- *P. longipes* sp. 141. g- *P. longipes* sp. 201. h- *Patagonotothen tessellata* 091. i- *P. tessellata* 151. j- *P. tessellata* 171. k- *P. tessellata* 181. l- *Patagonotothen cornucola* 081. m- *P. cornucola* 082. n- *P. cornucola* 091. o- *Patagonotothen* sp. cf. *cornucola* 071. p- *P. sp.* cf. *cornucola* 081. q- *Paranotothenia magellanica* 081. r- *P. magellanica* 111. s- *Paranotothenia angustata* 071. t- *Eleginops maclovinus* 131. u- *E. maclovinus* 231.

método propuesto pretende obtener evidencias adicionales para contribuir a la precisión sistemática de los taxones implicados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Especies estudiadas

Los ejemplares con los que se ha trabajado pertenecen a la familia *Nototheniidae*. Han sido obtenidos durante las campañas efectuadas en Ushuaia (Canal

CUADRO 1. — Especies estudiadas, número de ejemplares analizados (N.º) y rango de tallas —longitud total— en cm (RT).  
*Studied species: number of specimens (N.º) and total length range in cm (RT).*

Género	Especie	Subespecie	N.º	RT
<i>Patagonotothen</i>	<i>longipes</i>	<i>ramsayi</i>	1	17
<i>Patagonotothen</i>	<i>longipes</i>	<i>wiltoni</i>	3	19-20
<i>Patagonotothen</i>	<i>longipes</i>	sp.	3	13-20
<i>Patagonotothen</i>	<i>tessellata</i>		4	9-18
<i>Patagonotothen</i>	<i>cornucola</i>		3	8-9
<i>Patagonotothen</i>	sp. cf. <i>cornucola</i>		2	7-8
<i>Paranotothenia</i>	<i>angustata</i>		1	7
<i>Paranotothenia</i>	<i>magellanica</i>		2	8-11
<i>Eleginops</i>	<i>maclovinus</i>		2	13-23

Beagle, Tierra de Fuego, Argentina) en aguas subantárticas. El muestreo se realizó mediante capturas con trasmallos y anestésicos en las zonas próximas al litoral.

El total de ejemplares analizados ha sido de 21 (cuadro 1), y corresponden a tres géneros que agrupan a cuatro especies claramente diferenciadas: *Patagonotothen tessellata* (Richardson, 1845), *Paranotothenia angustata* (Hutton, 1875), *Paranotothenia magellanica* (Forster, 1801) y *Eleginops maclovinus* (Valenciennes, 1830); una quinta especie, *Patagonotothen cornucola* (Richardson, 1845), presenta una alta variabilidad cromática y sus individuos se han separado en dos grupos, los claramente asignados al binomio *P. cornucola* y dos ejemplares que muestran ciertos patrones específicos (*P. sp. cf. cornucola*). Finalmente, una sexta especie, *Patagonotothen longipes* (Steindachner, 1876), conocida también como «complejo *longipes*» (NAKAMURA, 1986) por los problemas que presenta de variabilidad intraespecífica, de difícil delimitación; estos ejemplares han sido asignados a los taxones *P. longipes ramsayi* (Regan, 1913), *P. longipes wiltoni* (Regan, 1913), más tres ejemplares que, por el momento, no pueden ser incluidos en dichos taxones y constan bajo la denominación *P. longipes sp.*

### Digitalización de los otolitos

El proceso de digitalización presenta las fases:

1. Obtención del contorno de la *sagitta* por su cara medial a cinco aumentos mediante una cámara clara adosada a una lupa estereoscópica. Los contornos se representan en la figura 2.
2. Adquisición de la imagen por medio de una videocámara de alta resolución, a cuyo término se obtiene la digitalización del perfil de cada otolito debidamente filtrado y después de eliminar los arte-

factos por defectos en la adquisición y otras causas (contraste de la imagen, etc.).

3. Calibración de la imagen en mm.
4. Procesamiento de la imagen digitalizada: cálculo de los puntos (X,Y) del contorno en relación a un punto (0,0) situado en el centro de gravedad de la forma.

### Transformación numérica de los contornos

Para comparar los contornos o formas de los otolitos se descompone cada forma en un modelo espectral formado por el conjunto de distancias entre el centro de gravedad y el perímetro (ROHLF y ARCHIE, 1984).

El sistema usado descompone el contorno de los otolitos en un número de fragmentos de igual longitud, y calcula la distancia entre los extremos de cada fragmento al centro de gravedad (c.d.g.) del contorno. Para estandarizar (propriadamente es una homogeneización) el espectro resultante, se divide cada una de las distancias al c.d.g. por la distancia máxima de cada uno de los contornos, con lo que se elimina, parcialmente, la variabilidad debida al componente talla.

La representación gráfica de las distancias da lugar a un espectro: en el eje X se representa secuencialmente los extremos de los fragmentos resultantes de la descomposición del contorno, a partir del punto de origen (el más alejado del c.d.g.); en el eje Y, las distancias de cada uno de los puntos al centro de gravedad.

En este caso particular se ha descompuesto el perfil de cada *sagitta* en 100 puntos. El cálculo de las distancias se inicia en el punto del contorno más alejado del centro de gravedad de la figura (en este estudio coincide con el *postrostrum*) y prosigue con los puntos sucesivos siguiendo el sentido de las agujas del reloj. Esta forma de lectura de las distancias exige que todos los otolitos procesados deban ser del mismo lado (en el presente estudio, el derecho), pues en caso contrario las imágenes especulares resultarían en nuevos espectros no comparables.

### Análisis estadístico

Para la clasificación jerárquica de los perfiles de los otolitos se utilizó la distancia euclidiana (SOKAL y ROHLF, 1962) y el algoritmo de agrupación utilizado ha sido el UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages: SOKAL y MICHENER, 1958).

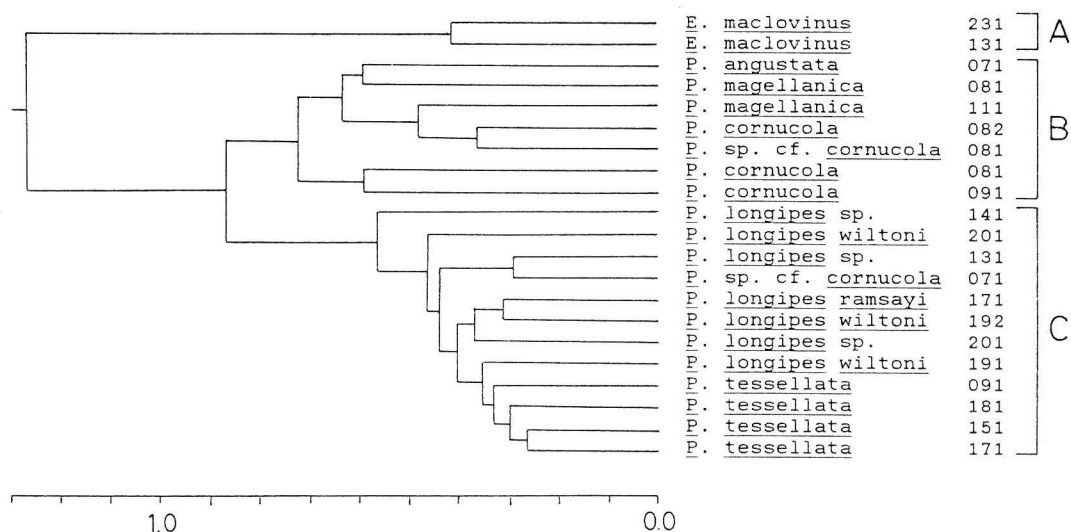


FIG. 3. — Resultados de la clasificación jerárquica (UPGMA) de los contornos de las *sagittae* estudiadas. En el margen derecho de cada especie aparece un código de referencia: los dos dígitos de la izquierda indican la talla (longitud total en cm), el dígito de la derecha es un número de referencia. Consultar el texto para explicación más detallada.

*Results of the hierarchical classification (UPGMA) of sagittae profiles studied. Codes on the right of each binomial mean: the two left figures size of specimen (total length, cm), the following figure (rightmost one) is specimen code. Refer to the text for a more detailed description.*

El proceso de digitalización y análisis de imagen fue realizado con una cámara de alta resolución HAMAMATSU y un procesador de tratamiento digital de imágenes VINIX que usa el paquete de morfometría y cuantificación CYTIX incluido en el paquete de proceso de imágenes VICOM-VDP. La transformación numérica fue realizada mediante el programa OTOFORM y el análisis estadístico con el paquete de tratamiento multivariante LAWI.

## RESULTADOS

A partir de pruebas previas, se ha comprobado que los otolitos de los ejemplares juveniles tienen formas similares. Éstos son más redondeados ya que el *rostrum* y la *excisura ostii* están muy poco desarrollados. Estas características son comunes a todos los ejemplares jóvenes y, en consecuencia, quedaban agrupados entre sí. Con el crecimiento, el *rostrum*, la *excisura ostii* y el eje longitudinal aumentan en relación al eje transversal y pierden la apariencia redondeada. También aumenta la variabilidad del contorno, tanto individual como específicamente. En consecuencia, el conjunto de datos utilizados en este trabajo incluye únicamente los individuos de mayor tamaño de cada especie, evitando la distorsión que produciría un posible crecimiento alométrico del otolito.

El dendrograma resultante de la clasificación jerárquica de los perfiles de los otolitos (fig. 3) tiene una correlación cofenética de 0,8481, y da lugar a tres grandes agrupaciones:

El grupo A, separado de los restantes está formado únicamente por los ejemplares de *E. maclovinus*, caracterizados por la ausencia de una *excisura ostii* marcada, que da una apariencia elíptica a la *sagitta* de esta especie.

El grupo C incluye otolitos grandes con el *rostrum* y el *antirostrum* bien diferenciados formando una *excisura ostii* muy marcada; el *postrostrum* está desarrollado y tiene un perfil redondeado. A este grupo corresponden dos especies del género *Patagonotothen*, *P. tessellata* y *P. longipes*. Se observa que los otolitos de *P. tessellata* están estrechamente relacionados entre sí y se diferencian por tener un *rostrum* y un *antirostrum* muy desarrollados que dan lugar a una *excisura ostii* en ángulo recto, mientras que generalmente en los ejemplares de *P. longipes* el ángulo es más obtuso.

El grupo B incluye dos géneros: *Paranotothenia* con *P. magellanica* y *P. angustata* y *Patagonotothen* con ejemplares *P. cornucola* y *P. sp. cf. cornucola*. La forman otolitos de pequeño tamaño con un aspecto redondeado debido al escaso crecimiento del *postrostrum* y de la *excisura ostii*.

## DISCUSIÓN

Los dispositivos actuales de proceso y tratamiento de imágenes digitalizadas han dado lugar a un buen método rutinario para estudios con implicaciones sistémicas a partir de la forma, en el que se consigue una mejora en la velocidad de procesamiento y en la precisión y capacidad de medida, disminuyendo decisiones subjetivas y facilitando el análisis de las formas.

La clasificación de las formas o contornos se realiza sin tener que recurrir a caracteres morfométricos externos que únicamente aportan una información parcial de la forma real.

Al comparar la clasificación de los perfiles con otros estudios filogenéticos sobre la familia Nototheniidae, se encuentra que los tres géneros examinados se disponen de una manera similar a la del cladograma establecido por ANDERSEN (1984) basado en caracteres anatómicos distintos del estudio de los otolitos. Dicho autor sitúa a *Eleginops* en la subfamilia Eleginopinae y *Paranotothenia* y *Patagonotothen* en la subfamilia Nototheniinae. Igualmente en el presente análisis el grupo A, que sólo incluye a *Eleginops*, se sitúa a mayor distancia de los grupos B y C constituidos por *Paranotothenia* y *Patagonotothen*.

El análisis de contornos separa formas redondeadas, al menos en uno de sus extremos (grupo B), de las formas alargadas (grupo C). Si se tiene en cuenta que las *sagittae* con un aspecto más redondeado y de menor tamaño relativo se consideran más primitivas (NOLF y STEURBAUT, 1989), podemos considerar que el grupo B está constituido por especies más primitivas que las del grupo C. Existen otros datos que apoyan esta hipótesis. *P. magellanica* y *P. angustata* son especies con una amplia distribución circumantártica y tienen una estructura caudal más primitiva que en otros géneros de la subfamilia Nototheniidae (ANDERSEN, 1984).

Siguiendo tal criterio con el género *Patagonotothen*, las *sagittae* de *P. cornucola* y *P. sp. cf. cornucola*, con *sagittae* similares a las de *Paranotothenia*, corresponderían a una forma poco evolucionada, mientras que las de *P. tessellata* y el complejo *P. longipes* serían formas más modernas con un tamaño relativo mayor, un aspecto alargado y un contorno más irregular.

Los resultados obtenidos permiten sugerir que el presente método puede ser una ayuda eficaz para reconocer y establecer relaciones filogenéticas a través del estudio de la forma. Estos resultados pueden relacionarse con los de FERSON *et. al.*, (1985) que de-

mostró una clara relación entre forma del contorno de las valvas de *Mytilus* y un genotipo determinado.

Sin embargo no se consigue diferenciar la totalidad de especies, ya que si bien existen grupos bien definidos en este sentido como son A (*E. maclovinus*) y C (*P. tessellata* y *P. longipes*), la agrupación B es más heterogénea e incluye especies de dos géneros, *Patagonotothen* con *P. cornucola* y *P. sp. cf. cornucola* y *Paranotothenia* con *P. magellanica* y *P. angustata*.

## AGRADECIMIENTOS

El material para el presente estudio fue obtenido con el soporte de los proyectos de investigación BIOICTIOS (financiado pro CONICET y CSIC) y COFA2-BICMAS (financiado por MEC). Parte del análisis estadístico ha sido financiado por el proyecto NAMIBIA.

El Dr. F. Andrade («Laboratorio Martítimo da Guia») aportó las bases teóricas y técnicas iniciales del análisis de formas aplicadas a los otolitos. Su contribución fue posible gracias al soporte del proyecto TRANSICTIO-86, financiado por SGCI-MEC y GRUP.

J. Masoliver («Centre de Tractament d'Imatges» de la «Universitat Autònoma de Barcelona») aportó la adquisición y proceso de las imágenes de los otolitos, hasta la digitalización de los perfiles. A. Castellón, J. Leonart y C. Allué («Institut de Ciències del Mar») prestaron su colaboración, respectivamente, en diversos desarrollos informáticos del proceso de los perfiles digitalizados, ayuda en el tratamiento estadístico de los datos y confección de algunas de las figuras.

A todos ellos, los autores muestran su reconocido agradecimiento por su contribución en la realización del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSEN, N. C. — 1984. Genera and subfamilies of the family Nototheniidae (Pisces, Perciformes) from the Antarctic and Subantarctic. *Steenstrupia*, 10 (1): 1-34.
- BERMAN, M., J. R. GREEN Y K. SHERMAN. — 1984. Applications of image analysis to the marine ecosystem studies. *ICES.CM*, 1984/1:8.
- BORI, C. — 1986. Análisis morfométrico comparado del otolito (sagitta) de *Solea vulgaris* y *S. senegalensis* del delta del Ebro. *Inv. Pesq.*, 50 (2): 247-264.
- BURCHETT, M. S., A. DEVRIES Y A. J. BRIGGS. — 1984. Age determination and growth of *Dissostichus mawsoni* (Norman, 1937) (Pisces, Nototheniidae) from McMurdo Sound (Antarctica). *Cybius* 1984, 8 (1): 27-31.

- FERSON, S., F. J. ROHLF y R. K. KOEHN. — 1985. Measuring shape variations of two-dimensional outlines. *Syst. Zool.*, 34 (1): 59-68.
- GAEMERS, P. A. M. — 1984. Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Netherlands journal of Zoology*, vol. 34 (4): 566-595.
- GAERTNER, D. — 1982. Analyse biometrique de *Solea lascaris* (Risso, 1810) en Baie de Douarnenez (Finisterre). *Cybium* 3è. série, 1982, 6 (2): 15-33.
- GIEDZ, M. — 1982. Comparison of otolith width distribution of the Blue Whiting taken in different parts of the Northeast Atlantic. *ICES. CM* 1982/H: 60.
- HUREAU, J. C. — 1962. Étude descriptive de l'otolithe (sagitta) de quelques téléostéens antarctiques. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 87 (5-6): 533-54.
- MESSIEH, S. — 1972. Use of otoliths in identifying herring stocks in the southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 29: 1113-1118.
- MESSIEH, S. y C. MACDOUGALL. — 1985. A computer based method for separating herring spawning groups using digitized otolith morphometrics. *CAFSAC Research documente*, 85/106.
- NAKAMURA, I. — 1986. *Important fishes trawled off Patagonia*. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo, 369 pp.
- NOLF, D. — 1979. Contribution à l'étude des otolithes des poissons VI. A propos de quelques relations possibles dans le superordre des Acanthoptérygiens. *Biologisch Jaarboek Dodo-naea*, 46 (1978): 158-171.
- NOLF, D. — 1980. Contribution à l'étude des otolithes des poissons IV. A propos des Moridae. *Bull. Inst. Nat. Belg.*, 52-10: 1-6.
- NOLF, D. y E. STEURBAUT. — 1989. Importance and restrictions of the otolith-based fossil record of Gadiform and Ophiidiform Fishes. *Papers on the Systematics of Gadiform Fishes*. In: D. M. COHEN (ed.): *Science Series Natural History Museum*, 32 1989: 89-111.
- NORTH, A. W., M. G. WHITE y M. S. BURCHETT. — 1980. Age determination of antarctic fish. *Cybium* 3è. série, 1980 (8): 7-11.
- POPPER, A. N. — 1981. Comparative scanning electron microscopic investigation of the sensory epithelia in the teleost sacculus and lagena. *The Journal Comparative neurology*, 200: 357-374.
- POPPER, A. N. y S. COOMBS. — 1982. The morphology and evolution in Actinopterygian fishes. *Amer. Zool.*, 22: 311-328.
- ROHLF, F. J. y J. W. ARCHIE. — 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Syst. Zool.*, 33 (3): 302-317.
- SCHMITT, W. — 1969. The otoliths as a mean for differentiation between species of very similar appearance. *Proc. Symp. Ocean. Fish. Resources of sea tropical Atlantic. F.A.O. and O.U.A.*: 393-396.
- SCHNEPPENHEIM, R. y G. FREYTAG. — 1980. Age determination by staining otoliths of *Notothenia rossii marmorata* with Ninhydrin. *Cybium* 3 série, 1980 (8): 13-15.
- SCHWARZHANS, W. — 1980. Die tertiäre Teleosteer Fauna Neuseelands, rekonstruiert anhand von Otolithen. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, (A) 26: 1-211.
- SOKAL, R. R. y C. D. MICHENER. — 1958. A statistical method for evaluating systematic relationship. *Kans. Univ. Sci. Bull.*, 38: 1409-1438.
- SOKAL, R. R. y F. J. ROHLF. — 1962. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, 11: 33-40.
- TOWNSEND, D. W. — 1980. Microstructural growth increments in some Antarctic Fish Otoliths. *Cybium* 3 série, 1980 (8): 17-22.
- TZENG, W. N. y Y. YU. — 1988. Daily growth increments of milkfish, *Chanos chanos*, larvae. *J. Fish. Biol.*, 32: 495-504.
- WOOD, R. J. y M. FOSTER. — 1966. Studies on the Dunmore Herring Stock 2. The Otoliths of the Dunmore Herring. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, 30 (2): 222-236.
- YEFANOV, V. N. y D. L. KHOREVIN. — 1980. Distinguishing population of Pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, by the size of their otoliths. *J. Ichthyol.*, 19: 142-145.

Ed. cient. J. Lleonart.