

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

**«Morfología del otolito *sagitta* y determinación
del crecimiento en especies del género
serranus (osteichthyes, serranidae)»**

**Autor: Víctor Manuel Tuset Andújar
Director: Dr. D. José Antonio González Pérez**

Departamento de Biología Animal



D. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ PÉREZ, Doctor en Ciencias Biológicas, Coordinador de Programas de Biología Pesquera del Instituto Canario de Ciencias Marinas del Gobierno de Canarias,

HACE CONSTAR:

Que la presente Memoria, titulada “**Morfología del otolito *sagitta* y determinación del crecimiento en especies del género *Serranus* (*Osteichthyes*, *Serranidae*)**”, ha sido realizada bajo su dirección, habiendo sido revisada y aceptada su presentación para la colación del Grado de Doctor en Biología por la Universidad de La Laguna.

Telde (Las Palmas), a uno de febrero de 2000.

Dr. José A. González Pérez
Director



UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
FACULTAD DE BIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL (CIENCIAS MARINAS)
CL. ASTROFISICO FRANCISCO SANCHEZ, S/N.
TFNO. 922 - 25 33 48 EXT. 514
36206 LA LAGUNA, TENERIFE, ISLAS CANARIAS
ESPAÑA

D. IGNACIO JOSÉ LOZANO SOLDEVILLA, Doctor en Ciencias Biológicas, Profesor Titular de Biología Animal del Departamento de Biología Animal de la Universidad de La Laguna,

HACE CONSTAR:

Que la presente Memoria, titulada “**Morfología del otolito *sagitta* y determinación del crecimiento en especies del género *Serranus* (*Osteichthyes*, *Serranidae*)**”, ha sido realizada bajo su dirección, habiendo sido revisada y aceptada su presentación para la colación del Grado de Doctor en Biología por la Universidad de La Laguna.

La Laguna (Tenerife), a uno de febrero de 2000.

Dr. Ignacio J. Lozano Soldevilla
Director

A mis padres,

A Mercedes,

A mi familia y otros animales

**"Si cerrais la puerta
a todos los errores,
también quedará fuera
la verdad"
Tagore**

**"Nunca te entregues
ni te apartes del camino,
nunca digas no puedo más
y aquí me quedo"
Goytisolo**

ÍNDICE

ÍNDICE

PRIMERA PARTE: GENERALIDADES

| | |
|--|----|
| Capítulo I. Introducción general | |
| Introducción | 1 |
| Justificación y objetivos | 4 |
| Capítulo II. Aspectos taxonómicos, biológicos y pesqueros de las especies | |
| Posición taxonómica del género <i>Serranus</i> | 7 |
| <i>Serranus atricauda</i> Günther, 1874 | 7 |
| <i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758) | 11 |
| <i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758) | 14 |
| Capítulo III. Áreas de estudio | |
| Islas Canarias | 20 |
| Alicante | 22 |

SEGUNDA PARTE: MATERIAL BIOLÓGICO, MUESTREO Y RELACIONES ALOMÉTRICAS

| | |
|---|----|
| Capítulo IV. Material y método de muestreo | |
| Material biológico | 25 |
| Islas Canarias | 25 |
| Alicante | 26 |
| Método de muestreo | 30 |
| Capítulo V. Talla y peso | |
| Introducción | 33 |
| Material y métodos | 33 |
| Material estudiado | 33 |
| Análisis estadístico | 34 |
| Resultados | 35 |

Índice

| | |
|---|----|
| Composición en talla y peso de las muestras | 35 |
| Relaciones alométricas talla-talla | 37 |
| Relaciones alométricas talla-peso | 38 |
| Factor de condición relativo | 45 |
| Discusión | 48 |

TERCERA PARTE: EL OTOLITO *SAGITTA*

Capítulo VI. Morfología del otolito *sagitta*: su aplicación en taxonomía y discriminación de stocks

| | |
|--|-----|
| Introducción | 51 |
| Material y métodos | 55 |
| Microscopía electrónica de barrido | 55 |
| Análisis de imagen | 57 |
| Relaciones alométricas | 59 |
| Análisis estadístico | 59 |
| <i>Status</i> taxonómico | |
| Resultados | 63 |
| Estadísticos descriptivos del otolito | 63 |
| Descripción de la <i>sagitta</i> | 65 |
| Variación de la forma del otolito con la talla del pez | 74 |
| Taxonomía numérica | 76 |
| Discusión | 77 |
| Discriminación de stocks | |
| Resultados | 81 |
| Parámetros de forma | 81 |
| Relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito y la talla del pez | 84 |
| Relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito | 93 |
| Discusión | 101 |

CUARTA PARTE: EDAD Y CRECIMIENTO**Capítulo VII. Introducción al estudio del crecimiento**

| | |
|---|-----|
| Introducción | 105 |
| Crecimiento del otolito | 106 |
| Determinación de la edad a partir de otolitos | 108 |
| Control de calidad | 110 |
| El peso del otolito | 111 |
| El retrocálculo | 112 |

Capítulo VIII. Determinación de la edad y del crecimiento mediante lectura de otolitos

| | |
|---|-----|
| Introducción | 113 |
| Material y métodos | 114 |
| Método de lectura | 114 |
| Análisis estadístico | 116 |
| Resultados | 119 |
| Lectura del otolito | 119 |
| Periodicidad en la formación de los anillos | 122 |
| Claves talla-edad | 124 |
| Curvas de crecimiento | 132 |
| Discusión | 137 |
| Análisis del método de lectura | 137 |
| Formación de anillos | 138 |
| Modelos de crecimiento | 139 |

Capítulo IX. Relación entre el peso del otolito y la edad del pez

| | |
|--|-----|
| Introducción | 143 |
| Material y métodos | 144 |
| Material estudiado | 144 |
| Análisis estadístico | 144 |
| Resultados | 145 |
| Análisis multivariante | 145 |
| Variación del peso del otolito con la edad | 147 |
| Calibración de la submuestra | 151 |
| Estimación de la edad a partir del peso del otolito en la muestra de experimentación | 152 |
| Discusión | 161 |

Índice

Capítulo X. Determinación del crecimiento mediante retrocálculo

| | |
|--|-----|
| Introducción | 165 |
| Material y métodos | 166 |
| Material estudiado | 166 |
| Análisis estadístico | 166 |
| Resultados | 168 |
| Relación entre la longitud del pez y el radio del otolito | 168 |
| Longitudes a edades pretéritas | 173 |
| Validación | 176 |
| Curvas de crecimiento | 178 |
| Discusión | 183 |
| | |
| CONCLUSIONES GENERALES | 187 |
| | |
| AGRADECIMIENTOS | 191 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 195 |

PRIMERA PARTE
GENERALIDADES

Capítulo I

INTRODUCCIÓN GENERAL

INTRODUCCIÓN

El estudio de la biología de los peces requiere el entendimiento de aspectos tales como la alimentación, reproducción, fecundidad, crecimiento, distribución, etc. La gestión de los recursos marinos explotados precisa estos conocimientos científicos y, en particular, la determinación de la edad y el crecimiento constituye el elemento más importante en el análisis de la dinámica de sus poblaciones (Summerfelt, 1987).

Aunque los primeros trabajos referidos al estudio de la edad y el crecimiento de poblaciones de peces datan de tiempos lejanos, no fue hasta comienzos del presente siglo (Reibish, 1899; Cunnigham, 1905; Wallace, 1907; Lee, 1920; Hickling, 1931 y Chevey, 1933 en Baillon, 1991) cuando la investigación adquirió relevancia en este campo. Desde entonces y hasta nuestros días, la determinación de la edad ha pasado por diversos períodos en los que las técnicas han mejorado la posibilidad de lectura y se han explicado, en gran medida, los procesos metabólicos asociados al crecimiento del pez.

Inicialmente se utilizaron diferentes estructuras duras, tales como escamas, otolitos, vértebras, huesos operculares, etc., observándose en todas ellas marcas periódicas o anillos anuales (Daget, 1952; Chugunova, 1959 y Blacker, 1969 en Baillon, 1991). No obstante, dada la complejidad que suponía la interpretación de estas estructuras en algunas especies, diversos autores desarrollaron técnicas complementarias que permitían leer mejor dichas estructuras. En concreto, el otolito fue más utilizado ya que, *a priori*, parecía la estructura más fácil de leer y manipular (Christensen, 1964; Albrechtsen, 1968; Bedford, 1983), cobrando mayor relevancia cuando Simkiss (1974) descubrió que no sufría procesos de reabsorción como ocurría en las otras estructuras celulares empleadas (escamas, vértebras, etc.), lo que provocó un aumento considerable en el número de trabajos que usaban únicamente dicha

pieza ósea (Bagenal, 1974; Summerfelt y Hall, 1985). Al mismo tiempo, las investigaciones de Pannella (1971, 1974) produjeron un salto cualitativo muy importante al descubrir en los otolitos la formación de incrementos diarios de crecimiento. Con ello se abrió un campo de altas posibilidades y aplicaciones no sólo en la determinación de la edad, sino también en estudios taxonómicos, identificación de stocks, estimación del reclutamiento y mortalidad, detección de las características ambientales de tiempos pasados, etc. (Campana y Neilson, 1985). Los métodos más recientes basados en la composición química orgánica e inorgánica del otolito (Morales-Nin, 1986a, 1987a; Campana y Zwanenburg, 1990) y las aplicaciones del otolito en taxonomía, paleontología, ecología trófica o identificación de stocks (Post y Hecht, 1977; Bird *et al.*, 1986; Harkönen, 1986; Smale *et al.*, 1995) se han visto favorecidos por la revolución tecnológica de las últimas décadas. No obstante, los métodos de determinación de la edad han evolucionado en complejidad metodológica y, aunque permiten determinarla con mayor certeza, no dejan de ser métodos limitados por su elevado coste o por su aparataje excesivamente específico. Por ello, hoy en día, la mayor parte de investigadores siguen utilizando el método de lectura directa en otolitos, centrándose el problema en la búsqueda de técnicas que validen la lectura efectuada y la periodicidad en la formación de los anillos anuales (Baglinière *et al.*, 1991; Morales-Nin, 1992; Secor *et al.*, 1995).

La importancia de la edad y el crecimiento en peces llevó a la celebración de reuniones científicas y a la aparición de numerosas publicaciones sobre dichos temas y sus posibles aplicaciones. En 1973, en la Universidad de Reading (Reino Unido), se celebró el primer simposio monográfico sobre estudios de la edad en peces. Posteriormente, se han producido diversos eventos donde el tema principal ha sido el crecimiento de especies ícticas y sus implicaciones en la gestión de los recursos, utilizando en dichos estudios diversas estructuras duras (escamas, otolitos, vértebras, etc.). Sin embargo, las investigaciones con otolitos abrieron un abanico de tantas posibilidades que, en 1993, se celebró en Carolina del Sur (Estados Unidos) el primer simposium internacional dedicado a los nuevos avances en la investigación del otolito de los peces, teniendo lugar en 1998 en la localidad noruega de Bergen el segundo evento sobre el tema. En ambas reuniones se estableció la existencia de cuatro líneas principales o claves de investigación: **a)** morfología y crecimiento del otolito, **b)** estimación del crecimiento del pez, **c)** aplicación del otolito en estudios de poblaciones, y **d)** composición química del otolito.

En Canarias, los estudios sobre el crecimiento a partir de otolitos se comenzaron a desarrollar en la década de los 90, en la que los investigadores de los diferentes centros públicos de investigación han realizado un gran esfuerzo de investigación que ha conducido a la estimación del crecimiento de especies en diez familias de teleósteos: Scombridae (*Scomber japonicus*) (Lorenzo, 1992; Lorenzo *et al.*, 1995), Gadidae (*Phycis phycis*) (Lozano, 1993), Gempylidae (*Promethichthys prometheus*) (Lozano, 1993; Lorenzo y Pajuelo, 1995, 1999), Moridae (*Mora moro*) (Lozano, 1993), Muraenidae (*Enchelycore anatina*, *Gymnothorax unicolor*, *Gymnothorax polygonius*, *Muraena augusti* y *Muraena helena*) (Lozano, 1993; Jiménez, 1997), Sparidae (*Dentex gibbosus*, *Pagellus acarne*, *Pagellus erythrinus* y *Pagrus pagrus*) (Lozano, 1993; Pajuelo y Lorenzo, 1995, 1996; Pajuelo, 1997), Mullidae (*Mullus surmuletus*) (Pajuelo, 1997), Berycidae (*Beryx decadactylus* y *Beryx splendens*) (González *et al.*, 1998), Scorpaenidae (*Pontinus kuhlii*) (González *et al.*, 1998) y Trichiuridae (*Lepidopus caudatus*) (González *et al.*, 1998). Sin embargo, sólo los trabajos de Lorenzo (1992) y Jiménez (1997) incluyen un estudio preliminar de la morfología del otolito.

La mayor parte de la investigación llevada a cabo en Canarias sobre los aspectos referidos se ha centrado, fundamentalmente, en especies demersales debido a que sus pesquerías son las que mayores beneficios económicos proporcionan, así como las que ocupan mayor número de trabajadores (excluyendo los túnidos). Sin embargo, de las más de cien especies de interés pesquero, hoy en día sólo se dispone de datos de crecimiento de veintiuna de ellas.

A la vista de lo anterior, la información disponible sobre las especies ícticas en Canarias es incompleta y puede ser insuficiente para su control y gestión, máxime cuando en los últimos años se están observando grandes desequilibrios ecológicos que indican un alto grado de sobreexplotación de muchas especies (Franquet y Brito, 1995; Pajuelo, 1997; entre otros).

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La disminución de errores en la asignación de edades y el cálculo más realista posible del crecimiento en peces constituyen la base de toda la investigación reciente en este campo. Además, el entendimiento del desarrollo del otolito, tanto a nivel morfológico (cualitativo y cuantitativo) como químico, puede ayudar a comprender mejor el crecimiento de los peces y establecer cómo y qué factores endógenos y exógenos intervienen en él.

Teniendo en consideración que, hasta ahora, la aplicación de los otolitos se ha centrado en el crecimiento del pez, en el presente trabajo se pretende utilizar el otolito no sólo en este sentido sino también para conocer la ontogenia y morfología de dicha estructura, y sus posibles aplicaciones en taxonomía y estudios poblacionales.

Entre las especies que han sido abordadas en diferentes proyectos de investigación del Instituto Canario de Ciencias Marinas y del Departamento de Biología Animal de la Universidad de La Laguna, se seleccionaron las especies del género *Serranus* Cuvier, 1817 presentes en Canarias, es decir, *S. atricauda* Günther, 1874, *S. cabrilla* (Linnaeus, 1758) y *S. scriba* (Linnaeus, 1758). La elección de tales especies se debe a su intensa explotación pesquera en el archipiélago canario, siendo los serránidos con mayores capturas de las Islas (Pérez-Barroso *et al.*, 1993; Franquet y Brito, 1995; Pajuelo, 1997). A pesar de este interés económico, la información disponible sobre sus parámetros biológicos y poblacionales básicos es, hoy en día, prácticamente nula para dos de ellas (*S. atricauda* y *S. scriba*) e insuficiente para la especie restante (*S. cabrilla*). La fuerte explotación a que están sometidos estos recursos, unida a su elevada representatividad cualitativa y cuantitativa en las capturas, abogan a la urgente necesidad de ordenar y regular sus pesquerías. La aplicación de modelos analíticos de evaluación de las poblaciones de estas especies requiere necesariamente el conocimiento de su crecimiento. Por todo ello, dichas especies se consideraron las idóneas para este estudio. Además, con el fin de comprobar la utilidad del otolito en estudios de poblaciones se obtuvieron ejemplares de *S. cabrilla* y *S. scriba* del Mediterráneo.

A la vista de los antecedentes anteriormente expuestos, este proyecto de investigación tiene como objetivos generales los siguientes:

- a) Descripción del otolito *sagitta* de las especies objetivo.
- b) Identificación de los cambios morfológicos del otolito

mediante la aplicación de técnicas de análisis de imagen.

c) Adecuación y optimización de las metodologías al uso para el estudio del crecimiento y la edad en peces mediante el estudio de otolitos.

d) Conocimiento de los parámetros de crecimiento (longevidad, velocidad de crecimiento) de las especies objeto de estudio.

e) Validación de los métodos empleados.

f) Estudio comparado de estructuras de crecimiento de peces procedentes de Canarias y el Mediterráneo occidental.

En consecuencia, la presente Memoria recoge tres de las cuatro líneas de investigación recomendadas en el campo del estudio del otolito: **a)** crecimiento del otolito y su morfología, **b)** estimación del crecimiento del pez, y **c)** aplicación del otolito en estudios de poblaciones, constituyendo el primer trabajo de estas características que se realiza en Canarias.

Capítulo II

ASPECTOS TAXONÓMICOS, BIOLÓGICOS Y PESQUEROS DE LAS ESPECIES

POSICIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO *SERRANUS*

La posición taxonómica de las especies del género *Serranus* ha sido establecida de acuerdo con Nelson (1994):

SUPERCLASE GNATHOSTOMATA

Grado Teleostomi

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

División Teleostei

Subdivisión Euteleostei

Superorden Acanthopterygii

Serie Percomorpha

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Superfamilia Percoidea

Familia Serranidae

Subfamilia Serraninae

Género *Serranus* Cuvier, 1817

Serranus atricauda Günther, 1874

Nombres vulgares

FAO: Español - Serrano imperial

Inglés - Blacktail comber

Francés - Serran à queue noir

Islas Canarias: Cabrilla negra, cabrilla ruana.

Diagnosis

Cuerpo alargado. Cabeza en forma de cuña con 3 espinas operculares y el espacio interorbitario desnudo. Dientes caniniformes en ambas mandíbulas. Rama inferior del primer arco branquial con 14 ó 15 branquiespinas. Escamas ctenoideas de pequeño tamaño, presentando desde 80 a 90 en la línea lateral, de las cuales entre 73 y 80 tienen forma tubular. Aleta caudal de aspecto truncado a ligeramente escotado. Las fórmulas radiales son D: X + 15-16, A: II + 8 (Lozano y Rey, 1952; Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987) (Fig. II-1).



Figura II-1. Cabrilla negra, *Serranus atricauda*. (Foto: J.M. Falcón).

Coloración

Flancos laterales pardo oscuro y vientre rosáceo, atravesados por 4 ó 5 bandas marrón oscuro, entre las que hay otras menores irregulares del mismo color. El borde superior del maxilar presenta una línea azul oblicua y otra paralela. Los lóbulos caudales tienen el extremo negro. Las aletas dorsal, anal y caudal presentan punteaduras azules. Las aletas pectorales y ventrales son de color pardo pálido (Lozano y Rey, 1952; Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

Tamaño

La talla máxima recogida en la literatura es de 35 cm de longitud estándar, oscilando sus tallas más comunes alrededor de 25 cm en el Atlántico

y entre 20 y 30 cm en el Mediterráneo (Smith, 1981; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987; Costa *et al.*, 1998).

En Canarias se ha observado una longitud total máxima de 45 cm (Franquet y Brito, 1995; Uiblein *et al.*, 1998).

Distribución geográfica

Esta especie se distribuye por el Atlántico oriental: desde el Golfo de Vizcaya hasta el sur de Mauritania, incluidas las islas Azores, Madeira y Canarias. En el Mediterráneo es poco común y se localiza en las costas de Marruecos, Argelia, España y sur de Francia (Tortonese, 1986; Francour y Harmelin, 1988).

Hábitat

Se trata de una especie demersal que habita sobre fondos rocosos o coralinos de la plataforma continental superior, hasta una profundidad de 90 m (Smith, 1981; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

En Canarias la especie vive en un hábitat bentónico sobre fondos rocosos y rocoso-arenosos hasta unos 150 m de profundidad (Pizarro, 1985; Lozano *et al.*, 1990; Brito, 1991; González *et al.*, 1993; Franquet y Brito, 1995).

Sexualidad y reproducción

No existe ningún estudio en concreto (Tortonese, 1986), aunque se piensa que debe presentar el mismo tipo de sexualidad que el resto del género *Serranus*: especie hermafrodita funcional simultánea (Bauchot, 1987; Fisher y Pertesen, 1987).

En Canarias la especie presenta el mismo tipo sexual que sus congéneres con época de puesta masiva entre marzo y julio, y talla de primera madurez alrededor de 15 cm de longitud estándar (García-Díaz *et al.*, 1996a, 1996b; en revisión).

Alimentación

En el Mediterráneo la especie es carnívora y se alimenta de peces e invertebrados (Smith, 1981; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987). En el Atlántico (islas Azores) sus presas principales son peces y crustáceos decápodos, apareciendo ocasionalmente gasterópodos, bivalvos y taliáceos (Morato, 1995).

En Canarias Rico *et al.* (1996) indicaron una dieta similar a las anteriormente descritas, predominando los crustáceos de la familia Galatheidae.

Consideraciones pesqueras

En el Mediterráneo se realizan capturas de la especie en la pesca artesanal y deportiva. Los métodos de pesca consisten en artes de playa, artes de arrastre, redes de enmalle, palangres de fondo, líneas de mano y nasas. Raramente presente en los mercados, se comercializa en fresco (Bauchot, 1987).

En el Atlántico centro-oriental no existen estadísticas de captura separadas para esta especie, que es pescada mediante líneas de mano, artes de arrastre de fondo y redes de enmalle. Su comercialización es en fresco (Smith, 1981).

En Canarias es común, objeto de una pesquería artesanal de cierta importancia local (González, 1991) sobre las plataformas y taludes superiores de todas las Islas, aunque el nivel de capturas oscila enormemente según las islas, e incluso según los puertos. La especie es principalmente capturada por medio de artes de anzuelo (líneas y palangres de fondo) (apareciendo junto a su congénere *S. cabrilla* y mediante nasas camaroneras (junto a *Plesionika narval* (J.C. Fabricius, 1787) y *Plesionika edwardsii* (Brandt, 1851)) y, en menor medida, por medio de nasas para peces y artes de enmalle (Pérez-Barroso *et al.*, 1993). Ambos serránidos son las especies más abundantes en las capturas realizadas con nasas entre 110 y 200 m en Gran Canaria (Lozano *et al.*, 1990). En general no existen estadísticas pesqueras fiables ni tan siquiera completas y, en las disponibles, las descargas de ambas especies de *Serranus* se reúnen conjuntamente bajo el epígrafe de “cabrillas” (Pérez-Barroso *et al.*, 1993). Carrillo *et al.* (1985) cifraron en 9,3 Tm las descargas de éstas en las dos islas más orientales (Lanzarote y Fuerteventura), prácticamente capturadas en su totalidad con líneas de mano entre 1982 y 1983. González *et al.* (1991, 1992) dieron la cifra de alrededor de 50 Tm descargadas en el puerto de Mogán (Gran Canaria) entre 1981 y 1991. Pérez-Barroso *et al.* (1993) registraron una descarga de 29,8 Tm para un conjunto de puertos de las cinco islas más occidentales durante el trienio 1988-1990. Del conjunto de estas estadísticas fragmentadas puede estimarse una captura anual alrededor de 35 Tm para todo el Archipiélago. Franquet y Brito (1995) argumentan que dichas especies se encuentran en franca regresión al ser muy buscadas en la pesquería litoral y, como consecuencia de ello, sus capturas

han disminuido considerablemente desde 10 Tm en 1987 a 5 Tm en 1993 (La Restinga, El Hierro).

***Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758)**

Nombres vulgares

FAO: Español - Cabrilla
Inglés - Comber, cabrilla seabass
Francés - Serran chèvre, serran cabrille

Islas Canarias: Cabrilla, cabrilla reina, cabrilla rubia, cabrilla de fuera, cabrilla melera.

Levante español: Serrà.

Diagnosis

Cuerpo alargado y ligeramente comprimido. La cabeza tiene forma de cuña con 3 espinas operculares y el espacio interorbitario desnudo. Los dientes son caniniformes en ambas mandíbulas. La rama inferior del primer arco branquial contiene entre 13 y 16 branquiespinas. Las escamas son ctenoideas y de pequeño tamaño, presentando un número inferior a 80 (normalmente entre 72 y 78) en la línea lateral, de las cuales entre 63 y 66 tienen aspecto tubular. Aleta caudal de aspecto truncado a ligeramente escotado. Las fórmulas radiales son D: X + 13-15, A: II + 7-8 (Robins y Starck, 1961; Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987) (Fig. II-2).

Coloración

Color de fondo amarillo-rojizo, amarillento grisáceo o rojizo. Los flancos presentan 2 ó 3 líneas longitudinales más oscuras de color amarillo o rojizo, que se cruzan con 7 ó 9 bandas transversales de color pardusco. Los laterales de la cabeza tienen 3 líneas oblicuas amarillas o anaranjadas. Las aletas impares tienen puntos brillantes de color violeta pálido. La coloración puede variar con el sexo, la edad y el hábitat, estando menos coloreados los individuos de aguas más profundas (Robins y Starck, 1961; Oliver *et al.*, 1980; Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).



Figura II-2. Cabrilla rubia, *Serranus cabrilla*. (Foto: J.M. Falcón).

Tamaño

La talla máxima citada en la literatura para esta especie es de 40 cm de longitud estándar, oscilando sus tallas más comunes entre 20 y 25 cm en el Atlántico y desde 10 hasta 25 cm en el Mediterráneo (Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

En Canarias se ha observado una longitud total máxima de 45 cm (Franquet y Brito, 1995).

Distribución geográfica

Esta especie se distribuye por todo el Mediterráneo y mar Negro sur-occidental. En el Atlántico oriental, desde el sur de Inglaterra (ocasionalmente en el mar del Norte) hasta Angola, incluidas las islas Azores, Madeira y Canarias; en Sudáfrica (hasta Natal) y en el mar Rojo (Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

Hábitat

Se trata de una especie demersal que habita sobre fondos rocosos, praderas de fanerógamas, fondos arenosos y fangosos de la plataforma

continental y del talud superior. Habita desde la costa hasta alrededor de 450-500 m de profundidad en el Mediterráneo (Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

En Canarias la especie vive principalmente sobre fondos rocosos, aunque los juveniles se encuentran también en los rocoso-arenosos entre 5 y 300 m, aunque es más abundante por debajo de los 50 m (Pizarro, 1985; Lozano *et al.*, 1990; Brito, 1991; González *et al.*, 1993; Franquet y Brito, 1995).

Sexualidad y reproducción

En el Atlántico y Mediterráneo, numerosos autores (D'Ancona 1949, 1950; Dufossé, 1956; Reinboth, 1962; Smith, 1965; Zanuy y Carrillo, 1973; Febvre *et al.*, 1975; Zanuy, 1977; Bauchot, 1987) han puesto de manifiesto que la especie es hermafrodita funcional simultánea. La época de puesta se localiza entre primera y verano (Wheeler, 1968; Tortonese, 1975, 1986; Bouain, 1981; Bauchot, 1987), y la talla de primera madurez se sitúa entre 10 (Bouain, 1981) y 15 cm de longitud estándar (Bauchot, 1987).

En Canarias se ha observado el mismo tipo de sexualidad, con época de puesta entre febrero y julio, y talla de primera madurez alrededor de 15 cm de longitud estándar (García-Díaz *et al.*, 1997).

Alimentación

En el Mediterráneo la especie se alimenta principalmente de crustáceos (galateidos, carideos y misidáceos), complementando su dieta con peces y cefalópodos (Bell y Harmelin-Vivien, 1983; Benmouna *et al.*, 1986; Tuset *et al.*, 1997).

En Canarias Tuset *et al.* (1996, 1997) encontraron una dieta similar a la descrita en el Mediterráneo, predominando los crustáceos de la familia Galatheidae.

Consideraciones pesqueras

En el Mediterráneo se realizan capturas accesorias de la especie en la pesca semi-industrial (Sicilia, Túnez y Chipre), artesanal y deportiva, alrededor de 20 Tm por año en la ex-Yugoslavia y 6 Tm en Chipre (Bauchot, 1987). Los métodos de pesca consisten en artes de playa, artes de arrastre, redes de enmalle, palangres de fondo, líneas de mano y nasas. Regularmente presente en los mercados de Italia (incluida Sicilia), Turquía, Grecia, Marruecos, Chipre y Túnez, se comercializa en fresco y congelada (Bauchot, 1987).

En el Atlántico centro-oriental los lugares de pesca actuales se encuentran ampliamente repartidos por el conjunto de las plataformas continentales. No existen estadísticas de captura separadas para esta especie, que es pescada mediante líneas de mano, artes de arrastre de fondo y redes de enmalle. Se comercializa fresca, salada y posteriormente secada, y ahumada; también es transformada en harina de pescado por las flotas de altura (Smith, 1981).

En Canarias la especie es objeto de una pesquería artesanal de cierta importancia local (González, 1991). Para más información ver consideraciones pesqueras sobre *S. atricauda*.

***Serranus scriba* (Linnaeus, 1758)**

Nombres vulgares

FAO: Español - Serrano
Inglés - Painted comber
Francés - Serran écriture
Islas Canarias: Cabrilla pintada, vaquita.
Levante español: Vaca serrana.

Diagnosis

Cuerpo alargado y ligeramente comprimido. La cabeza tiene forma puntiaguda con 3 espinas operculares y el espacio interorbitario desnudo. Los dientes son caniniformes en ambas mandíbulas. La rama inferior del primer arco branquial contiene entre 12 y 14 branquiespinas. Las escamas son ctenoideas y de pequeño tamaño, presentando entre 65 y 75 en la línea lateral, de las cuales entre 59 y 61 tienen aspecto tubular. Aleta caudal de aspecto truncado a ligeramente redondeado. Las fórmulas radiales son D: X + 14-16, A: II + 7-8 (Robins y Starck, 1961; Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987) (Fig. II-3).



Figura II-3. Vaquita, *Serranus scriba*. (Foto: J.M. Falcón).

Coloración

Color de fondo ocre rojizo que pasa a rosado en la región cefálica y pectoral, y anaranjado en la región caudal. En la parte baja de los flancos, por encima de la región anal, suele presentar una mancha azulada. Los flancos presentan 5 ó 7 líneas verticales parduscas frecuentemente ramificadas por abajo. Los costados de la cabeza están surcados por numerosas líneas azul o lila que forman un retículo semejante a signos de escritura (= *scriba*) desconocida (Lozano y Rey, 1952; Robins y Starck, 1961; Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

Tamaño

La talla máxima referida en la literatura para esta especie es 36 cm de longitud estándar, oscilando sus tallas más comunes alrededor de 25 cm en el Atlántico y entre 10 y 25 cm en el Mediterráneo (Smith, 1981; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

En Canarias se ha observado una longitud total máxima de 36 cm (Franquet y Brito, 1995).

Distribución geográfica

Esta especie se distribuye por todo el Mediterráneo, mar Negro y, en el Atlántico oriental, desde el Golfo de Vizcaya hasta Senegal, incluyendo las islas Azores, Madeira y Canarias, incluso localizándose algunos ejemplares en Suráfrica (hasta Natal) (Smith, 1981, 1990; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

Hábitat

Se trata de una especie demersal que habita sobre fondos rocosos o praderas de fanerógamas, desde la costa hasta unos 150 m de profundidad, aunque es más común hasta 30 m (Smith, 1981; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987).

En Canarias la especie es frecuente en las islas orientales y ocasional en las occidentales. Bentónica, habita sobre fondos rocosos y rocoso-arenosos litorales, especialmente en los cubiertos de algas, hasta 80 m de profundidad (Cruz *et al.*, 1990; Brito, 1991; González *et al.*, 1993; Franquet y Brito, 1995).

Sexualidad y reproducción

En el Atlántico y Mediterráneo numerosos autores (Bruslé y Bruslé, 1975; Febvre *et al.*, 1975; Smith, 1981; Bauchot, 1987; Siau y Bouain, 1994) pusieron de manifiesto que la especie es hermafrodita funcional simultánea. La época de puesta se localiza entre primavera y verano (Bruslé y Bruslé, 1975; Siau y Bouain, 1994), y la talla de primera madurez se sitúa alrededor de 10 cm de longitud estándar (Bouain, 1981).

En Canarias la época de puesta de la especie se centra entre abril y agosto (Franquet y Brito, 1995).

Alimentación

En el Mediterráneo la especie es un predador voraz que se alimenta principalmente de crustáceos, complementando su dieta con peces y moluscos (Robins y Starck, 1961; Smith, 1981; Benmouna *et al.* 1986; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987; Arcuelo *et al.*, 1993).

En Canarias Moreno-López *et al.* (en revisión) han encontrado una dieta similar a la descrita en el Mediterráneo, predominando los crustáceos (familias Galatheidae, Majidae, Xanthidae y Alpheidae) y osteictios.

Consideraciones pesqueras

En el Mediterráneo se realizan capturas de la especie en la pesca artesanal y deportiva. Los métodos de pesca consisten en artes de playa, artes de arrastre, redes de enmalle, palangres de fondo, líneas de mano y nasas. Habitual u ocasionalmente presente en los mercados, se comercializa en fresco (Bauchot, 1987).

En el Atlántico centro-oriental los lugares de pesca actuales se encuentran ampliamente repartidos por el conjunto de las plataformas

continentales. No existen estadísticas de captura separadas para esta especie, que es pescada mediante líneas de mano y, ocasionalmente, con artes de arrastre. Se comercializa sobre todo en fresco (Smith, 1981).

En Canarias sus capturas son escasas, concentrándose en zonas concretas de las islas orientales (Cruz *et al.*, 1990). La especie es principalmente capturada por medio de líneas de mano, nasas y redes de enmalle (Franquet y Brito, 1995). No existen estadísticas de pesca disponibles, ya que el volumen de capturas es bajo (Pérez-Barroso *et al.*, 1993). Debido al pequeño tamaño de las poblaciones insulares y al efecto negativo de la actividad pesquera, *S. scribea* está incluida en la lista de especies amenazadas en las islas Canarias (Bonnet y Rodríguez, eds., 1992).

Capítulo III

ÁREAS DE ESTUDIO

Para la realización de este trabajo se estudiaron individuos pertenecientes al género *Serranus* recolectados en las islas Canarias (Atlántico centro-oriental) y Alicante (Mediterráneo occidental) (Fig. III-1).

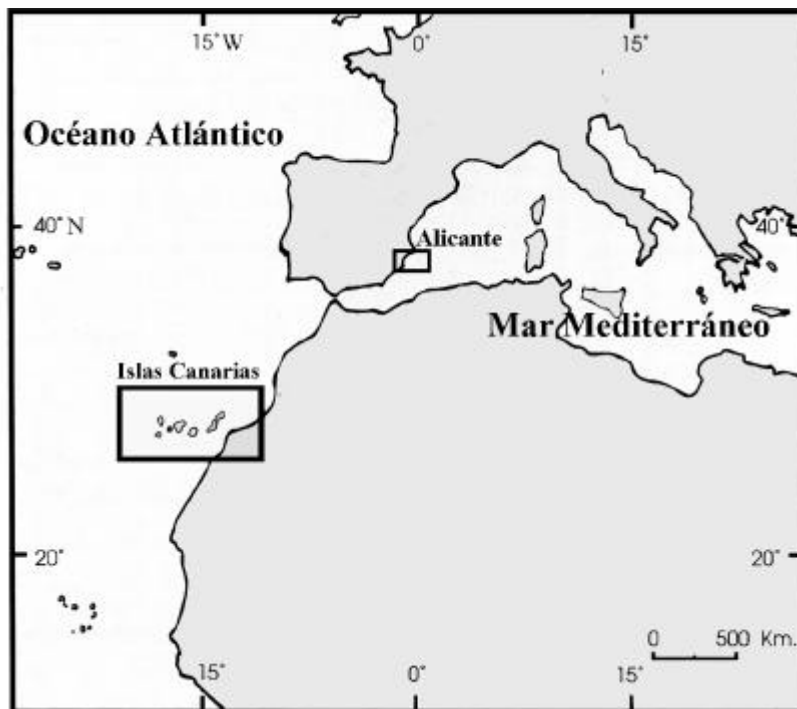


Figura III-1. Localización de las áreas de estudio.

ISLAS CANARIAS

Localización

Las islas Canarias conforman un archipiélago atlántico que se localiza entre 27° 35' y 29° 25' de latitud Norte, y entre 13° 25' y 18° 16' de longitud Oeste, cerca de la costa oeste africana. Este archipiélago está constituido por siete islas mayores -Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, El Hierro y La Palma- y una serie de islotes o roques (Lobos, entre Fuerteventura y Lanzarote y La Graciosa, Alegranza, Montaña Clara, Roque de Este y Roque del Oeste o del Infierno, conformando el “archipiélago chinijo” al norte de Lanzarote).

A continuación señalaremos la situación geográfica y las características oceanográficas más destacadas de las zonas de procedencia del material examinado en el presente estudio (Fig. III-2).

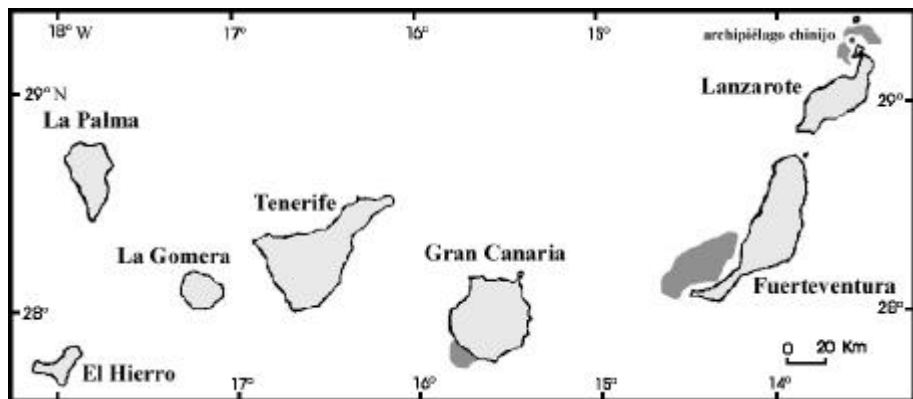


Figura III-2. Localización de las áreas de estudio (zonas sombreadas) en el archipiélago canario.

Características oceanográficas

Archipiélago chinijo

La Graciosa es el único islote habitado y el más cercano a Lanzarote, por el contrario Alegranza es el más distante (29° 12'-29° 27' latitud Norte, 13° 17'-13° 34' longitud Oeste). La aguas que circundan estos islotes se caracterizan por estar muy influenciadas por el afloramiento africano, lo que las configura como un ecosistema particular respecto al resto de las Islas (Brito *et al.*, 1997).

En general, la temperatura superficial del agua oscila a lo largo del año entre 18,5 y 21,5°C, observándose un incremento desde marzo hasta septiembre para, a continuación, disminuir hasta marzo. La salinidad varía muy poco durante el ciclo anual (de 36,8 a 36,9 USP), aunque presenta una tendencia similar a la temperatura, uniforme en primavera y verano y a continuación una ligera disminución (Brito *et al.*, 1997).

A nivel de las capas superficiales se han encontrado variaciones de fosfatos, nitratos y nitritos, siendo más altos en diciembre y primavera. Los valores de biomasa, estimada como clorofila *a*, indican un claro ciclo estacional de fitoplancton con máximos en primavera, entre 0,18-0,75 mg Cl *a*/m³, seguido de valores menores el resto del año (valores medios desde 0,07 a 0,13 mg Cl *a*/m³). Siguiendo una distribución cíclica similar al fitoplancton, la producción primaria es más alta en primavera, valores entre 0,37 y 2,09 mg C/m³·h, aunque durante el resto del año la productividad es alta si se compara con el valor medio del resto del Archipiélago. Por su parte, el zooplancton presenta un patrón muy parecido a las biomásas de fitoplancton y producción primaria (Brito *et al.*, 1997).

Gran Canaria

Situada en la zona central del Archipiélago, la localidad de estudio se caracteriza porque la temperatura superficial del agua oscila a lo largo del año entre 18 y 24°C, mostrando un aumento desde marzo hasta septiembre (Bordes *et al.*, 1994). En profundidad, la temperatura disminuye desde 16-17°C, a 200 m, hasta 7-8°C, a 1000 m (Braun, 1980; Llinás *et al.*, 1993; Barton *et al.*, 1998). La salinidad varía muy poco en los primeros metros de la columna de agua, de 36,54 a 36,64 USP en los primeros 100 m, aunque tiende a disminuir con el aumento de la profundidad, 35,13 USP a 1000 m (Llinás *et al.*, 1993; Barton *et al.*, 1998).

Desde el punto de vista de los nutrientes, estas aguas se caracterizan por ser oligotróficas (Llinás *et al.*, 1993; Barton *et al.*, 1998). Estos autores determinaron valores de fosfatos en superficie alrededor de 0,18 µmol/dm³, con un mínimo a 20 m de profundidad (0,13 µmol/dm³) y un máximo profundo localizado a 900 m (1,71 µmol/dm³). Los valores conjuntos de nitritos y nitratos presentan una tendencia creciente con un mínimo superficial a 30 m (0,45 µmol/dm³) y un máximo a 900 m (26,30 µmol/dm³). Los silicatos presentan una distribución semejante, con valores comprendidos entre 0,27 µmol/dm³ a 30 m y 18,62 µmol/dm³ a 1000 m.

Los valores de biomasa, estimada como clorofila *a* son muy bajos, oscilando entre 0,15-0,25 mg Cl *a*/m³ (Bordes *et al.*, 1987; Arístegui, 1990; Barton *et al.*, 1998). Los índices de producción fitoplanctónica suelen ser paralelos a la temperatura, apareciendo el máximo de productividad en los sectores donde se producen desplazamientos de las masas de agua (Bordes *et al.*, 1994). Por su parte el zooplancton presenta un máximo estacional a finales de invierno y principios de primavera (Braun, 1981).

Fuerteventura

Localizada entre Gran Canaria y Lanzarote, es la isla con mayor plataforma continental. A diferencia de las otras dos zonas de estudio, no existen trabajos que recojan la variación anual de los parámetros físico-químicos del agua. No obstante, los análisis realizados hasta la fecha señalan, de forma inequívoca, que en el archipiélago canario existe un importante gradiente Este-Oeste condicionado por el afloramiento costero africano, observándose una fuerte influencia en las islas de Lanzarote y Fuerteventura donde las aguas son menos salinas y de mayor contenido en nutrientes (Barton, 1992a, 1992b; Llinás *et al.*, 1994). De las distintas campañas de investigación realizadas por el Departamento de Oceanografía del Instituto Canario de Ciencias Marinas en dicha isla (datos no publicados), se deduce que existe una variación similar a la señalada con anterioridad en la isla de Lanzarote: a 10 m de profundidad la temperatura varía anualmente desde 19 a 22°C, y la salinidad entre 36,50 y 37,00 USP, siendo estos valores más bajos a finales del invierno y más altos al acabar el verano. En consecuencia y para la presente Memoria, se considerará que el patrón de los parámetros oceanográficos varía en esta isla de igual manera que en Lanzarote.

ALICANTE

Localización

La provincia de Alicante se enmarca dentro de la Comunidad Valenciana y constituye una región mediterránea occidental localizada entre 37° 51' y 38° 52' de latitud Norte. Las muestras objeto de estudio procedieron de la zona litoral de Santa Pola, localidad situada unos 10 Km al sur de Alicante y que presenta un importante puerto pesquero.

Características oceanográficas

En esta zona del Mediterráneo español la temperatura superficial del agua oscila a lo largo del año entre 14,0 y 28,3 °C, siendo más cálida desde junio (26,4 °C) hasta octubre (25,2 °C). Los fosfatos, nitratos y nitritos toman valores más altos en primavera y principios de verano. De igual manera la biomasa, estimada como clorofila *a*, presenta un claro ciclo estacional de fitoplancton con máximos en primavera seguido de valores menores el resto del año (Guillén, 1997).

SEGUNDA PARTE
MATERIAL BIOLÓGICO,
MUESTREO Y
RELACIONES ALOMÉTRICAS

Capítulo IV

MATERIAL Y MÉTODO DE MUESTREO

MATERIAL BIOLÓGICO

Islas Canarias

Los ejemplares pertenecientes a *Serranus atricauda* (Tabla IV-1) y *S. cabrilla* (Tabla IV-2) procedieron de capturas comerciales efectuadas en el sector suroeste de Gran Canaria y Fuerteventura, obteniéndose un total de 512 y 459 individuos, respectivamente. En *S. atricauda*, el período de recolección de muestras comprendió desde septiembre de 1992 hasta abril de 1995 y, en *S. cabrilla*, entre septiembre de 1992 y junio de 1995. Los individuos de Gran Canaria fueron capturados con aparejos de anzuelo (palangres y líneas de mano) y trampas (nasas), mientras que la pesca de ejemplares en Fuerteventura sólo se realizó con aparejos de anzuelo. En ambos casos, las muestras se adquirieron a pie de puerto (directamente de los pescadores) o bien mediante intermediarios.

Por el contrario, los 409 ejemplares pertenecientes a *S. scriba* se obtuvieron fundamentalmente de capturas comerciales desembarcadas por la flota artesanal del puerto de Caleta de Sebo en La Graciosa (Lanzarote), durante el período comprendido entre septiembre de 1995 y 1996. Estos ejemplares fueron capturados con aparejos de anzuelo (líneas de mano) y seleccionados aleatoriamente a pie de playa, cubriendo el rango de longitudes más amplio posible. Además, de forma ocasional se obtuvo material de las islas de Gran Canaria y Fuerteventura (Tabla IV-3).

Inicialmente se pretendió obtener muestras mensuales de las especies objetivo procedentes de embarcaciones cuya actividad se desarrollase en el sur de la isla de Gran Canaria y oeste de Fuerteventura. Sin embargo, debido a la escasez de ejemplares durante los años de muestreo, bien por el estado de la mar o por otras circunstancias, fue materialmente imposible conseguir una secuencia numérica más o menos constante durante todos los meses; y en algunos casos como en *S. scriba* ni siquiera ejemplares. Por ello, la estrategia de muestreo se dirigió a la obtención de una muestra donde estuviese

representada en mayor o menor grado la población, y que permitiese determinar el crecimiento de las especies objetivo. No obstante, en el caso de *S. scriba*, gracias a un proyecto del Departamento de Biología Animal de la Universidad de La Laguna, se contactó con personal responsable de la comercialización del pescado en La Graciosa, pudiéndose obtener muestras todos los meses.

En las tres especies el muestreo anual se caracterizó por la escasez o ausencia de muestras en los meses de verano, debido a que la flota artesanal desvía su esfuerzo pesquero a otros recursos como el bonito-listado (Bas *et al.*, 1995; Franquet y Brito, 1995; Jiménez, 1997) y al mal tiempo reinante en la mar en los últimos años.

Alicante

Se obtuvieron ejemplares de *S. cabrilla* y *S. scriba* procedentes de capturas comerciales desembarcadas por la flota artesanal del puerto de Santa Pola, durante el período comprendido entre marzo de 1994 y julio de 1995. Estos ejemplares fueron pescados mensualmente con redes de enmalle (trasmallos) y seleccionados aleatoriamente en la lonja de pescados, cubriendo el rango de longitudes más amplio posible (Tabla IV-4). Se obtuvieron un total de 246 y 160 individuos de *S. cabrilla* y *S. scriba*, respectivamente.

Tabla IV-1. *Serranus atricauda*. Canarias. Relación de muestras examinadas. GC, Gran Canaria; F, Fuerteventura. Número de ejemplares = 512.

| Fecha (mes/año) | Isla | Método de pesca | n | Fecha (mes/año) | Isla | Método de pesca | n |
|--------------------|------|--------------------|----|--------------------|------|--------------------|----|
| 10/92 | GC | Nasa | 1 | 03/94 | G | Nasa | 2 |
| 10/92 | F | Palangre | 13 | 04/94 | G | Nasa | 4 |
| 12/92 | GC | Palangre | 3 | 04/94 | F | Palangre | 27 |
| 01/93 | GC | Nasa | 1 | 05/94 | GC | Nasa | 2 |
| 02/93 | GC | Nasa | 16 | 05/94 | F | Palangre | 21 |
| 02/93 | F | Palangre | 1 | 06/94 | F | Palangre | 18 |
| 03/93 | GC | Nasa | 27 | 07/94 | F | Palangre | 25 |
| 03/93 | F | Palangre | 2 | 09/94 | GC | Nasa | 15 |
| 04/93 | GC | Nasa | 5 | 09/94 | F | Palangre | 24 |
| 05/93 | GC | Liña | 4 | 10/94 | GC | Nasa | 27 |
| 05/93 | GC | Nasa | 19 | 10/94 | F | Palangre | 19 |
| 05/93 | F | Palangre | 35 | 11/94 | GC | Nasa | 28 |
| 06/93 | GC | Nasa | 5 | 11/94 | F | Palangre | 16 |
| 07/93 | GC | Nasa | 20 | 12/94 | F | Palangre | 13 |
| 07/93 | F | Palangre | 1 | 01/95 | GC | Palangre | 24 |
| 10/93 | F | Palangre | 12 | 01/95 | GC | Nasa | 16 |
| 11/93 | GC | Nasa | 3 | 02/95 | F | Palangre | 24 |
| 12/93 | GC | Nasa | 8 | 03/95 | GC | Nasa | 8 |
| 02/94 | GC | Palangre | 11 | 04/95 | GC | Nasa | 12 |

Tabla IV-2. *Serranus cabrilla*. Canarias. Relación de muestras examinadas. GC, Gran Canaria; F, Fuerteventura. Número de ejemplares = 459.

| Fecha (mes/año) | Isla | Método de pesca | n | Fecha (mes/año) | Isla | Método de pesca | n |
|----------------------------|-------------|----------------------------|----------|----------------------------|-------------|----------------------------|----------|
| 09/92 | F | Palangre | 19 | 11/93 | GC | Nasa | 4 |
| 10/92 | GC | Nasa | 2 | 12/93 | GC | Nasa | 14 |
| 10/92 | F | Palangre | 18 | 01/94 | GC | Nasa | 9 |
| 11/92 | GC | Nasa | 4 | 02/94 | GC | Liña | 14 |
| 11/92 | F | Palangre | 79 | 03/94 | GC | Nasa | 2 |
| 12/92 | GC | Nasa | 1 | 04/94 | GC | Nasa | 16 |
| 02/93 | GC | Nasa | 22 | 05/94 | GC | Nasa | 32 |
| 02/93 | F | Palangre | 1 | 06/94 | GC | Nasa | 2 |
| 03/93 | GC | Nasa | 46 | 08/94 | GC | Nasa | 9 |
| 03/93 | F | Palangre | 13 | 09/94 | GC | Nasa | 9 |
| 05/93 | GC | Nasa | 10 | 11/94 | GC | Nasa | 2 |
| 05/93 | F | Palangre | 6 | 12/94 | GC | Nasa | 2 |
| 06/93 | GC | Nasa | 1 | 12/94 | F | Liña | 2 |
| 06/93 | F | Palangre | 4 | 01/95 | GC | Nasa | 20 |
| 07/93 | GC | Nasa | 3 | 03/95 | GC | Nasa | 15 |
| 07/93 | F | Palangre | 2 | 04/95 | GC | Nasa | 28 |
| 09/93 | GC | Nasa | 3 | 05/95 | GC | Nasa | 41 |
| 10/93 | GC | Nasa | 4 | | | | |

Tabla IV-3. *Serranus scriba*. Canarias. Relación de muestras examinadas. GC, Gran Canaria; F, Fuerteventura; GRA, La Graciosa. Número de ejemplares = 409.

| Fecha (mes/año) | Isla | Método de pesca | n | Fecha (mes/año) | Isla | Método de pesca | n |
|----------------------------|-------------|----------------------------|----------|----------------------------|-------------|----------------------------|----------|
| 05/93 | GC | Nasa | 1 | 10/95 | F | Liña | 3 |
| 05/93 | F | Liña | 7 | 10/95 | GRA | Liña | 30 |
| 02/94 | GC | Nasa | 1 | 11/95 | GRA | Liña | 27 |
| 03/94 | GC | Nasa | 1 | 12/95 | GRA | Liña | 23 |
| 04/94 | GC | Nasa | 5 | 01/96 | GRA | Liña | 32 |
| 05/94 | GC | Nasa | 16 | 02/96 | GRA | Liña | 21 |
| 07/94 | GC | Nasa | 3 | 03/96 | GRA | Liña | 45 |
| 08/94 | GC | Nasa | 2 | 04/96 | GC | Nasa | 2 |
| 10/94 | GC | Nasa | 8 | 04/96 | GRA | Liña | 30 |
| 04/95 | GC | Nasa | 1 | 05/96 | GC | Liña | 3 |
| 05/95 | GC | Nasa | 1 | 05/96 | GRA | Liña | 41 |
| 09/95 | GC | Nasa | 2 | 06/96 | GRA | Liña | 38 |
| 09/95 | GRA | Liña | 22 | 08/96 | GRA | Liña | 18 |
| 10/95 | GC | Nasa | 2 | 09/96 | GRA | Liña | 24 |

Tabla IV-4. Relación de muestras examinadas de *Serranus* de Alicante. Número de ejemplares = 246 en *S. cabrilla* y 160 en *S. scriba*.

| Fecha (mes/año) | <i>S. cabrilla</i> | <i>S. scriba</i> |
|--------------------|--------------------|------------------|
| 03/94 | 15 | 10 |
| 04/94 | 20 | 20 |
| 05/94 | 19 | 12 |
| 06/94 | 17 | 12 |
| 07/94 | 4 | 5 |
| 09/94 | 16 | 10 |
| 10/94 | 19 | 8 |
| 11/94 | 9 | 10 |
| 01/95 | 30 | 11 |
| 02/95 | 8 | 16 |
| 03/95 | - | 13 |
| 04/95 | 24 | 10 |
| 06/95 | 21 | 11 |
| 07/95 | 44 | 12 |

MÉTODO DE MUESTREO

Una vez obtenidos los ejemplares, éstos fueron congelados para su posterior estudio con independencia de su procedencia. El estudio biológico de las muestras procedentes de la pesquería se realizó en el laboratorio del Departamento de Biología Pesquera del Instituto Canario de Ciencias Marinas. Los muestreos fueron efectuados siempre por los mismos observadores, siendo la forma de proceder similar en todos los casos.

En cada pez se midieron la longitud total (L_t) (distancia comprendida entre el extremo anterior del rostro, con la boca cerrada, y el extremo de los lóbulos caudales) y la longitud estándar (L_s) (distancia entre el extremo anterior del rostro, con la boca cerrada, y el primer hueso del urostilo) (Fig. IV-1). Ambas medidas fueron tomadas sobre un ictiómetro, colocando el animal sobre el costado derecho siguiendo una dirección paralela al eje céfalo-caudal del cuerpo (Rojo, 1988). Estas variables fueron expresadas en centímetros con aproximación de 0,1.

Posteriormente, se tomó el peso total (P_t) (peso del ejemplar con vísceras) y el peso eviscerado (P_e) (peso del individuo sin vísceras). Ambas medidas fueron obtenidas mediante una balanza electrónica (Sartorius ISO 9001) y expresadas en gramos con precisión de 0,1.

Por último, a los mismos individuos se les extrajeron los otolitos. Para ello, en cada pez se realizó un corte transversal, entre el borde posterior de los ojos y el anterior al opérculo, que permitió acceder a las cámaras óticas. Tras eliminar la masa encefálica, los otolitos fueron extraídos con ayuda de pinzas finas, obteniéndose siempre el par *sagitta* por ser el de mayor tamaño. Los otolitos, una vez extraídos, se limpiaron de los restos orgánicos adheridos. Una vez secos y limpios, los otolitos fueron almacenados en tubos Eppendorf debidamente etiquetados para su posterior estudio.

Previo a cualquier preparación o manipulación de los otolitos, en la cara lateral de cada uno de ellos se midieron la longitud del otolito (L_o) (diámetro máximo paralelo al *sulcus*) y la anchura del otolito (A_o) (diámetro mayor perpendicular a la longitud del otolito) (Fig. IV-2) (Williams y McEldowney, 1990). Ambas medidas fueron obtenidas con proyector de perfiles Nikon V-12A y expresadas en milímetros con precisión 0,01.

Seguidamente, se procedió a pesar los otolitos. Al objeto de evitar posibles errores causados por diferencias en el contenido de agua (Pawson, 1990), los otolitos fueron secados en estufa (Memmert 500) a 60 °C hasta que adquirieron un peso constante (Morales-Nin, 1992). Esta medida fue tomada en gramos con balanza de precisión (Mettler H31AR) en miligramos, con aproximación 0,01.

Todos los cálculos estadísticos se obtuvieron mediante los paquetes estadísticos SPSS/PC+ (v. 7.5, SPSS Inc.) y GraphPad Prism (v. 2.01, GraphPad Software Inc.).

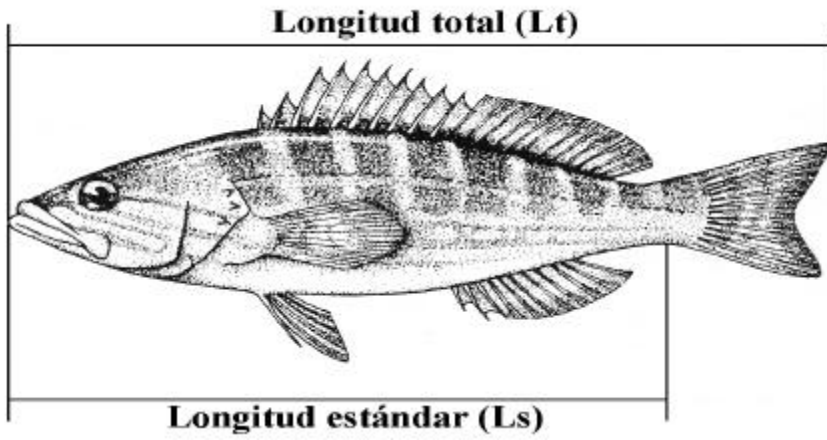


Figura IV-1. Diagrama esquemático mostrando las variables morfométricas tomadas de cada ejemplar.

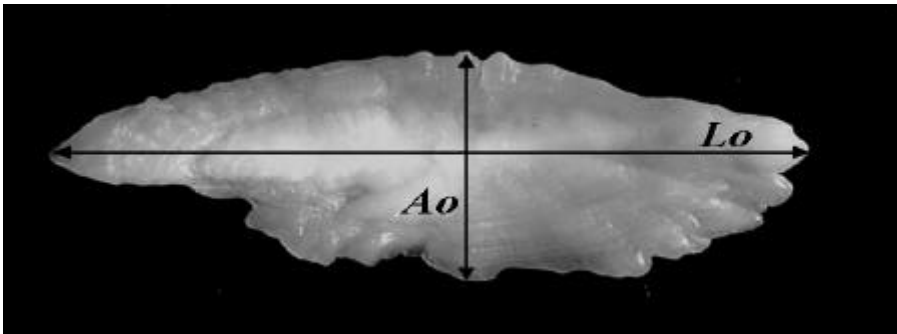


Figura IV-2. Medida de la longitud (Lo) y anchura (Ao) del otolito *sagitta*.

Capítulo V

TALLA Y PESO

INTRODUCCIÓN

La talla y el peso representan las variables más importantes que se pueden medir en un pez. Conociendo tan sólo la composición de tallas o pesos de una población se puede llegar a obtener conclusiones que permiten profundizar en el conocimiento de la estructura de la misma; pues, las distribuciones de estas variables son reflejo de las interacciones de las tasas de reproducción, crecimiento y mortalidad de los individuos (Lorenzo, 1992). Además, el conocimiento de las relaciones e índices surgidos de la consideración conjunta de ambas medidas es también de gran importancia teórica y práctica. En este sentido, la relación talla-peso y el factor de condición son especialmente útiles en el estudio de la biología de las especies. La talla y el peso constituyen, además, una base segura para la determinación del crecimiento (Lorenzo, 1992).

Los objetivos del presente capítulo se centraron en: i) la determinación de los parámetros de las relaciones longitud estándar-longitud total, longitud total-peso total y longitud total-peso eviscerado; y ii) el estudio de la evolución temporal del factor de condición de las especies y áreas geográficas consideradas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material estudiado

Como ya se ha indicado, la longitud total (L_t), longitud estándar (L_s), peso total (P_t) y/o peso eviscerado (P_e) se tomaron en 512 ejemplares de *Serranus atricauda* de Canarias, en 459 y 246 individuos de *S. cabrilla* de

Canarias y Alicante respectivamente, y en 409 y 160 especímenes de *S. scribea* de Canarias y Alicante respectivamente.

En todos los estudios realizados en la presente Memoria, se analizó el conjunto de los datos, ya que estas especies presentan un único modelo sexual de tipo hermafrodita funcional simultáneo (ver capítulo II).

Análisis estadístico

En el presente capítulo se han calculado diversas relaciones alométricas que se describen mediante una función potencial (Busacker *et al.*, 1990; Sparre y Venema, 1995):

$$Y = aX^b$$

siendo a y b los coeficientes de relación entre ambas variables. Para determinar estos coeficientes se ajustó el modelo a la serie de datos transformados en logaritmos. Para ello, se realizó un análisis de regresión lineal utilizando el método de mínimos cuadrados (Zar, 1996):

$$\text{Log}(Y) = \text{Log}(a) + b\text{Log}(X)$$

El parámetro b suele variar en torno a 1 en las relaciones talla-talla y alrededor de 3 en las talla-peso, indicando en ambas relaciones un crecimiento isométrico. Cuando el crecimiento de las variables es alométrico, b se desvía de dichos valores, siendo alométrico negativo cuando es menor y alométrico positivo cuando es mayor. Para determinar hasta qué punto la variación de b es diferente de Q ($Q=1$ para las relaciones talla-talla y $Q= 3$ para las relaciones talla-peso), Pauly (1984) propone la prueba estadística de la t de Student modificada ($P \geq 0,05$):

$$\hat{t} = \frac{S_{(x)}}{S_{(y)}} \frac{|b-Q|}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$$

donde $S_{(x)}$ y $S_{(y)}$ son la desviación típica del logaritmo de la variable X e Y respectivamente, r^2 es el coeficiente de determinación, n es el número de ejemplares y $n-2$ representa los grados de libertad.

Por último, se analizaron las variaciones mensuales del valor medio del factor de condición relativo (K_n). Este índice es indicativo de los cambios fisiológicos que sufre el organismo y se calcula, para cada individuo, de la siguiente manera (Lorenzo, 1992):

donde P_t es el peso total, L_t representa la longitud total y, a y b son los coeficientes de relación entre ambas variables.

RESULTADOS

Composición en talla y peso de las muestras

El número de ejemplares y los rangos de tallas y pesos por especie y área geográfica consideradas se presentan en la tabla V-1, y la distribución de tallas se ilustra en las figuras V-1 y V-2.

En Canarias los valores de talla y peso más elevados se alcanzaron en *Serranus atricauda*, 43,2 cm L_t y 1104,2 g P_t , mientras que los más pequeños se observaron en *S. cabrilla*, 26,9 cm L_t y 239,6 g P_t .

En Alicante *S. cabrilla* se caracterizó por tomar valores máximos (23,3 cm L_t y 151,6 g P_t) superiores a los de *S. scriba* (17,6 cm L_t y 78,5 g P_t).

Tabla V-1. Rangos de tallas (cm) y pesos (g) por especie y área geográfica. A, Alicante; C, Canarias; mín, valor mínimo; máx, valor máximo; n, número de ejemplares.

| Especie | Área | Longitud total | | Longitud estándar | | Peso total | | Peso eviscerado | |
|---------------------|------|----------------|-----|-------------------|-----|-------------|-----|-----------------|-----|
| | | mín-máx | n | mín-máx | n | mín-máx | n | mín-máx | n |
| <i>S. atricauda</i> | C | 16,2-43,2 | 512 | 12,2-35,8 | 512 | 55,3-1104,2 | 512 | 52,5-1043,6 | 512 |
| | C | 14,1-26,9 | 459 | 11,4-21,3 | 459 | 33,0-239,6 | 459 | 31,1-225,3 | 459 |
| <i>S. cabrilla</i> | A | 9,2-23,3 | 246 | 7,1-18,6 | 246 | 9,6-151,6 | 246 | 8,2-136,9 | 246 |
| | C | 15,0-29,4 | 409 | 11,9-23,3 | 409 | 42,8-350,1 | 409 | 40,6-307,6 | 409 |
| <i>S. scriba</i> | A | 10,2-17,6 | 160 | 7,8-15,3 | 160 | 13,1-78,5 | 160 | 12,0-73,9 | 160 |

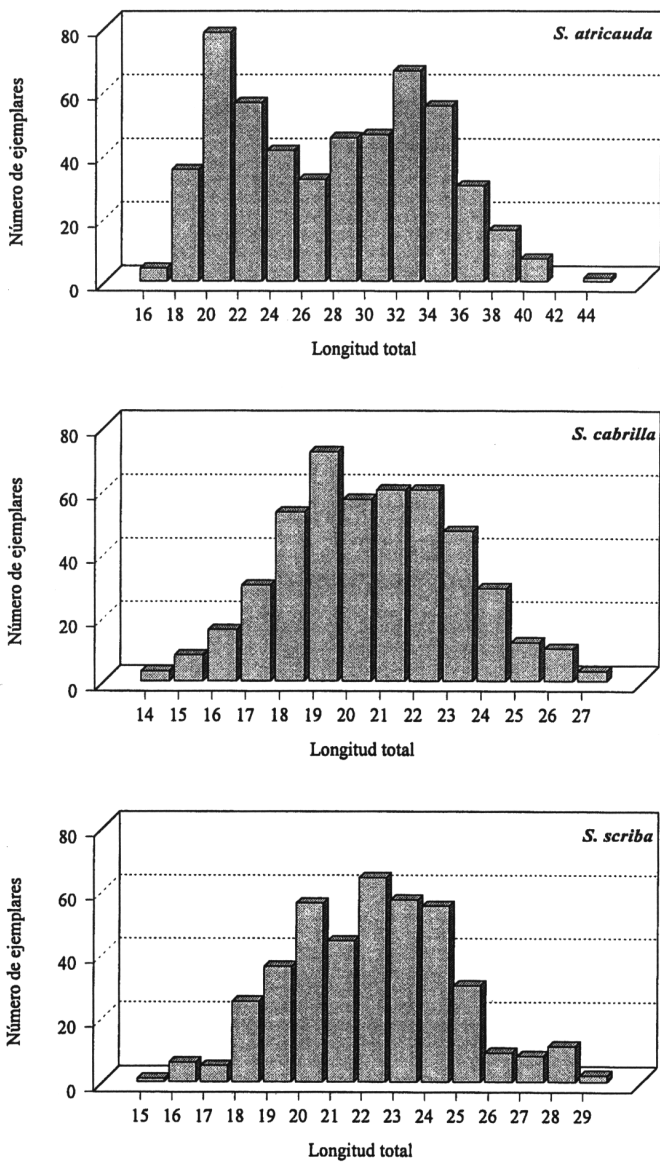


Figura V-1. Distribución de tallas (L_t , cm) de los ejemplares muestreados procedentes de Canarias.

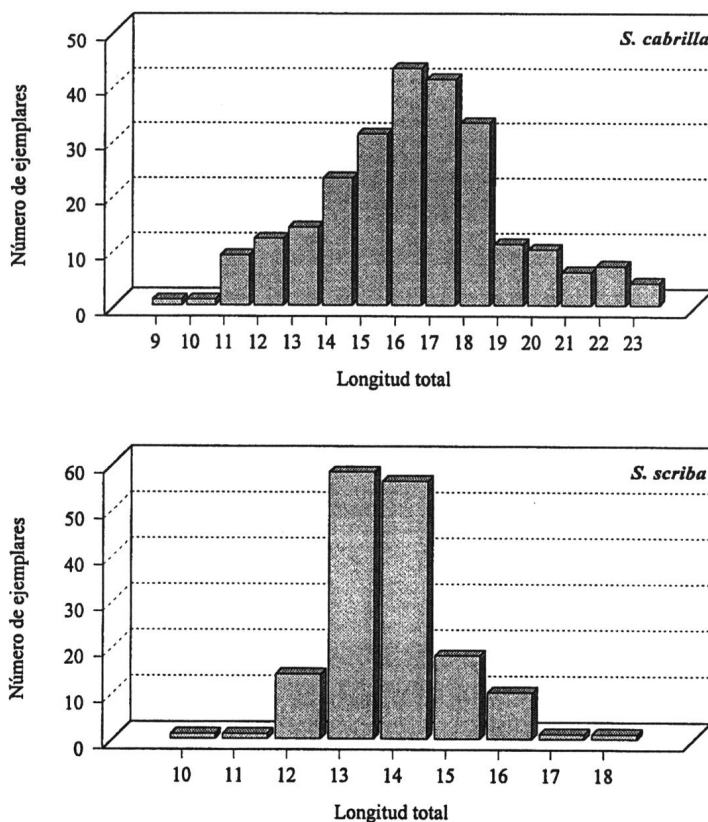


Figura V-2. Distribución de tallas (L_t , cm) de los ejemplares muestreados procedentes de Alicante.

Relaciones alométricas talla-talla

En la tabla V-2 se presentan los parámetros de las relaciones longitud estándar-longitud total por especie y área geográfica, ilustrándose dichas relaciones en las figuras V-3 y V-4.

Los coeficientes de regresión obtenidos fueron muy elevados, alcanzando la varianza explicada por el modelo más del 90 % en todos los casos. Se detectó crecimiento alométrico negativo en *S. atricauda* de Canarias ($t= 12,91$), *S. cabrilla* de Alicante ($t= 5,01$), y en *S. scriba* de Canarias y Alicante ($t= 6,56$; $t= 3,04$, respectivamente); observándose crecimiento isométrico en *S. cabrilla* de Canarias ($t= 0,39$).

Tabla V-2. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud estándar del pez (L_s) y total (L_t) y por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $L_t = aL_s^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 1,5173 | 0,9622 | 0,0031 | 512 | 0,9949 |
| | Canarias | 1,2704 | 0,9974 | 0,0067 | 459 | 0,9800 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 1,3910 | 0,9630 | 0,0074 | 246 | 0,9859 |
| | Canarias | 1,4146 | 0,9613 | 0,0059 | 409 | 0,9849 |
| <i>S. scribea</i> | Alicante | 1,5576 | 0,9100 | 0,0192 | 160 | 0,9344 |

Relaciones alométricas talla-peso

En las tablas V-3 y V-4 se muestran los parámetros de las relaciones longitud total-peso total y longitud total-peso eviscerado por especie y área geográfica, y se representan en las figuras V-5 y V-6 y en las figuras V-7 V-8, respectivamente.

En las ecuaciones L_t-P_t y L_t-P_e los coeficientes de regresión tomaron valores muy altos, alcanzando la varianza explicada por el modelo más del 90 % en la mayoría de casos.

En la relación L_t-P_t , se detectó crecimiento alométrico positivo en *S. atricauda* ($t= 14,87$) y *S. scribea* de Canarias ($t= 2,88$); se observó isometría en *S. scribea* de Alicante ($t= 0,85$); y se presentó crecimiento alométrico negativo en *S. cabrilla* de Canarias y Alicante ($t= 4,12$; $t= 2,00$, respectivamente).

En la relación L_t-P_e , se manifestó alometría positiva en *S. atricauda* ($t= 12,80$) y *S. scribea* de Canarias ($t= 2,29$); se reveló crecimiento isométrico en *S. scribea* de Alicante ($t= 1,15$); y se mostró alometría negativa en *S. cabrilla* de Canarias y Alicante ($t= 4,90$; $t= 2,58$, respectivamente).

Tabla V-3. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud total (L_t) y el peso total del pez (P_t) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $P_t = aL_t^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,0056 | 3,2467 | 0,0171 | 512 | 0,9864 |
| | Canarias | 0,0208 | 2,8177 | 0,0396 | 459 | 0,9181 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,0143 | 2,9046 | 0,0491 | 246 | 0,9360 |
| | Canarias | 0,0101 | 3,1004 | 0,0380 | 409 | 0,9424 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 0,0162 | 2,9232 | 0,0911 | 160 | 0,8700 |

Tabla V-4. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud total (L_t) y el peso eviscerado del pez (P_e) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $P_e = aL_t^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,0062 | 3,1989 | 0,0161 | 512 | 0,9875 |
| | Canarias | 0,0185 | 2,8372 | 0,0363 | 459 | 0,9321 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,0136 | 2,8961 | 0,0448 | 246 | 0,9455 |
| | Canarias | 0,0100 | 3,0801 | 0,0349 | 409 | 0,9504 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 0,0162 | 2,8887 | 0,0981 | 160 | 0,8500 |

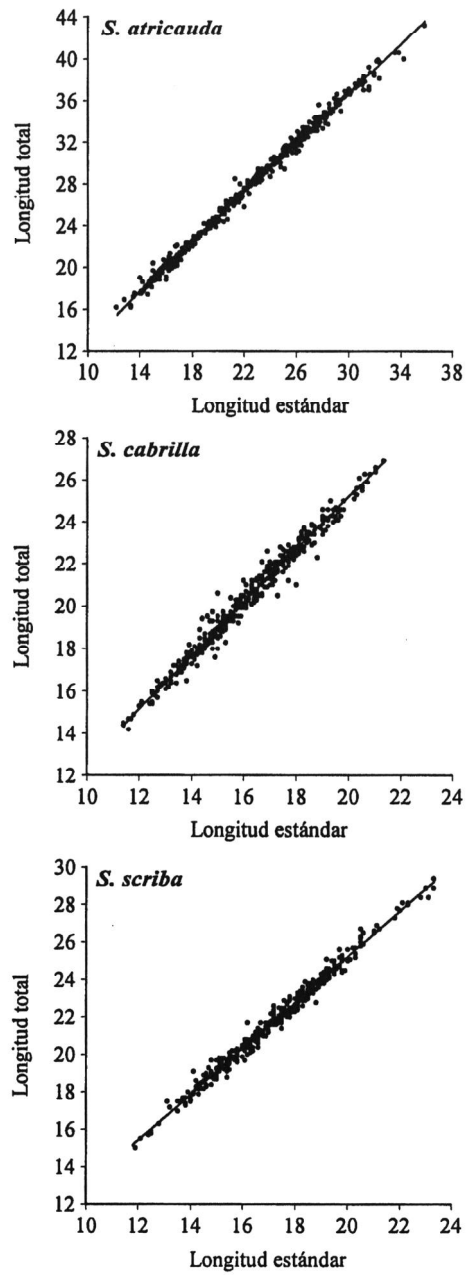


Figura V-3. Relaciones alométricas entre la longitud estándar (L_s , cm) y la longitud total (L_t , cm) en las especies procedentes de Canarias.

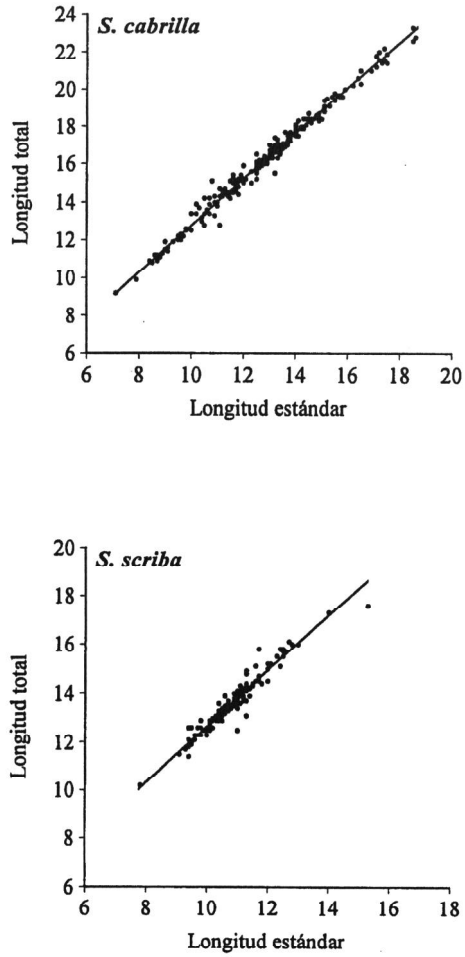


Figura V-4. Relaciones alométricas entre la longitud estándar (L_s , cm) y la longitud total (L_t , cm) en las especies procedentes de Alicante.

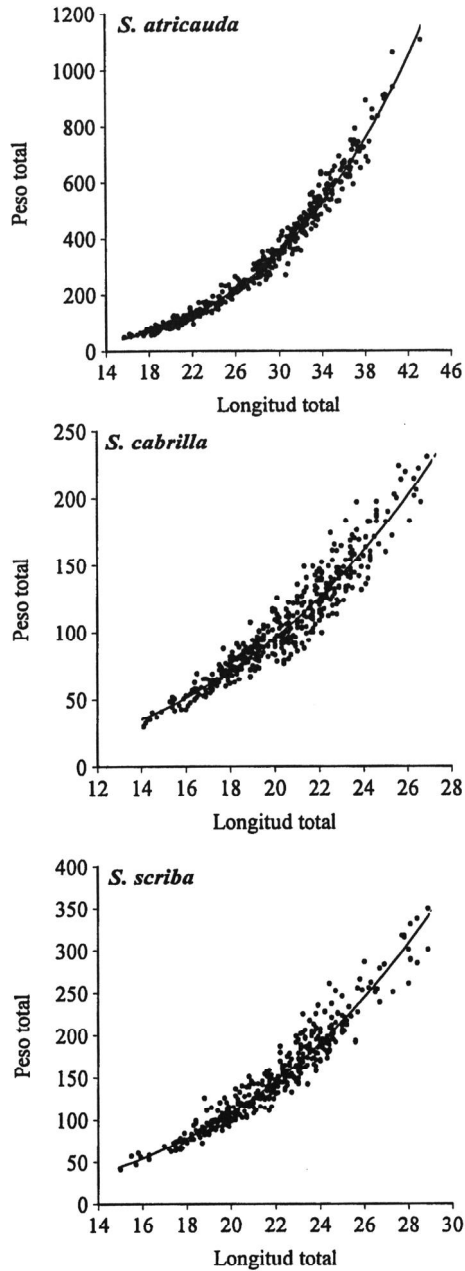


Figura V-5. Relaciones alométricas entre la longitud total (L_p , cm) y el peso total (P_p , g) en las especies procedentes de Canarias.

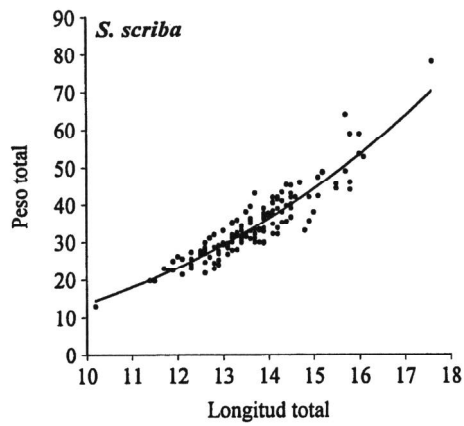
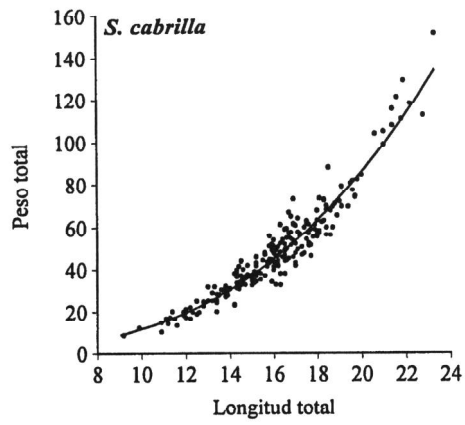


Figura V-6. Relaciones alométricas entre la longitud total (L_p , cm) y el peso total (P_p , g) en las especies procedentes de Alicante.

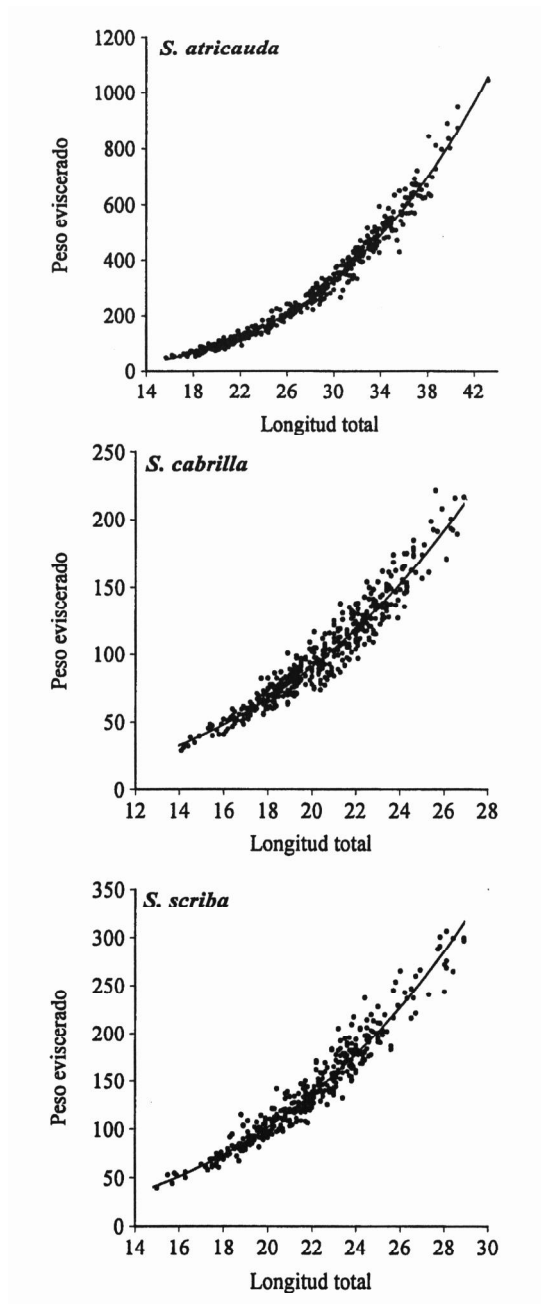


Figura V-7. Relaciones alométricas entre la longitud total (L_p , cm) y el peso eviscerado (P_e , g) en las especies procedentes de Canarias.

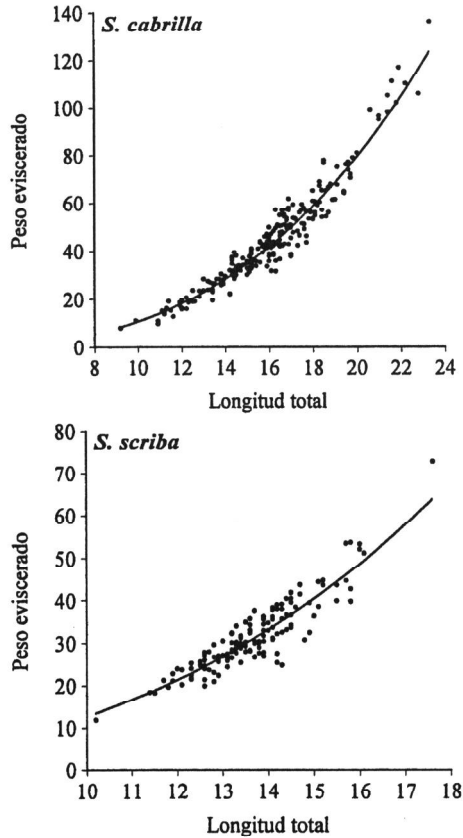


Figura V-8. Relaciones alométricas entre la longitud total (L_t , cm) y el peso eviscerado (P_e , g) en las especies procedentes de Alicante.

Factor de condición relativo

La variación del valor medio mensual del factor de condición relativo (Kn) por especie y área geográfica se muestra en las figuras V-9 y V-10. En los ejemplares de Canarias, los datos no siguieron una pauta determinada en ninguna de las especies, observándose alternancia de valores altos y bajos. Sin embargo, en *S. cabrilla* de Alicante se pueden diferenciar dos periodos: entre marzo y junio (valores bajos) y de julio a febrero (valores altos).

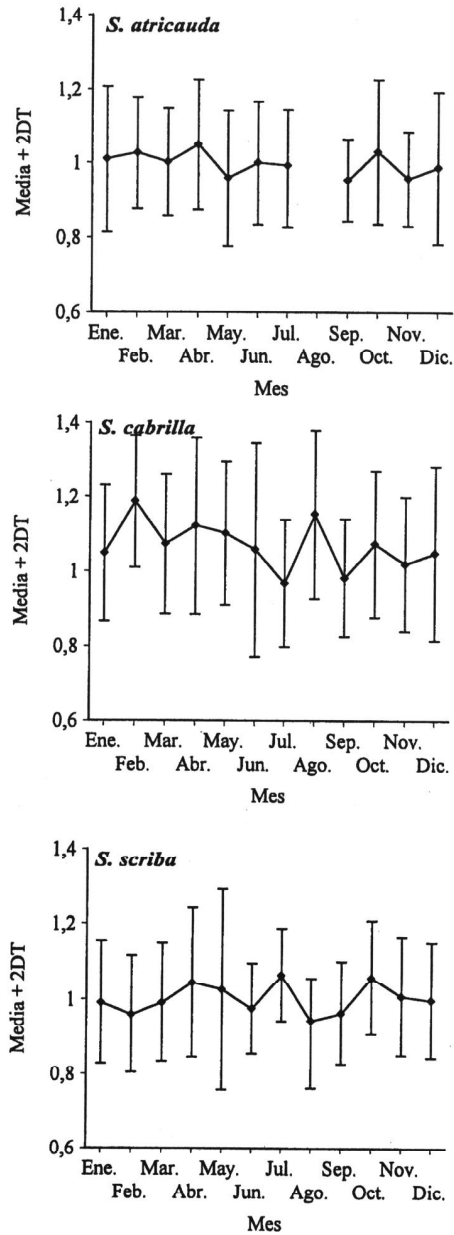


Figura V-9. Variación mensual del valor medio del factor de condición relativo (K_n) en las especies procedentes de Canarias.

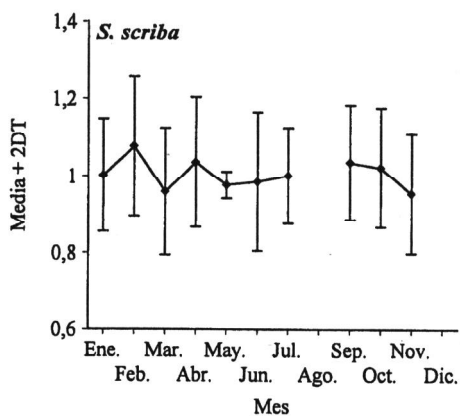
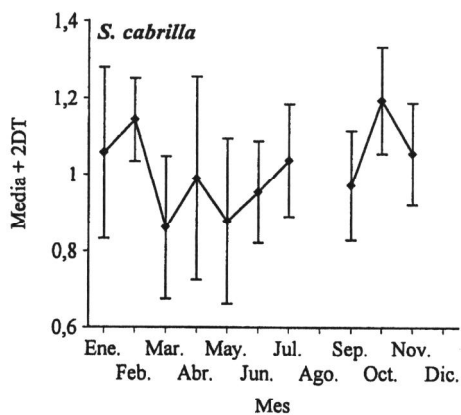


Figura V-10. Variación mensual del valor medio del factor de condición relativo (Kn) en las especies procedentes de Alicante.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este capítulo indican que la talla máxima de *Serranus atricauda* es similar a la observada por otros autores en Canarias (Bordes *et al.*, 1994; Franquet y Brito, 1995; Uiblein *et al.*, 1998) y otros sectores del Atlántico oriental y Mediterráneo (Smith, 1981; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987; Morato, 1995).

En *S. cabrilla* y *S. scriba*, la comparación de la longitud máxima observada en el presente estudio con respecto a la descrita en la literatura es dificultosa, ya que algunos autores han dado valores superiores a 35 cm L_t (Smith, 1981; Tortonese, 1986; Bauchot, 1987; Magnússon y Magnússon, 1987; Franquet y Brito, 1995) y otros inferiores a dicha talla (Huerta-Ramírez y Arté, 1967; Bouin, 1983; Abdel-Aziz, 1991; Harmelin-Vivien y Francour, 1992; Leal y Cano, 1995; Petrakis y Stergiou, 1995). No obstante, los trabajos donde se indican valores tan altos consisten en guías, fichas o catálogos generales que recogen información de antaño, mientras que los otros datos provienen de un proceso de investigación directo. Estas especies quizás alcanzaron dichos tamaños en un tiempo pasado y posiblemente la alta presión pesquera sobre las mismas se ha traducido en un descenso de la talla máxima, fenómeno que ha sido descrito en otras especies (Francis y Smith, 1995). Esta hipótesis se basa en el hecho de que en Canarias *S. cabrilla* es objeto de una pesquería artesanal de cierta importancia local (González, 1991), y *S. scriba* ha sido incluida en la lista de especies amenazadas (Bonnet y Rodríguez, 1992) debido al efecto negativo de la actividad pesquera. Por su parte, en el Mediterráneo occidental, la pesca de estas especies se realiza con trasmallo cerca de la costa (Huerta-Ramírez y Arté, 1967; Leal y Cano, 1995), lo que podría influir en que la población no alcanzara tallas mayores.

Por otra parte, en Canarias, cuando los ejemplares de *S. atricauda* habitan fondos arenosos adquieren una coloración muy pálida, por lo que los pescadores la denominan “cabrilla rubia”, produciéndose una confusión con la propiamente denominada como tal, es decir, *S. cabrilla*, lo que ha podido llevar, en algunos casos, a magnificar la talla de esta especie (A. Brito, com. pers. 1998).

Los resultados del análisis de la relación entre la talla y el peso ponen de manifiesto que el peso presenta alometría positiva en *S. atricauda* y *S. scriba* de Canarias, isometría en *S. scriba* de Alicante y alometría negativa en *S.*

cabrilla de ambas zonas. Los coeficientes de alometría de la relación longitud total-peso total obtenidos en el presente estudio coinciden con los proporcionados por otros autores para las mismas especies en otras localidades: Bordes *et al.* (1994) y Ublein *et al.* (1998) en *S. atricauda*, Magnússon y Magnússon (1987) en *S. cabrilla*, y Harmelin-Vivien y Francour (1992) y Leal y Cano (1995) en *S. scriba*. Sin embargo, estos coeficientes difieren significativamente de los obtenidos por Leal y Cano (1995) y Petrakis y Stergiou (1995) en *S. cabrilla*, y por Abdel-Aziz (1991) y Petrakis y Stergiou (1995) en *S. scriba*. En este sentido, hay que señalar que, aunque los valores de la relación talla-peso pueden variar de unas localidades a otras para la misma especie, pues dependen de muchos factores (Lorenzo, 1992; Pajuelo, 1997), en algunos casos las diferencias apuntadas parecen deberse al desigual rango de tallas o distribución de datos analizados en las zonas que se comparan.

En otras especies congénéricas, tales como *Serranus baldwini* (Evermann y Marsh, 1990) (Bohnsack y Harper, 1988), *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) (Harmelin-Vivien y Francour, 1992; Leal y Cano, 1995), *Serranus subligarius* (Cope, 1870) (Hastings y Borbotone, 1980) y *Serranus tigrinus* (Bloch, 1790) (Bohnsack y Harper, 1988), el coeficiente de alometría es positivo, tomando valores entre 3,04 y 3,43. Este crecimiento alométrico se presenta también en otras especies pertenecientes a la familia Serranidae: *i.e.*, *Cephalopholis taeniops* (Valenciennes, 1828) (Magnússon y Magnússon, 1987), *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Franqueville y Freón, 1976; Bruslé, 1985; Brito, 1997) y *Mycteroperca venenosa* (Linnaeus, 1578) (Bohnsack y Harper, 1988). Todo ello parece sugerir que, en general, el coeficiente de alometría suele estar cercano a 3,00 ó es superior en las especies del género *Serranus*, y que puede ser una característica extensiva a muchas especies de la familia Serranidae.

En relación con el factor de condición, los valores medios mensuales en las especies del Atlántico no exhibieron variaciones claras, presentando una fluctuación irregular a lo largo del año; mientras que se detectó un pequeño cambio de forma en la muestra de *S. cabrilla* del Mediterráneo. Normalmente, estas variaciones están asociadas a procesos reproductores, ya que la maduración sexual repercute en el estado fisiológico de los individuos (Panella, 1980; Casselman, 1987; Morales-Nin, 1987b; Pajuelo, 1997), los cuales suelen hacer acopio de energía para dicho proceso. Durante los períodos de almacenamiento de energía en músculo o hígado, los individuos pueden tener

un peso mayor de lo habitual para una talla determinada, debido a un aumento relativo del hígado y contenido estomacal (Busacker *et al.*, 1990). En consecuencia, durante el período reproductor suele producirse una disminución de la actividad alimentaria, siendo el hígado la fuente energética de los peces (Wootton, 1990).

Los estudios llevados a cabo en las especies del presente trabajo en Canarias no indicaron ninguna tendencia clara en el tamaño relativo del hígado a lo largo del ciclo anual (García-Díaz *et al.*, 1996a, 1997). Ello se debe a que en estas especies la actividad alimentaria no cambia a lo largo del ciclo reproductor (Morato, 1995; Tuset *et al.*, 1996; Labropoulou *et al.*, 1998; Moreno-López *et al.*, en revisión) debido a que el cortejo y apareamiento tienen lugar durante 2 ó 3 horas al día, por lo que el resto del tiempo los individuos mantienen su actividad normal (Morato, 1995), siendo innecesario un aprovisionamiento previo de energía. En consecuencia, en el Atlántico estas los ejemplares de estas especies no producen acumulación de energía antes de la época de reproducción y, por tanto, ni el factor de condición ni otros índices relacionados con el hígado son indicativos de los cambios metabólicos que tienen lugar en el organismo de estas especies. Sin embargo, en el Mediterráneo estas individuos de estas especies parecen comportarse de forma diferente, ya que diversos autores han encontrado una relación directa entre este índice y el período reproductor (Bouain, 1981; Siau y Bouain, 1994), produciéndose un cambio de la actividad metabólica, más o menos acusado, antes de la maduración gonadal. Ello pone de manifiesto las diferencias ecológicas y etológicas que existen entre las poblaciones del Atlántico y del Mediterráneo.

TERCERA PARTE:
EL OTOLITO SAGITTA

Capítulo VI

MORFOLOGÍA DEL OTOLITO *SAGITTA*: SU APLICACIÓN EN TAXONOMÍA Y DISCRIMINACIÓN DE STOCKS

INTRODUCCIÓN

En los peces óseos el órgano receptor de las funciones auditivas y del equilibrio es el oído interno o laberinto membranoso, ya que en estos vertebrados el oído medio y el externo no están presentes. Dicho órgano realiza dos funciones: detecta las vibraciones de la masa de agua y es sensible a los movimientos de la cabeza y a la posición de la misma en relación con la atracción gravitatoria (Parker y Haswell, 1987; Gauldie, 1988; Morales-Nin, 1992; entre otros).

Embriológicamente, el oído interno se forma a partir de un engrosamiento localizado en el ectodermo denominado *placa ótica*. Durante el desarrollo ontogénico, esta placa sufre modificaciones que configuran una estructura constituida por tres conductos semicirculares, los cuales se sitúan en diferentes planos perpendiculares entre sí. Cada uno de los conductos se dilata por un extremo dando lugar a una *mácula* o *ampolla* que recibe el nombre de sáculo, lagena y utrículo. En el interior de cada ampolla se forma un complejo cuerpo cristalino, el otolito, que recibe el nombre de *sagitta* (en el sáculo), *asteriscus* (en la lagena) y *lapillus* (en el utrículo) según en que ampolla se conforme (Fig. VI-1). Las paredes de las ampollas están repletas de células neuroepiteliales y de células secretoras de carbonato cálcico. Las células neuroepiteliales detectan el movimiento del otolito en la mácula y se inervan originando el nervio auditivo. Finalmente, todo el laberinto membranoso está recorrido por líquido endolinfático y rodeado por hueso, configurando lo que se denomina el 'laberinto óseo' (Parker y Haswell, 1987).

Los otolitos están compuestos principalmente de carbonato cálcico y proteína. El carbonato cristaliza en forma de aragonito y tiene forma de prismas o agujas (Fig. VI-2), los cuales se orientan radialmente desde un punto central que es el núcleo (Gauldie y Neilson, 1988; Baillon, 1991). La proteína, que es fibrosa del tipo del colágeno, se denomina “otolina”, la cual se caracteriza por presentar aminoácidos con carga polar positiva, teniendo en esencia la misma composición en todos los peces (Degens *et al.*, 1969; Watabe *et al.*, 1982; Campana y Neilson, 1985; Morales-Nin, 1986a; entre otros). En algunos otolitos, el carbonato cristalizada en forma de calcita, tomando aspecto translúcido y considerándose por ello anormales (Morales-Nin, 1992; Gauldie, 1993).

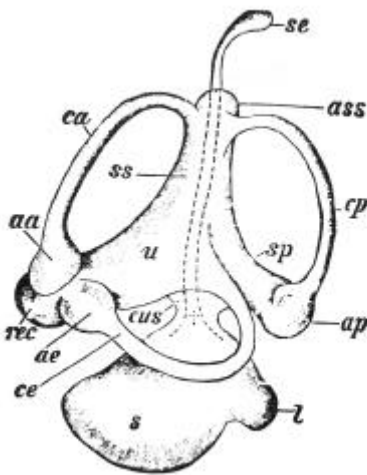
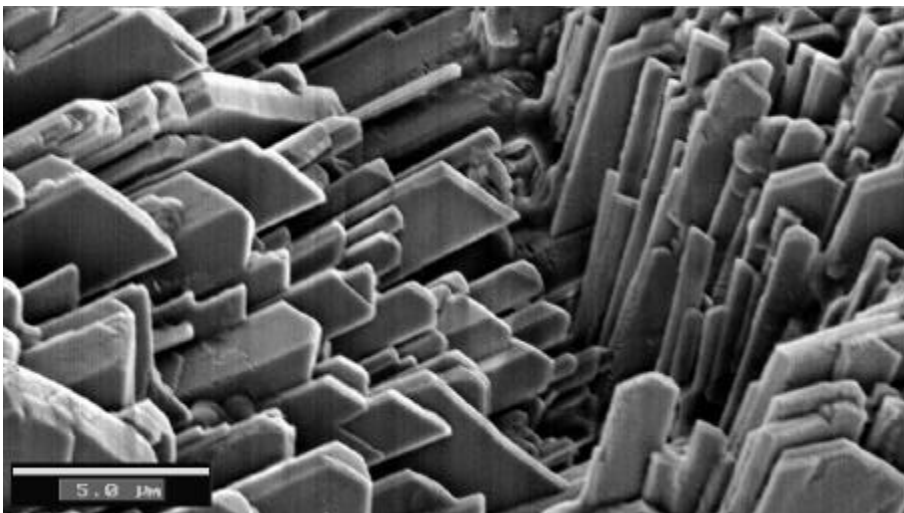


Figura VI-1. Esquema del órgano auditivo y del equilibrio en peces óseos (Tomado de Parker y Haswell, 1987). *aa*, ampolla del conducto anterior; *ae*, ampolla del conducto horizontal; *ap*, ampolla del conducto posterior; *ass*, ápice del seno articular superior; *ca*, conducto semicircular anterior; *ce*, conducto semicircular horizontal; *cp*, conducto semicircular posterior; *ep*, conducto semicircular posterior; *cus*, conducto que une el sáculo con el utrículo; *se*, conducto endolinfático; *l*, lagena; *rec*, fondo utricular; *s*, sáculo; *se*, saco endolinfático; *sp*, seno utricular posterior; *ss*, seno superior; *u*, utrículo.

Estudios realizados en los que se utiliza Ca^{45} han demostrado que determinadas células secretoras de la mácula son responsables del proceso de secreción del calcio, concentrándose en zonas concretas (Pannella, 1980; Mugiya *et al.*, 1981; Campana y Neilson, 1985; Mugiya, 1986). En consecuencia, la forma del otolito se debe a la diferencia en la tasa de acreción de material, lo que provoca la variación de la forma esférica (en larvas) a la morfología característica de la especie (en adultos) (Gauldie, 1988; Lagardère *et al.*, 1995).

El estudio de las características morfológicas de los otolitos se ha

considerado muy importante en los últimos años debido a que su forma es un carácter ligado a la especie (Härkönen, 1986; Hecht, 1987; Williams y McEldowney, 1990; Martínez y Monasterio de Gonzo, 1991; Pereda y Villamor, 1991; Hunt, 1992; Lombarte, 1992; Gago, 1993; Smale *et al.*, 1995). Generalmente, de los tres otolitos presentes en el oído interno de los peces, la *sagitta* presenta mayor variación interespecífica (Popper y Coombs, 1982). Sin embargo, la forma del otolito de una especie (variación intraespecífica) depende, entre otros factores, del estado de desarrollo del pez. A pesar de ello, ciertos caracteres se mantienen desde las primeras fases ontogénicas y se conservan durante todo el ciclo vital



(Brothers, 1984).

Figura VI-2. Micrografía mostrando los prismas o agujas de carbonato cálcico de un otolito.

La aplicación de los otolitos en estudios de paleontología (Fitch, 1967 en Smale *et al.*, 1995; Gamers, 1984; Nolf, 1995), ecología trófica (Harkönen, 1986; Tuset *et al.*, 1996, 1997; Moreno-López *et al.*, en revisión), identificación de poblaciones, stocks o razas (Neilson *et al.*, 1985; Bird *et al.*, 1986; Smith, 1992; Friedland y Reddin, 1994) y taxonomía (Post y Hecht, 1977; Lombarte *et al.*, 1991; Martínez y Monasterio de Gonzo, 1991) pone de manifiesto la importancia de dicha estructura y la necesidad de su exhaustivo conocimiento morfológico.

Las diversas singularidades morfológicas y merísticas de las estructuras duras de los peces (escamas, otolitos, radios, vértebras, etc.) se han utilizado en estudios de identificación de grupos, siendo las relaciones morfométricas del otolito de las primeras en emplearse (Templeman y Squires, 1956; Trout, 1957). Ello se debe a que el otolito sufre cambios morfológicos que están relacionados con el incremento en talla de los peces, los cuales siguen, generalmente, un crecimiento alométrico (Chilton y Beamish, 1982). En consecuencia, diferencias en el modelo de desarrollo del otolito se han asociado a distintas tasas de crecimiento y se han utilizado en estudios de discriminación de stocks (Mesieh, 1972; Janusz, 1990; L'Abée-Lund, 1988).

El examen microscópico del otolito también ha sido una herramienta muy común en la discriminación de stocks, pero consume mucho tiempo y puede llevar a interpretaciones ambiguas (Bird *et al.*, 1986). Con la mejora en las técnicas de digitalización de imágenes se han abierto nuevas posibilidades en la investigación, permitiendo aplicar análisis complejos como la serie de Fourier (Bird *et al.*, 1986; Smith, 1992; Friedland y Reddin, 1994). Éstas constituyen el procedimiento matemático más utilizado para definir la silueta de un objeto y se basan en descriptores denominados armónicos. La amplitud de cada armónico representa la contribución relativa a la figura empírica de un componente de forma característica, p.e., la amplitud del segundo armónico es una medida de elongación, la del tercero de la forma triangular, etc. (Bird *et al.*, 1986). Por tanto, los armónicos definen los parámetros de forma del otolito, dando una imagen similar a la real mediante combinación de todos ellos.

Diversos autores (Jarvis *et al.*, 1978; De Pontual y Prozuet, 1987, 1988) diferenciaron stocks caracterizando escamas mediante series de Fourier. Posteriormente, este procedimiento matemático se ha utilizado en otolitos de diversas especies pelágicas: *Coregonus clupeaformis* (Mitchill, 1818) (Salmonidae) (Casselman *et al.*, 1981), *Cuplea harengus* Linnaeus, 1758 (Clupeidae) (Bird *et al.*, 1986), *Salmo salar* Linnaeus, 1758 (Salmonidae) (Reddin 1986; Friedland y Reddin, 1994; Friedland *et al.*, 1994) y *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758 (Scombridae) (Castonguay *et al.*, 1991). Sin embargo, el número de trabajos realizados en especies bentónicas es menos común: *Etelis carbunculus* Cuvier, 1828 (Lutjanidae) (Smith, 1992), *Genypterus blacodes* (Ophididae) (Colman, 1995) y *Cynoscion nebulosus* (Cuvier, 1830) (Sciaenidae) (Colura y King, 1995).

En el presente capítulo se plantean dos objetivos principales: la

aplicación del análisis morfológico del otolito en la determinación del status taxonómico y en la discriminación de stocks¹. Las finalidades del primer objetivo se han centrado en: i) describir las características del otolito *sagitta* en las especies consideradas; ii) determinar las diferencias cualitativas más notables entre especies; iii) examinar los cambios de forma del otolito en función de la talla del pez en cada especie; e iv) identificar especies mediante el contorno de los otolitos. Por otro lado, los propósitos del segundo objetivo se han enfocado en: i) caracterizar la forma del otolito de las regiones atlántica y mediterránea a partir de los parámetros de forma y de las relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito y la longitud del pez; ii) evaluar la utilidad y problemas que plantean estos métodos en la identificación de stocks; y iii) plantear los posibles factores (ambientales y/o biológicos) que pueden influir en las diferencias regionales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Microscopía electrónica de barrido

La descripción ultraestructural del otolito se realizó empleando microscopía electrónica de barrido (MEB). Para ello, se seleccionaron los otolitos de 12 ejemplares de cada una de las especies, abarcando el rango de tallas disponibles. Los otolitos se introdujeron en tubos Eppendorf con alcohol de 70° y se sometieron a vibración de baja frecuencia con limpiador ultrasónico (“ultrasonic cleaner”) (Bramson 220, 0.6 AMPS 50/60 Hz) durante 1 minuto. A continuación, se extrajeron y secaron para ser montados en soportes de aluminio, utilizando cinta adhesiva de carbono. Los otolitos se adhirieron por su cara lateral para poder describir la cara mesial o interna, recubriéndose con una capa de oro-paladio durante 4 minutos (alcanzando un grosor de unos 40 nm) en el sombreador Bio-rad SC500. Para el examen de las preparaciones se utilizó un microscopio Hitachi S4100 FE conectado directamente a un ordenador para la toma de imágenes. Dichas imágenes se captaron mediante el software E.M.I.P (Electron Microscopy Image Processing) con resolución de 1024 x 1024 pixels, y posteriormente, tratadas con el programa

¹ Dada la variedad de conceptos existentes para definir el término “stock”, en el desarrollo de la presente Memoria se entenderá como un subconjunto de individuos de una determinada especie que posee los mismos parámetros de crecimiento y mortalidad, y que habita en una área geográfica particular (Sparre y Venema, 1995).

informático Adobe Photoshop (v. 4.0, Adobe Systems Inc.).

En la descripción de los otolitos se utilizó la terminología y modelo de ficha aplicado por Smale *et al.* (1995), ampliado con las siguientes variables (Fig. VI-3):

- proporción entre la longitud del *rostrum* y del otolito,
- longitud de la constricción,
- anchura de la *cauda*.

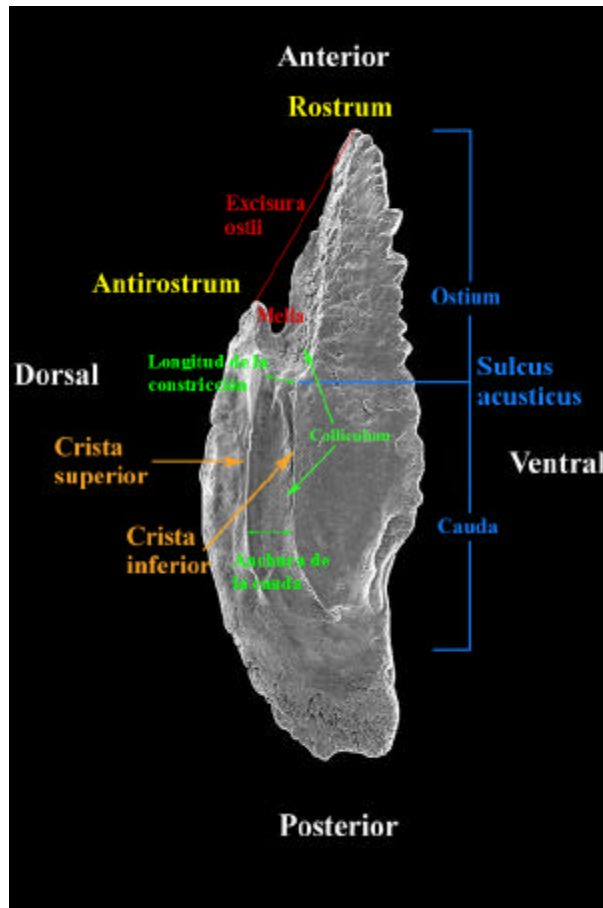


Figura VI-3. Micrografía de la cara mesial del otolito *sagitta* de un pez del género *Serranus*, ilustrando los términos que se describen en el texto.

Análisis de imagen

La morfometría del otolito se estudió mediante parámetros de forma obtenidos a través de imágenes digitalizadas. Para ello, se seleccionó una muestra aleatoria de cada una de las especies: 93 otolitos en *Serranus atricauda*, 91 en *S. cabrilla* y 84 en *S. scriba* de Canarias; y 54 en *S. cabrilla* y 37 en *S. scriba* de Alicante. Para la realización del estudio, en todos los casos se utilizó el otolito derecho por su cara lateral.

Las imágenes de los otolitos se capturaron con un equipo informático que constó de un ordenador PC Pentium 200 conectado a una cámara de vídeo JVC con un objetivo macro de 60 mm marca Nikon. La digitalización de las imágenes se consiguió con una tarjeta Matrox Meteor, de 1024x1024x32 bits sobre un monitor de alta resolución NEC. Tanto la captación como su posterior análisis se realizaron con el software VISILOG (versión 5.1).

Una vez capturadas las imágenes, se seleccionaron 10 de ellas para obtener el nivel de gris adecuado y lograr que, en el proceso de binarización, la forma resultante fuese lo más similar a la real (Fig. VI-4). En la mayoría de los casos fue preciso realizar operaciones complementarias (filtrados, sustracciones, adiciones, etc.) para la eliminación de artefactos. A partir de este momento, el programa realizó automáticamente los cálculos sobre las imágenes binarias, registrando para cada otolito un fichero ASCII con los valores de los parámetros de tamaño considerados. Posteriormente, se obtuvieron los índices de forma por la combinación de los parámetros anteriores (Russ, 1990; Tablado, 1996) (Tabla VI-1).

El factor de forma indica la irregularidad de un objeto y tiende a 1 cuando éste es un círculo perfecto. La redondez y la forma circular proporcionan información sobre la proximidad morfológica de una figura a un círculo, tomando respectivamente un valor mínimo de 1 y 4δ (12,57) cuando es un círculo perfecto. La forma rectangular describe las variaciones en longitud y anchura respecto al área, siendo 1 para un cuadrado perfecto. La forma elíptica indica si los cambios en los ejes son proporcionales o no. Finalmente, la excentricidad determina el cambio de posición del centro de masa respecto al lugar que ocuparía en un círculo perfecto.

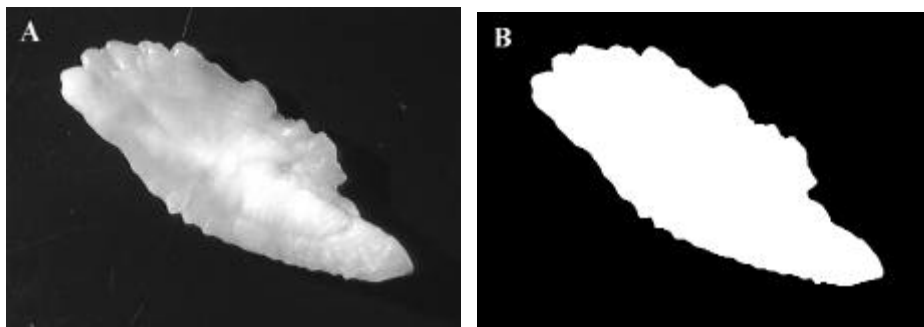


Figura VI-4. Imagen digitalizada del otolito *sagitta* de un pez del género *Serranus*.
A, imagen original; **B**, imagen binaria modificada.

Tabla VI-1. Parámetros considerados en el estudio morfológico de los otolitos.

| Parámetros de tamaño* | Parámetros de forma |
|----------------------------------|--|
| Área (A) | Factor de forma = $(4\delta A) / P^2$ |
| Perímetro (P) | Redondez = $(4A) / (\delta LF^2)$ |
| Longitud Feret (LF) ¹ | Forma circular = P^2 / A |
| Anchura Feret (AF) ² | Forma rectangular = $A / (LF \cdot AF)$ |
| | Forma elíptica = $(LF - AF) / (LF + AF)$ |
| | Excentricidad = $[4\delta^2(I_1 - I_2)^2] / A^2$ |

¹LF es el valor máximo del diámetro Feret calculado a 0, 30, 60, 90, 120 y 150 grados.
²AF es el valor mínimo del diámetro Feret calculado a 0, 30, 60, 90, 120 y 150 grados.
 AF no es necesariamente ortogonal a LF.
 I₁ e I₂ son valores de la matriz de inercia.
 * Las unidades utilizadas fueron mm² para A y mm para P, LF y AF.

Relaciones alométricas

La longitud total del pez (L_t), la longitud del otolito (L_o), la anchura del otolito (A_o) y el peso seco del otolito (P_o) se tomaron en 510 ejemplares de *S. atricauda* de Canarias, en 457 y 231 individuos de *S. cabrilla* de Canarias y Alicante, y en 379 y 141 peces de *S. scribea* de Canarias y Alicante.

Los otolitos rotos o con alteraciones no se consideraron en este estudio (Morales-Nin, 1992).

Análisis estadístico

Previamente a cualquier análisis de los datos se procedió a examinar la existencia de diferencias entre las variables descriptivas del otolito derecho e izquierdo (longitud, anchura y peso seco) mediante la comparación de medias para cada especie y área geográfica, con el fin de demostrar la validez de la selección de uno u otro otolito en los estudios subsiguientes.

Como paso previo a la utilización de los parámetros de forma desde el punto de vista numérico en taxonomía, se analizó la evolución del contorno del otolito en función de la talla del pez mediante los citados parámetros con el fin de detectar diferencias entre especies. Para ello, los individuos se agruparon en intervalos de 4 cm de L_t y se compararon los valores medios de dichos índices (Smith, 1992). Finalmente, la aplicación de los caracteres cuantitativos en la diferenciación de especies se llevó a cabo mediante comparación múltiple de medias y función canónica discriminante (L'Abée-Lund y Jensen, 1993). En estos estudios, las muestras se acotaron por el valor mínimo, debido a que éste es un sesgo del muestreo y no una característica de la especie, seleccionándose aquellos individuos superiores a 17,4 cm L_t . Además, en el análisis discriminante no se tomaron submuestras debido a que el número de ejemplares era alto y no muy distinto entre ellos (Camacho, 1995).

En el análisis matemático de las medias, en primer lugar se comprobó la normalidad de la función de distribución de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($P\$ 0,05$) y la homogeneidad de la varianza con la prueba de Levene ($P\$ 0,05$) (Norusis, 1993). Tras determinar que para todas las variables dependientes el conjunto de datos cumplía dichos dos supuestos, se aplicó, con el fin de establecer qué grupos presentaban diferencias, la prueba de t de Student ($P\$ 0,05$) de comparación entre dos medias, o la prueba paramétrica ANOVA ($P\$ 0,05$) de comparaciones múltiples de medias, empleándose como test α

posteriori la prueba de Student-Newman-Keuls (SNK). Cuando los datos no satisfacían las premisas iniciales se aplicó la prueba no paramétrica de la U Mann-Whitney ($P\$ 0,05$) para dos muestras independientes (Etxeberria *et al.*, 1990; Zar, 1996).

Con el objeto de detectar disimilitudes locales o regionales en la forma del otolito, se compararon los valores medios de los índices de forma, aplicándose la función canónica discriminante cuando se observaron variaciones en la morfología del otolito. Debido a la desigualdad y al pequeño número de ejemplares entre los grupos analizados, las comparaciones se realizaron con todos los ejemplares de la muestra más pequeña y una serie de submuestras aleatorias (cuatro) de los otros grupos (Friedland y Reddin, 1994). Con el fin de reducir posibles efectos de la talla en el análisis comparativo de las poblaciones de *S. cabrilla* de Canarias y Alicante mediante este método, dicha variable se acotó entre 14,2 y 23,3 cm L_t . En el caso particular de *S. scriba*, el procedimiento se llevó a cabo independientemente de que no hubiese solapamiento en la longitud.

La metodología del análisis multivariante se basó en las recomendaciones estadísticas de Friedland y Reddin (1994). El método por pasos se usó para considerar qué variables se computarían en cada caso, realizándose su selección mediante la distancia de Mahalanobis. La homogeneidad de las matrices de las covarianzas intragrupos se comprobó mediante la prueba de M de Box ($P\$ 0,05$), usándose una función discriminante lineal (matrices homogéneas) o cuadrática (matrices heterogéneas). La probabilidad de clasificación se consideró igual en todos los grupos cuando éstos presentaron el mismo número de ejemplares, en caso contrario la probabilidad fue proporcional al número de individuos de cada muestra (Camacho, 1995). La eficiencia de la clasificación, es decir, el porcentaje de casos correctamente clasificados, se estimó de acuerdo con el método de Lachenbruch y Mickey (1968). Para comprobar la bondad del ajuste del análisis se utilizaron dos índices: la kappa ($\hat{\epsilon}$) de Cohen, que estima cuánto mejora la clasificación de los individuos al aplicar la función discriminante (Titus *et al.*, 1984); y el estadístico gamma (G) que comprueba el grado de coincidencia entre los valores observados y esperados (Colura y King, 1995).

Además, se calcularon las relaciones alométricas entre las variables del otolito y la talla del pez, y entre las dimensiones del otolito. En dichas relaciones, los datos se transformaron para que el error de medida fuera similar entre las variables X e Y (Zar, 1996), y se definieron mediante la

función potencial (Janusz, 1990; Williams y McEldowney, 1990; Smale *et al.*, 1995):

$$Y = aX^b$$

siendo a y b los coeficientes de la relación entre ambas variables. Para determinar estos coeficientes se ajustó el modelo a la serie de datos transformados en logaritmos. Para ello, se realizó un análisis de regresión lineal utilizando el método de los mínimos cuadrados (Zar, 1996). El carácter alométrico de éstas ecuaciones se determinó de acuerdo con Pauly (1984).

Siguiendo con el objetivo de detectar disimilitudes locales o regionales en la forma del otolito se compararon las líneas de regresión de las relaciones logarítmicas obtenidas. No obstante, este método sólo se aplicó entre regiones debido a que la distribución de tallas entre las muestras de las distintas islas en Canarias está influenciada por el método de muestreo y no es una característica poblacional de la especie (ver Discusión del capítulo VI). Con el fin de reducir posibles efectos de la talla (Colman, 1995) en el análisis comparativo de las relaciones obtenidas en las poblaciones de *S. cabrilla* de Canarias y Alicante, dicha variable se acotó entre 16,0 y 23,3 cm L_t . En el caso particular de *S. scriba*, el procedimiento se llevó a cabo independientemente de que no hubiese solapamiento en la longitud, aunque en tal caso las diferencias se estimaron comparando sólo las pendientes (b) (Zar, 1996) (para más referencias ver el apartado de análisis estadístico del Material y Métodos del capítulo V).

El estudio comparativo de las líneas de regresión se basó en la equiparación inicial de las pendientes de las regresiones mediante la prueba de la t de Student ($P\$ 0,05$):

$$\hat{t}_1 = \frac{b_1 - b_2}{S_{b_1 - b_2}}$$

donde b_1 y b_2 son las pendientes, $S_{b_1 - b_2}$ es el error estándar de la diferencia entre los coeficientes de las regresiones y $n_1 + n_2 - 2$ los grados de libertad (siendo n_1 y n_2 en número de ejemplares de cada población). Si las dos pendientes son iguales se calcula una regresión común y se analiza si los puntos de corte son distintos o no a partir de otra prueba de la t de Student ($P\$ 0,05$):

$$\hat{t}_2 = \frac{(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2) - b_c(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{(s_{yx}^2)_c \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{A_c} \right]}}$$

siendo b_c la pendiente común, A_c la suma de cuadrados de X (peso del otolito) para la regresión común y n_1+n_2-3 los grados de libertad de la regresión común (gl_c). En caso de ser similares se obtiene un punto de corte común (a_c), concluyendo que ambas rectas son iguales.

STATUS TAXONÓMICO

RESULTADOS

Estadísticos descriptivos del otolito

Los estadísticos descriptivos del otolito derecho e izquierdo se presentan en las tablas VI-2 a VI-4 por especie y área geográfica, con la correspondiente prueba estadística de comparación de medias. La longitud, anchura y peso de los otolitos estudiados de *Serranus atricauda* presentaron los valores máximos más altos, mientras que los de *S. scriba* fueron los más pequeños. Los datos pusieron de manifiesto que la *sagitta* de *S. cabrilla* alcanza valores mayores que en *S. scriba*, a pesar de que la talla máxima de esta especie es superior (para más referencias ver capítulo VI). La comparación de los estadísticos descriptivos del otolito derecho e izquierdo demostró que en ningún caso existen diferencias significativas en las variables examinadas. En consecuencia, los siguientes estudios se realizaron tomando como referencia el otolito derecho, o bien el izquierdo cuando su par no estaba disponible.

Tabla VI-2. Estadísticos descriptivos de la longitud del otolito (mm) por especie y área geográfica. O, otolito D derecho e I izquierdo; n, número de datos; es, error estándar; dt, desviación típica; mín, valor mínimo; máx, valor máximo; ns, no significativo; p, significatividad del estadístico; Z, estadístico de la U de Mann-Whitney; t, estadístico de la t-Student.

| Especie | Área | O | n | media | es | dt | mín | máx | Estadístico | p |
|---------------------|----------|---|-----|-------|------|------|------|-------|-------------|----|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | D | 485 | 8,18 | 0,07 | 1,44 | 5,30 | 12,29 | Z = -0,78 | ns |
| | | I | 492 | 8,23 | 0,07 | 1,43 | 5,25 | 12,14 | | |
| <i>S. cabrilla</i> | Canarias | D | 409 | 7,35 | 0,04 | 0,81 | 4,97 | 9,48 | t = -0,71 | ns |
| | | I | 412 | 7,39 | 0,04 | 0,83 | 3,98 | 9,48 | | |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | D | 218 | 6,04 | 0,06 | 0,86 | 3,79 | 8,83 | t = -0,01 | ns |
| | | I | 181 | 6,05 | 0,06 | 0,86 | 3,95 | 8,63 | | |
| <i>S. scriba</i> | Canarias | D | 346 | 6,59 | 0,04 | 0,72 | 4,85 | 9,03 | t = -0,18 | ns |
| | | I | 341 | 6,60 | 0,04 | 0,71 | 4,78 | 9,43 | | |
| | Alicante | D | 133 | 4,97 | 0,04 | 0,42 | 3,84 | 6,08 | t = -0,69 | ns |
| | | I | 134 | 5,00 | 0,03 | 0,40 | 3,78 | 5,97 | | |

Tabla VI-3. Estadísticos descriptivos de la anchura del otolito (mm) por especie y área geográfica. O; otolito D derecho o I izquierdo; n, número de datos; es, error estándar; dt, desviación típica; mín, valor mínimo; máx, valor máximo; ns, no significativo; p, significatividad del estadístico; Z, estadístico de la prueba de la U de Mann-Whitney; t, estadístico de la t-Student

| Especie | Área | O | n | media | es | dt | mín | máx | Estadístico | p |
|---------------------|----------|---|-----|-------|------|------|------|------|-------------|----|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | D | 485 | 3,38 | 0,03 | 0,58 | 2,20 | 5,14 | Z = -0,90 | ns |
| | | I | 492 | 3,41 | 0,03 | 0,59 | 2,15 | 5,08 | | |
| | Canarias | D | 409 | 2,93 | 0,02 | 0,32 | 2,03 | 3,97 | Z = -1,10 | ns |
| | | I | 412 | 2,96 | 0,02 | 0,33 | 2,09 | 4,12 | | |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | D | 218 | 2,51 | 0,02 | 0,30 | 1,71 | 3,34 | t = -0,56 | ns |
| | | I | 181 | 2,53 | 0,02 | 0,32 | 1,75 | 3,55 | | |
| <i>S. scriba</i> | Canarias | D | 346 | 2,41 | 0,01 | 0,25 | 1,82 | 3,17 | t = -0,71 | ns |
| | | I | 341 | 2,42 | 0,01 | 0,25 | 1,84 | 3,24 | | |
| | Alicante | D | 133 | 2,27 | 0,02 | 0,24 | 1,73 | 3,00 | t = -0,13 | ns |
| | | I | 134 | 2,28 | 0,02 | 0,24 | 1,77 | 3,02 | | |

Tabla VI-4. Estadísticos descriptivos del peso seco del otolito (mg) por especie y área geográfica. O; otolito D derecho o I izquierdo; n, número de datos; es, error estándar; dt, desviación típica; mín, valor mínimo; máx, valor máximo; ns, no significativo; p, significatividad del estadístico; Z, estadístico de la prueba de la U de Mann-Whitney; t, estadístico de la t-Student.

| Especie | Área | O | n | media | es | dt | mín | máx | Estadístico | p |
|---------------------|----------|---|-----|-------|------|------|------|------|-------------|----|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | D | 485 | 2,79 | 0,07 | 1,44 | 0,59 | 8,62 | Z = -0,50 | ns |
| | | I | 492 | 2,79 | 0,07 | 1,42 | 0,59 | 8,53 | | |
| | Canarias | D | 409 | 1,94 | 0,04 | 0,71 | 0,73 | 5,25 | Z = -0,58 | ns |
| | | I | 412 | 1,96 | 0,04 | 0,73 | 0,74 | 5,21 | | |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | D | 218 | 1,20 | 0,03 | 0,50 | 0,34 | 3,75 | Z = -0,14 | ns |
| | | I | 181 | 1,22 | 0,04 | 0,52 | 0,37 | 3,68 | | |
| <i>S. scriba</i> | Canarias | D | 341 | 1,22 | 0,02 | 0,40 | 0,39 | 2,74 | t = -0,35 | ns |
| | | I | 346 | 1,23 | 0,02 | 0,40 | 0,42 | 2,66 | | |
| | Alicante | D | 133 | 0,87 | 0,03 | 0,31 | 0,39 | 2,36 | t = -0,18 | ns |
| | | I | 134 | 0,88 | 0,03 | 0,31 | 0,38 | 2,33 | | |

Descripción de la sagitta

Serranus atricauda (Figs. VI-5 y VI-6)

Forma y grosor de otolito: Forma oblonga con tendencia a fusiforme, de grosor moderado.

Forma de los lados: La cara mesial es convexa y la lateral cóncava.

Forma y escultura del margen: Margen dorsal ligeramente redondeado con perfil entero o irregular en los otolitos más grandes. Margen ventral aplanado o ligeramente convexo con borde crenado. Margen posterior redondeado con contorno lobulado o sinuoso.

Abertura, forma y tamaño del sulcus acusticus: Abertura de tipo ostial. Forma heterosulcoide, siendo más profundo y obtuso (0,4-0,8 mm) al aumentar la talla.

Colliculum: Heteromorfo, donde la parte posterior termina ocupando la pared interna de la cauda.

Forma del ostium: Alargado y estrecho. El borde ventral es recto y llega hasta la punta del *rostrum*, mientras que el borde dorsal se ensancha desde la base del cuello del *sulcus* hasta su abertura.

Forma de la cauda: Alargada con un giro hacia el borde ventral del otolito sin llegar a abrirse en él, aunque pueda parecerlo. Tiende a aumentar de anchura a medida de que se aleja del cuello del *sulcus*, en una proporción de 1:1,1.

Diferenciación ostio-caudal: Existe una constricción de la cresta superior e inferior que es mayor con el aumento en talla del otolito (0,3-0,6 mm).

Proporción ostium/cauda: Entre 1:1,0 y 1:1,2.

Crista superior: Es más prominente con el aumento de la talla del otolito. Sin embargo, en su recorrido hacia la parte caudal de éste, el borde deja de ser tan pronunciado hasta desaparecer.

Crista inferior: Está bien desarrollada, aunque nunca adquiere la misma constitución que la superior, y se presenta hasta el final del *sulcus*.

Depresiones y crestas: Presenta una depresión oval y elongada en el área dorsal, que va desde el cuello del *sulcus* hasta, aproximadamente, el lugar donde gira la cauda. La zona ventral tiene pequeñas depresiones distribuidas aleatoriamente y, además, un canalículo que se distribuye paralelo al margen ventral, el cual es más acusado con el aumento de talla del otolito.

Forma y tamaño de las extensiones: *Rostrum* corto a ligeramente alargado (1,3-3,5 mm, 20-34 % respecto a *Lo*) con la punta redondeada. *Antirostrum* ausente o poco pronunciado (0,4-0,2 mm). *Pseudo-rostrum* y *pseudo-antirostrum* ausentes.

Excisura ostii: Moderadamente amplia con el aumento de la talla del otolito (1,1-3,3 mm). La mella, si se presenta, es poco profunda y aguda en ejemplares pequeños.

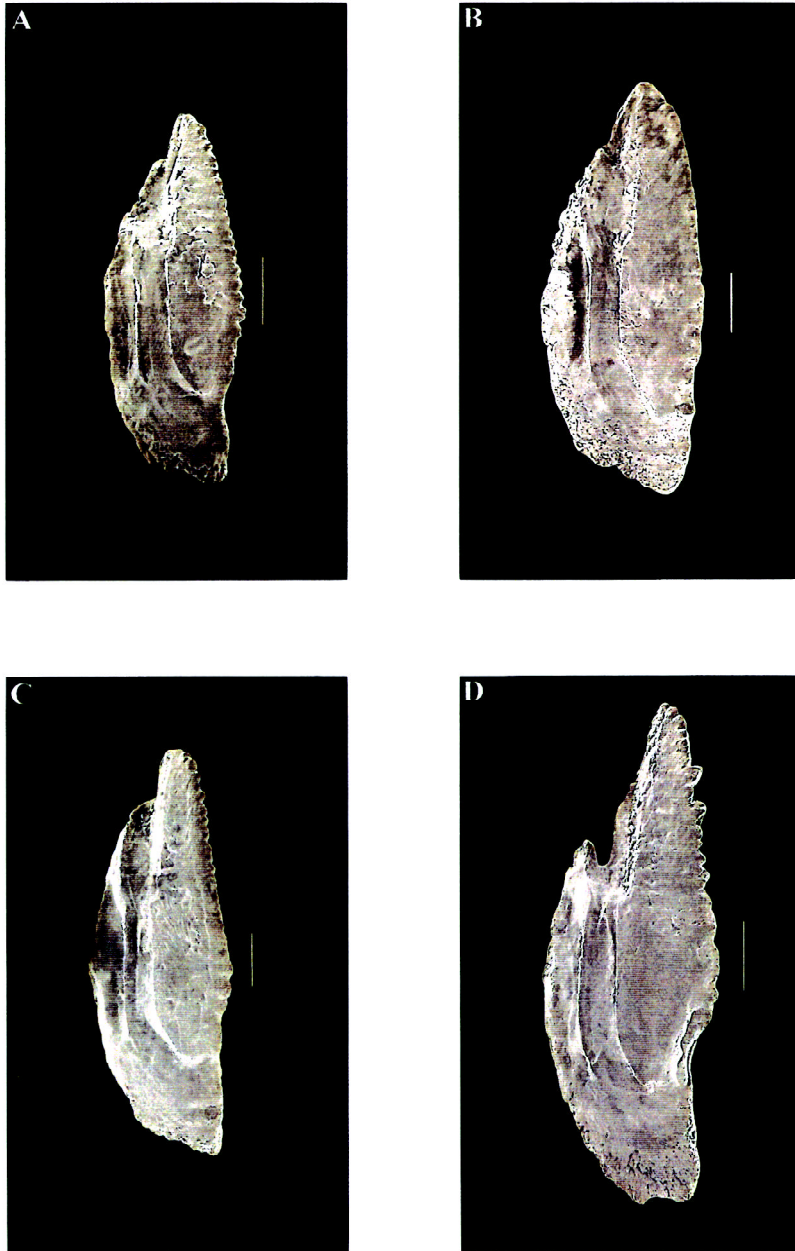


Figura VI-5. *Serranus atricauda*. **A** 5,4 mm L_o , 16 cm L_i ; **B** 6,8 mm L_o , 21 cm L_i ; **C** 7,3 mm L_o , 22 cm L_i ; **D** 7,6 mm L_o , 26 cm L_i . Barra de escala 1 mm (—).

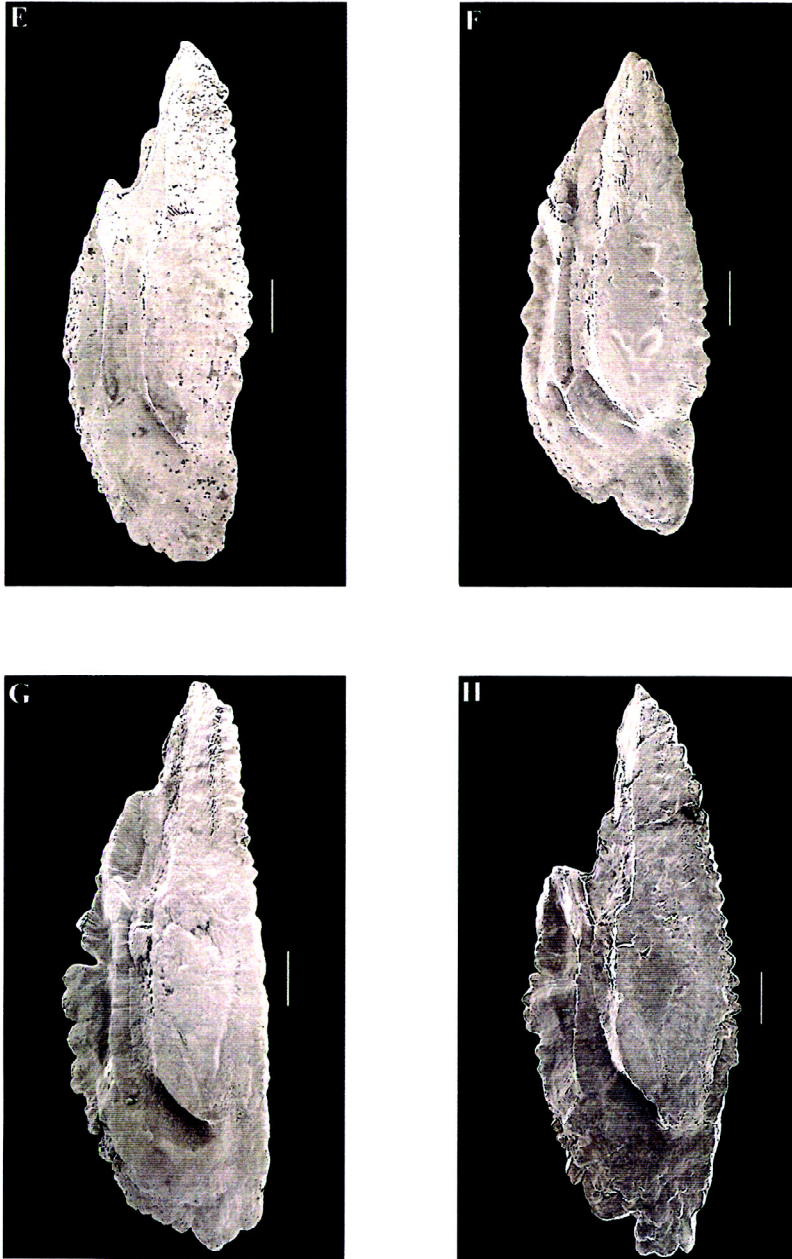


Figura VI-6. *Serranus atricauda*. **E** 9,3 mm L_o , 31 cm L_p ; **F** 8,8 mm L_o , 33 cm L_p ; **G** 9,9 mm L_o , 37 cm L_p ; **H** 10,5 mm L_o , 38 cm L_p . Barra de escala 1 mm (—).

Serranus cabrilla (Figs. VI-7 y VI-8)

Forma y grosor del otolito: Forma oblonga con ligera tendencia a fusiforme, de grosor moderado.

Forma de los lados: La cara mesial es convexa y la lateral cóncava.

Forma y escultura del margen: Margen dorsal ligeramente redondeado con perfil entero o irregular en los otolitos más grandes. Margen ventral aplanado o ligeramente convexo con borde crenado. Margen posterior redondeado con contorno lobulado o irregular.

Abertura, forma y tamaño del sulcus acusticus: Abertura de tipo ostial. Forma heterosulcoide, siendo más profundo y obtuso (0,4-0,9 mm) con el aumento de la talla.

Colliculum: Heteromorfo, donde la parte posterior termina ocupando la pared interna de la *cauda*.

Forma del ostium: Alargado y moderadamente estrecho. El borde ventral es recto y llega hasta la punta del *rostrum*, mientras que el borde dorsal se ensancha desde la base del cuello del *sulcus* hasta su abertura.

Forma de la cauda: Alargada con un giro hacia el borde ventral del otolito sin llegar a abrirse en él, aunque pueda parecerlo. Tiende a aumentar de anchura a medida de que se aleja del cuello del *sulcus*, en una proporción de 1:1,1.

Diferenciación ostio-caudal: Existe una constricción de la cresta superior e inferior que es mayor con el aumento en talla del otolito (0,3-0,6 mm).

Proporción ostium/cauda: Entre 1:0,8 y 1:1,1.

Crista superior: Es más prominente con el aumento de la talla del otolito. Sin embargo, en su recorrido hacia la parte caudal de éste, el borde deja de ser tan pronunciado hasta desaparecer.

Crista inferior: Está bien desarrollada, aunque nunca adquiere la misma constitución que la superior, y se presenta hasta el final del *sulcus*.

Depresiones y crestas: Presenta una depresión oval y elongada en el área dorsal, que va desde el cuello del *sulcus* hasta, aproximadamente, el lugar donde gira la *cauda*. La zona ventral presenta un canalículo muy prominente que se distribuye paralelo al margen ventral, el cual es más acusado con el aumento de talla del otolito.

Forma y tamaño de las extensiones: *Rostrum* ligeramente alargado (0,9-2,5 mm, 18-30 % respecto a *Lo*) y con la punta redondeada. *Antirostrum* ausente o poco pronunciado (0,1-0,3 mm). *Pseudo-rostrum* y *pseudo-antirostrum* ausentes.

Excisura ostii: Moderadamente amplia con el aumento de la talla del otolito (1,0-2,6 mm). La mella, ausente o no, puede ser aguda y profunda, o abierta y superficial.

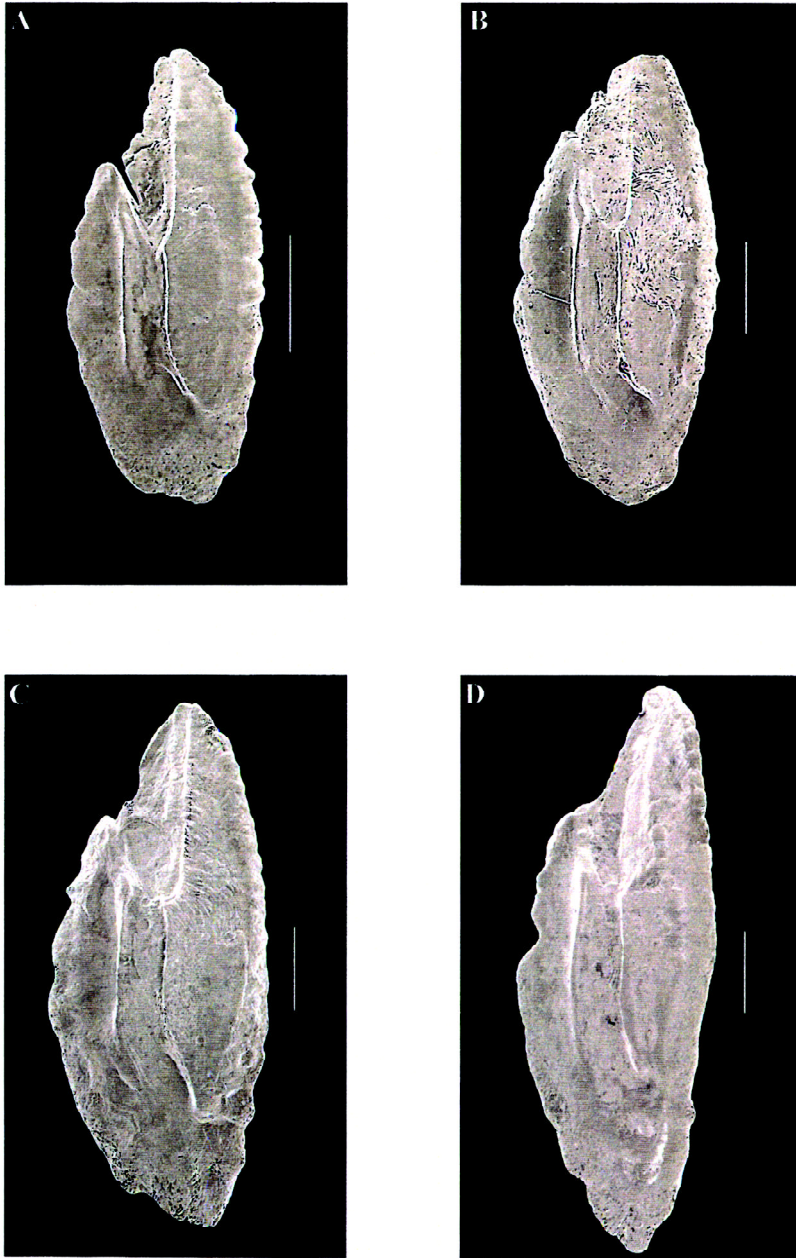


Figura VI-7. *Serranus cabrilla*. **A** 3,9 mm L_o , 10 cm L_i ; **B** 4,9 mm L_o , 13 cm L_i ; **C** 5,9 mm L_o , 16 cm L_i ; **D** 6,9 mm L_o , 18 cm L_i . **Barra de escala 1 mm (—).**

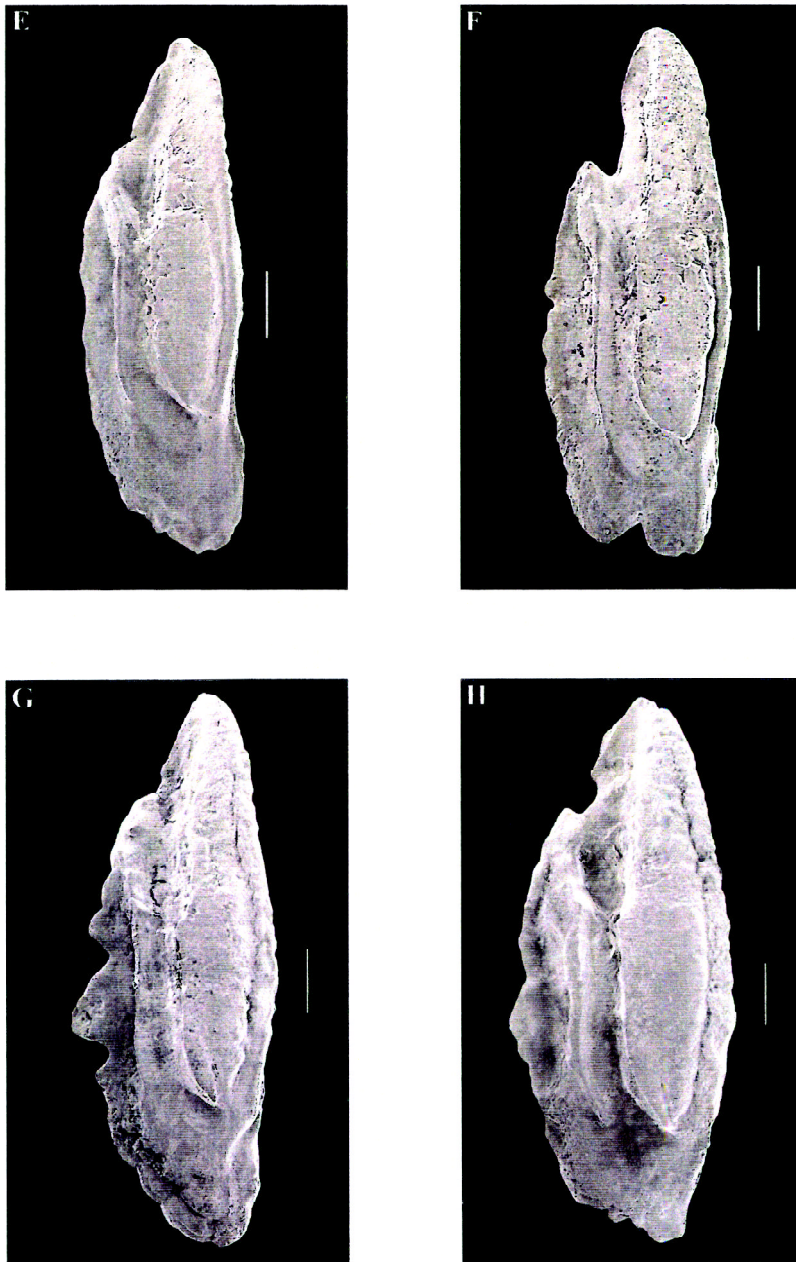


Figura VI-8. *Serranus cabrilla*. E 7,4 mm Lo , 20 cm L_l ; F 8,1 mm Lo , 22 cm L_l ; G 8,7 mm Lo , 24 cm L_l ; H 9,1 mm Lo , 26 cm L_l . Barra de escala 1 mm (—).

Serranus scriba (Figs. VI-9 y VI-10)

Forma y grosor del otolito: Forma oblonga, de grosor moderado.

Forma de los lados: La cara mesial es convexa y la lateral cóncava.

Forma y escultura del margen: Margen dorsal plano o ligeramente redondeado con perfil irregular. Margen ventral aplanado o ligeramente convexo con borde crenado o irregular. Margen posterior redondeado o ligeramente pronunciado con contorno irregular.

Abertura, forma y tamaño del sulcus acusticus: Abertura de tipo ostial. Forma heterosulcoide, siendo más profundo y obtuso (desde 0,3 hasta 0,7 mm) con el aumento de la talla.

Colliculum: Heteromorfo, donde la parte posterior termina ocupando la pared interna de la *cauda*.

Forma del ostium: Alargado, en forma de embudo debido a que tanto el borde ventral como el dorsal se ensanchan desde la base del cuello del *sulcus* hasta su abertura.

Forma de la cauda: Alargada con un giro hacia el borde ventral del otolito sin llegar a abrirse en él, aunque pueda parecerlo. Tiende a aumentar de anchura a medida de que se aleja del cuello del *sulcus*, en una proporción de 1:1,1.

Diferenciación ostio-caudal: Existe una constricción de la cresta superior e inferior que es mayor con el aumento en talla del otolito (0,3-0,5 mm).

Proporción ostium/cauda: Entre 1:1,0 y 1:1,3.

Crista superior: Es más prominente con el aumento de la talla del otolito. Sin embargo, en su recorrido hacia la parte caudal de éste, el borde deja de ser tan pronunciado hasta desaparecer.

Crista inferior: Está bien desarrollada, aunque nunca adquiere la misma constitución que la superior, y se presenta hasta el final del *sulcus*.

Depresiones y crestas: Presenta una depresión oval y elongada en el área dorsal, que va desde el cuello del *sulcus* hasta, aproximadamente, el lugar donde gira la *cauda*. La zona ventral tiene pequeñas depresiones distribuidas aleatoriamente y, además, un canalículo muy prominente que se distribuye paralelo al margen ventral, el cual es más acusado con el aumento de talla del otolito.

Forma y tamaño de las extensiones: *Rostrum* alargado con el incremento de talla (0,8-2,6 mm, 17-39 % respecto a *Lo*) con la punta redondeada, la cual presenta un giro ventral moderado. *Antirostrum* ausente o poco pronunciado (0,5-0,6 mm). *Pseudo-rostrum* y *pseudo-antirostrum* ausentes.

Excisura ostii: Moderadamente amplia con el aumento del tamaño del otolito (0,8-2,6 mm). La mella, presente o no, profunda o no, siempre es aguda.

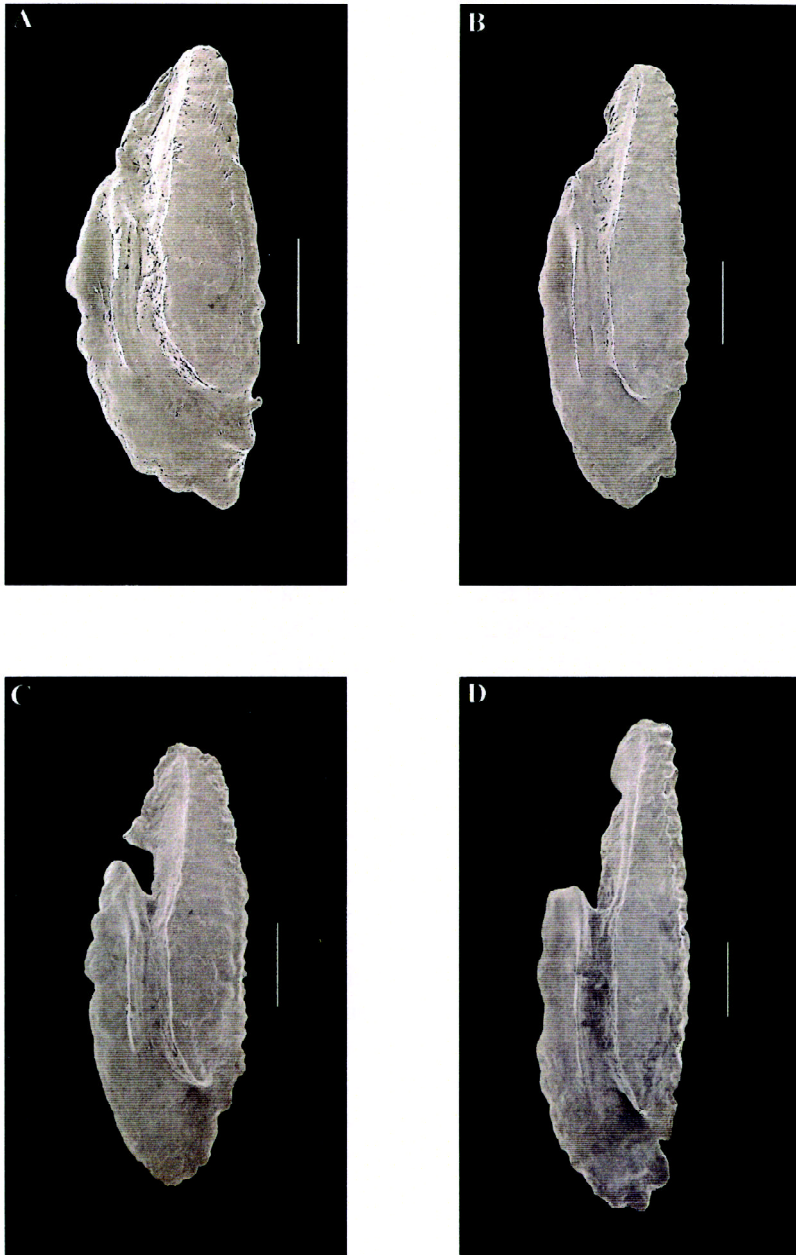


Figura VI-9. *Serranus scriba*. **A** 4,3 mm L_o , 12 cm L_f ; **B** 5,1 mm L_o , 16 cm L_f ; **C** 5,2 mm L_o , 18 cm L_f ; **D** 6,6 mm L_o , 21 cm L_f . Barra de escala 1 mm (—).

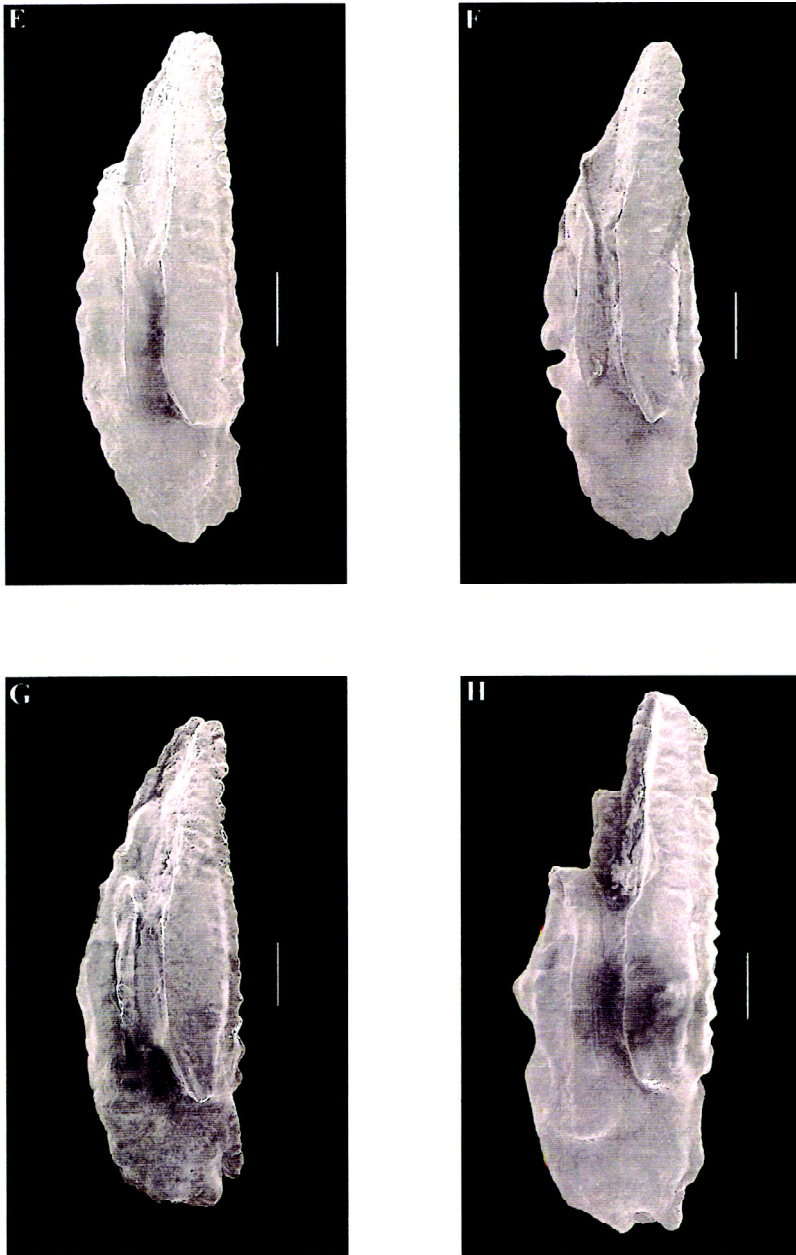


Figura VI-10. *Serranus scriba*. E 6,8 mm L_o , 23 cm L_t ; F 7,5 mm L_o , 25 cm L_t ; G 7,8 mm L_o , 26 cm L_t ; H 7,9 mm L_o , 29 cm L_t . Barra de escala 1 mm (—).

Variación de la forma del otolito con la talla del pez

El otolito *sagitta* de *S. atricauda* mostró diferencias morfológicas en función de la talla, presentando una figura ligeramente más irregular y menos redondeada con el aumento de ésta. La forma circular y rectangular, así como el factor de forma, fueron las variables que estadísticamente permitieron detectar estos cambios. En general, la redondez permaneció constante, aunque presentó una tendencia no significativa en la evolución de los datos, confirmando que los otolitos cuando crecen son menos circulares. La forma elíptica y la excentricidad permanecieron constantes sin ninguna tendencia aparente (Tabla VI-5).

Tabla VI-5. *Serranus atricauda*. Comparaciones entre medias en los parámetros de forma por intervalos de talla del pez. En cada parámetro la presencia de los superíndices *a*, *b*, *c* y *d* indica diferencias significativas entre los intervalos de talla.

| Parámetros | Intervalos de talla (L_t en cm) | | | | | |
|--------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $\leq 20,0$ | 20,1-24,0 | 24,1-28,0 | 28,1-32,0 | 32,1-36,0 | $\geq 36,1$ |
| Forma circular | 32,2727 | 30,9136 ^a | 33,6909 ^a | 35,7716 ^b | 36,5478 ^b | 38,3668 |
| Forma elíptica | 0,4055 | 0,3875 | 0,4019 | 0,4054 | 0,4130 | 0,4008 |
| Excentricidad | 0,0028 | 0,0027 | 0,0028 | 0,0029 | 0,0030 | 0,0029 |
| Factor de forma | 0,3843 ^{ab} | 0,4072 ^a | 0,3763 ^b | 0,3533 ^c | 0,3460 ^{cd} | 0,3303 ^d |
| Forma rectangular | 0,6963 ^a | 0,6920 ^{ab} | 0,6832 ^{abc} | 0,6765 ^{bc} | 0,6690 ^c | 0,6680 ^c |
| Redondez | 0,3753 ^{ab} | 0,3891 ^b | 0,3719 ^{ab} | 0,3648 ^{ab} | 0,3645 ^a | 0,3548 ^{ab} |
| Número de otolitos | 11 | 11 | 15 | 20 | 16 | 20 |

En *S. cabrilla*, la forma de otolito experimentó cambios significativos en relación con la longitud del pez. Los valores indicaron que los otolitos más grandes son más irregulares, menos redondeados y más elípticos que los pequeños, observándose un punto de inflexión muy relevante a partir de 16 cm de L_t . Todas las variables, con la excepción de la forma rectangular, permitieron detectar tales cambios (Tabla VI-6).

Tabla VI-6. *Serranus cabrilla*. Comparaciones entre medias en los parámetros de forma por intervalos de talla del pez. En cada parámetro la presencia de los superíndices *a*, *b*, *c* y *d* indica diferencias significativas entre los intervalos de talla.

| Parámetros | Intervalos de talla (L_t en cm) | | | | |
|--------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | ≤12,0 | 12,1-16,0 | 16,1-20,0 | 20,1-24,0 | ≥24,1 |
| Forma circular | 28,2258 | 29,7121 ^a | 32,1493 ^b | 32,9401 ^b | 35,5462 ^c |
| Forma elíptica | 0,3844 ^a | 0,3960 ^{ab} | 0,4126 ^c | 0,4301 ^d | 0,4152 ^{bc} |
| Excentricidad | 0,0028 ^a | 0,0029 ^a | 0,0031 ^b | 0,0033 ^c | 0,0033 ^{bc} |
| Factor de forma | 0,4462 ^a | 0,4252 ^a | 0,3930 ^b | 0,3832 ^{bc} | 0,3573 ^c |
| Forma rectangular | 0,6977 ^{ab} | 0,6996 ^a | 0,6878 ^{ab} | 0,6941 ^{ab} | 0,6800 ^b |
| Redondez | 0,3956 ^a | 0,3859 ^a | 0,3644 ^b | 0,3524 ^c | 0,3581 ^{bc} |
| Número de otolitos | 9 | 21 | 51 | 52 | 12 |

En *S. scriba*, la figura de la *sagitta* cambió significativamente en relación con la longitud del pez. Los valores indicaron que los otolitos más grandes son más irregulares, menos redondeados y más elípticos que los pequeños, observándose dos puntos de inflexión: uno a partir de 16 cm de L_t y el otro en el último intervalo (>24,1 cm de L_t). Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en su congénere *S. cabrilla*, la tendencia en la evolución de la forma es más patente. Todos los parámetros, salvo la forma rectangular, presentaron disimilitudes significativas con el incremento de la talla. La clara elongación que tiene lugar en la figura de estos otolitos se explica por la variación al unísono de la excentricidad y la forma elíptica (Tabla VI-7).

Tabla VI-7. *Serranus scriba*. Comparaciones entre medias en los parámetros de forma por intervalo de talla del pez. En cada parámetro la presencia de los superíndices *a*, *b*, *c* y *d* indica diferencias significativas entre los intervalos de talla.

| Parámetros | Intervalos de talla (L_t en cm) | | | | |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | ≤12,0 | 12,1-16,0 | 16,1-20,0 | 20,1-24,0 | ≥24,1 |
| Forma circular | 29,9580 | 29,6409 ^a | 33,2284 ^b | 35,0225 ^c | 37,4106 |
| Forma elíptica | 0,3793 ^a | 0,3571 ^a | 0,4356 ^b | 0,4447 ^b | 0,4557 ^c |
| Excentricidad | 0,0024 ^a | 0,0022 ^a | 0,0035 ^b | 0,0036 ^c | 0,0038 ^d |
| Factor de forma | 0,4207 ^a | 0,4256 ^a | 0,3795 ^b | 0,3611 ^c | 0,3408 ^d |
| Forma rectangular | 0,7026 ^a | 0,6917 ^{abe} | 0,7062 ^{ace} | 0,7115 ^{acd} | 0,6987 ^{ae} |
| Redondez | 0,4029 ^a | 0,4171 ^a | 0,3536 ^b | 0,3484 ^b | 0,3334 ^c |
| Número de otolitos | 6 | 34 | 24 | 37 | 31 |

Taxonomía numérica

El análisis de comparación múltiple entre medias indicó la existencia de diferencias significativas en la forma de los otolitos entre las tres especies. Los índices que detectaron las diferencias interespecíficas fueron la redondez, la forma rectangular, la forma elíptica y la excentricidad. La figura del otolito de *S. scriba* es más elíptica, rectangular y excéntrica que la de las otras dos especies. Por el contrario, los otolitos de *S. atricauda* son más redondeados y los de *S. cabrilla* presentan una morfología intermedia entre sus congéneres (Tabla VI-8).

Tabla VI-8. Comparación múltiple entre medias de los parámetros de forma por especie. En cada parámetro la presencia de los superíndices *a*, *b* y *c* indica diferencias significativas entre las especies; *SATRI*, *S. atricauda*; *SCAB*, *S. cabrilla*; *SSCR*, *S. scriba*.

| <i>SATRI</i> | <i>SCAB</i> | <i>SSCR</i> | <i>SATRI</i> | <i>SCAB</i> | <i>SSCR</i> | <i>SATRI</i> | <i>SCAB</i> | <i>SSCR</i> |
|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Factor de forma | | | Redondez | | | Forma circular | | |
| 0,3608 ^a | 0,3841 ^b | 0,3577 ^a | 0,3683 ^a | 0,3572 ^b | 0,3433 ^c | 35,2037 ^a | 32,9146 ^b | 35,4887 ^a |
| Forma rectangular | | | Forma elíptica | | | Excentricidad | | |
| 0,6786 ^a | 0,6907 _b | 0,7061 ^c | 0,403 _{0^a} | 0,4225 _b | 0,4479 _c | 0,0029 ^a | 0,0032 ^b | 0,0037 ^c |

Los resultados de la función discriminante interespecífica demostraron que el 74 % del total de casos se clasificó correctamente, siendo formada la función canónica con la excentricidad, la redondez y la forma rectangular. La forma de los otolitos de *S. scriba* es la más específica de las tres con el 16,9 % de los casos incorrectamente clasificados y sólo un 1,2 % de coincidencia con los otolitos de *S. atricauda*. Por el contrario, *S. cabrilla* presentó el porcentaje correcto de clasificación más bajo (68,5 %), atribuyendo casi todo el resto de otolitos a su congéneres con valores similares. En *S. atricauda* se detectó un 25,3 % de otolitos asignados erróneamente a *S. cabrilla* y un 4,4 % a *S. scriba*.

El índice de kappa ($\hat{\epsilon}$) indicó que el porcentaje de clasificación fue un 61 % mejor del que se hubiese producido al azar; mientras que el estadístico gamma ($G= 0,903$) señaló que el porcentaje observado fue significativo respecto al esperado.

Tabla VI-9. Clasificación de especies del género *Serranus* en las islas Canarias mediante análisis discriminante. x , valor del grupo asignado más elevado en cada grupo real.

| Grupo real | n | Grupo asignado (%) | | |
|--------------------------------------|-----|--------------------|-------------|-------------|
| | | <i>SATRI</i> | <i>SCAB</i> | <i>SSCR</i> |
| <i>S. atricauda</i> (<i>SATRI</i>) | 93 | 70,3 | 25,3 | 4,4 |
| <i>S. cabrilla</i> (<i>SCAB</i>) | 107 | 13,5 | 68,5 | 18,0 |
| <i>S. scriba</i> (<i>SSCR</i>) | 89 | 1,2 | 16,0 | 83,1 |

DISCUSIÓN

A partir del estudio descriptivo de la *sagitta* de las tres especies objetivo, se puede concluir que el otolito de estas especies del género *Serranus* se caracteriza por tener grosor medio, forma oblonga o fusiforme, *sulcus* de tipo heterosulcoide, *colliculum* heteromorfo, *ostium* alargado y estrecho, *cauda*

con una inflexión ventral posterior, *crista* superior ausente o poco desarrollada a partir de la inflexión de la *cauda*, distancia de la constricción constante, depresión oval en el área dorsal, canalículo recorriendo el borde del área ventral, *antirostrum* presente o no, y *excisura* moderadamente ancha.

Aunque la morfología del otolito es muy similar en las tres especies, se ha observado que la *sagitta* de *S. scribea* presenta dos aspectos distintivos: i) la forma del *rostrum*, caracterizada por presentar un giro ventral en su extremo; y ii) la forma del *ostium* que, tanto en el borde ventral como en el dorsal, se ensancha desde la base del cuello del *sulcus* hasta su abertura. Además, se han detectado una serie de variables que identifican a los ejemplares adultos de las especies objetivo: i) la anchura de la *cauda*, alcanzando valores más altos en *S. cabrilla* y menores en *S. scribea*; ii) la proporción *ostium/cauda*, siendo menor en *S. cabrilla* y mayor en *S. scribea*; y iii) la longitud del *rostrum* en relación con la longitud del otolito, siendo mayor en *S. scribea* y menor en *S. cabrilla*. Dichas diferencias no son tan notables en ejemplares juveniles, donde la forma del otolito tiende a ser más redondeada, lo que impide obtener una función canónica que diferencie entre especies en tales tallas.

La descripción realizada del otolito *sagitta* coincide con la dada por otros autores para las mismas especies. Sanz-Echeverría (1931), con muestras de la costa sahariana, definió vagamente la forma del otolito de *S. cabrilla* y *S. scribea*, detectando que el tamaño de la *cauda* era mayor en *S. cabrilla*, y el *rostrum* más grande en *S. scribea*. Smale *et al.* (1995), con material de Suráfrica, examinaron la morfología del otolito de *S. cabrilla* y observaron que el *ostium* era más grande que la *cauda* en proporciones 1:0,8 y 1:1,1.

Si bien el examen de la figura del otolito puede estar sometido a interpretación subjetiva y ambigua, su aplicación en diversos campos requiere un esfuerzo en la unificación de criterios y conceptos. El trabajo realizado por Smale *et al.* (1995) posiblemente es la más importante recopilación y descripción de otolitos efectuada hasta la fecha, constituyendo una guía indispensable a seguir en futuros trabajos. No obstante, además de los términos empleados por dichos autores, en la presente Memoria se ha demostrado que las variables relación *rostrum*/longitud del otolito y el tamaño de la *cauda* son características específicas, lo que aconseja su incorporación en futuras fichas de identificación del otolito *sagitta*.

Numerosos autores han puesto de manifiesto la variación específica en la forma de la *sagitta* y su área sensorial, la “macula saccular” (Hecht y Hecht,

1978; Popper, 1980; Popper y Coombs, 1982). En gadiformes, Gaudie (1988) demostró que dicha relación es similar a la proporción entre el área de *sulcus* y del otolito (S:O) y especuló con la posibilidad de que la capacidad acústica dependiese de este valor. En dos especies del género *Merluccius*, Lombarte (1992) encontró que la proporción S:O estaba influenciada por el entorno, hallando otolitos más pequeños y una relación S:O mayor en la especie de aguas más someras. A pesar de que en el presente trabajo no se ha estudiado dicha relación, los resultados ponen de manifiesto que determinadas variables descriptivas del otolito pueden estar relacionadas con su hábitat: *S. scriba*, la especie más somera (0-80 m; Brito, 1991), presenta el *sulcus* más estrecho y el *rostrum* y el *ostium* más largos; *S. cabrilla*, que se distribuye a mayor profundidad (5-300 m; Brito, 1991), posee el *rostrum* más corto y la *cauda* más grande y ancha; y *S. atricauda*, que alcanza hasta 150 m (Franquet y Brito, 1995), exhibe características intermedias, aunque comparte el tipo morfológico de *rostrum* y *ostium* con *S. cabrilla*.

Los estudios taxonómicos cuantitativos son más complejos, pero aportan información más objetiva (Lombarte *et al.*, 1991; Gago, 1993). En este sentido, en el presente estudio los parámetros de forma permitieron detectar los cambios ontogénicos más significativos que ocurren en el otolito de especies del género *Serranus*. Conforme aumenta la talla del otolito, la *sagitta* se hace más redondeada en *S. atricauda* y más elíptica en *S. scriba*, mientras que en *S. cabrilla* adquiere una morfología intermedia. Por ello, el análisis comparativo entre medias de parámetros de forma muestra que la forma rectangular, la forma elíptica y la excentricidad son mayores en *S. scriba* y menores en *S. atricauda*. No obstante, la interpretación conjunta de todas las variables permitió establecer el crecimiento del otolito durante gran parte de su ciclo vital, observándose que los cambios más significativos se producen a partir de tallas donde aparecen ejemplares maduros (Bouain, 1981; García-Díaz *et al.*, 1996a, 1997). En estas tallas, el metabolismo del pez sufre cambios importantes que provocan variaciones en la tasa de crecimiento, afectando a la morfología del otolito (Härkönen, 1986).

Los resultados del presente trabajo relativos a la identificación de especies mediante parámetros de forma indican un nivel alto de separación entre especies. El elevado porcentaje de coincidencia alcanzado en otolitos de *S. scriba* pone de manifiesto la particularidad morfológica de dicha estructura en esta especie. Además, la escasa presencia de otolitos atribuidos a *S. atricauda*,

y viceversa, indican una clara separación entre ambas especies. Por el contrario, el elevado número de otolitos de la muestra de *S. atricauda* asignados a *S. cabrilla* sugiere la existencia de afinidad morfológica entre ambas especies. La aplicación del análisis discriminante canónico con estos índices ha proporcionado valores de clasificación semejantes a los descritos en la literatura (L'Abée-Lund, 1988; L'Abée-Lund y Jensen, 1993; Johnson, 1996), demostrando la utilidad de esta estructura y dichos parámetros en estudios taxonómicos. Esta variabilidad intraespecífica se ha observado en otras especies (Messieh, 1972; Smith, 1992) y sugiere que la forma de otolito está codificada genéticamente, aunque su origen genotípico no está documentado (L'Abée-Lund y Jensen, 1993).

La combinación de todos los análisis realizados indica claramente que *S. atricauda* y *S. cabrilla* son más afines y que *S. scriba* está más relacionada con *S. cabrilla*. Algunos autores cuestionan que la morfología del otolito, cualitativa o cuantitativamente, pueda utilizarse para establecer relaciones filogenéticas por cuestiones de convergencia evolutiva (Poper y Coombs, 1982). Sin embargo, en otolitos no existen evidencias concluyentes sobre dicho fenómeno (Gago, 1993). Post y Hecht (1977) detectaron diferencias entre las *sagitta* de dos especies del género *Diretmus*, llegando a conclusiones filogenéticas similares a las obtenidas mediante otros estudios. Lombarte *et al.* (1991) observaron que el agrupamiento de especies de la familia Nototheniidae, a partir del contorno del otolito, era igual que el cladograma filogenético basado en otros caracteres anatómicos. Así, la combinación entre diversos campos de la biología puede ayudar a clarificar las relaciones entre táxones. En este sentido, García-Díaz *et al.* (1999) diferencian morfológicamente los espermatozoides de las especies aquí estudiadas, existiendo mayor afinidad entre los de *S. atricauda* y *S. cabrilla*.

Los resultados obtenidos mediante la descripción ultraestructural del otolito han permitido separar *S. scriba* de las otras dos y parecen revelar una relación entre la morfología del otolito y el hábitat de las especies. Los parámetros de forma del otolito detectaron diferencias en el figura del otolito de *S. atricauda* y *S. cabrilla*, sugiriendo afinidad entre esta última especie y *S. scriba*. Por consiguiente, ambos métodos pueden ser de eficaz ayuda en la identificación de especies e incluso para establecer relaciones filogenéticas.

DISCRIMINACIÓN DE STOCKS

RESULTADOS

Parámetros de forma

El estudio de los valores medios de los parámetros de forma puso de manifiesto que no existen diferencias en la morfología del otolito entre islas en ninguna de las especies estudiadas (Tabla VI-10). Por consiguiente, el análisis discriminante no se aplicó entre islas, dado que no se puede maximizar la distancia de dos muestras que proceden de la misma población (Camacho, 1995).

Tabla VI-10. Resultados de la prueba de *t*-Student de parámetros de forma del otolito y talla del pez por especie e isla. GC, Gran Canaria; F, Fuerteventura; GRA, La Graciosa. *, indica diferencias significativas.

| Parámetro | Especie/Isla | | | | | |
|--------------------|---------------------|----|--------------------|----|------------------|-----|
| | <i>S. atricauda</i> | | <i>S. cabrilla</i> | | <i>S. scriba</i> | |
| | GC | F | GC | F | GC | GRA |
| Forma circular | 0,31 | | -1,35 | | -1,51 | |
| Forma elíptica | 0,93 | | -1,00 | | -1,61 | |
| Excentricidad | -0,37 | | -1,54 | | -1,77 | |
| Factor de forma | -0,25 | | 1,33 | | 1,19 | |
| Forma rectangular | 1,62 | | -0,19 | | 1,74 | |
| Redondez | -0,06 | | 0,94 | | 2,22* | |
| Número de otolitos | 40 | 53 | 56 | 35 | 22 | 62 |

El análisis comparativo entre las medias de los parámetros de forma del otolito mostró diferencias significativas en la morfología de estas estructuras de *Serranus cabrilla* y *S. scriba* procedentes de Canarias y Alicante (Tabla VI-11). En ambas especies, el análisis discriminante se llevó a cabo con el objeto de

encontrar la combinación de variables que maximizase la diferencia intergrupos.

En *S. cabrilla*, las funciones que identifican el lugar de origen obtuvieron un valor de clasificación correcta entre el 63,8 y 68,8 % de los casos, estando constituidas principalmente por la forma rectangular y el factor de forma. El índice kappa indicó que el porcentaje de clasificación fue sólo un 32 % mejor del que se hubiese producido al azar, mientras que el estadístico gamma ($G= 0,586$) señaló que el porcentaje observado fue significativo respecto al esperado (Tabla VI-12).

En *S. scriba*, las funciones obtenidas alcanzaron una clasificación media del 100 % y se formaron con todas las variables. El índice kappa señaló que el porcentaje de clasificación fue un 100 % mejor del que se hubiese producido al azar, mientras que el estadístico gamma ($G= 1,000$) señaló que el porcentaje observado fue significativo respecto al esperado (Tabla VI-13).

Tabla VI-11. Resultados de la prueba de *t*-Student de parámetros de forma del otolito y talla del pez por especie y área geográfica. C, Canarias; A, Alicante. *, indica diferencias significativas.

| Parámetro | Especie/área geográfica | | | |
|--------------------|-------------------------|----|------------------|----|
| | <i>S. cabrilla</i> | | <i>S. scriba</i> | |
| | C | A | C | A |
| Forma circular | 5,61* | | 11,75* | |
| Forma elíptica | 3,55* | | 16,95* | |
| Excentricidad | 4,32* | | 27,91* | |
| Factor de forma | -6,04* | | -10,77* | |
| Forma rectangular | -3,04* | | 4,11* | |
| Redondez | -4,91* | | -14,29* | |
| Número de otolitos | 91 | 54 | 90 | 42 |

Tabla VI-12. *Serranus cabrilla*. Función discriminante lineal para clasificar el lugar de origen mediante parámetros de forma. n, número de ejemplares.

| Submuestra | Área geográfica | n | Porcentaje correctamente clasificado | Estadístico Éappa | Estadístico Gamma |
|------------|-----------------|----|--------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Canarias | 40 | 70,0 | 0,3732 | 0,6557 |
| | Alicante | 40 | 67,5 | | |
| | Total | 80 | 68,8 | | |
| 2 | Canarias | 40 | 65,0 | 0,3233 | 0,5857 |
| | Alicante | 40 | 67,5 | | |
| | Total | 80 | 66,3 | | |
| 3 | Canarias | 40 | 67,5 | 0,3233 | 0,5857 |
| | Alicante | 40 | 65,0 | | |
| | Total | 80 | 66,3 | | |
| 4 | Canarias | 40 | 65,0 | 0,2737 | 0,5097 |
| | Alicante | 40 | 62,5 | | |
| | Total | 80 | 63,8 | | |
| Media | | | 66,3 | 0,3233 | 0,5857 |

Tabla VI-13. *Serranus scriba*. Función discriminante cuadrática para clasificar el lugar de origen mediante parámetros de forma. n, número de ejemplares.

| Submuestra | Área geográfica | n | Porcentaje correctamente clasificado | Estadístico Éappa | Estadístico Gamma |
|------------|-----------------|----|--------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Canarias | 42 | 100 | 1,0000 | 1,0000 |
| | Alicante | 42 | 100 | | |
| | Total | 84 | 100 | | |
| 2 | Canarias | 42 | 100 | 1,0000 | 1,0000 |
| | Alicante | 42 | 100 | | |
| | Total | 84 | 100 | | |
| 3 | Canarias | 42 | 100 | 1,0000 | 1,0000 |
| | Alicante | 42 | 100 | | |
| | Total | 84 | 100 | | |
| 4 | Canarias | 42 | 100 | 1,0000 | 1,0000 |
| | Alicante | 42 | 100 | | |
| | Total | 84 | 100 | | |
| Media | | | 100 | 1,0000 | 1,0000 |

Relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito y la talla del pez

Los resultados de los análisis de regresión indicaron que todas las dimensiones del otolito predijeron bien la longitud del pez en *S. atricauda*, alcanzando las varianzas explicadas por los modelos más del 70 %, siendo la longitud del otolito la variable mejor correlacionada ($r^2 = 0,8953$) y el peso del otolito la peor ($r^2 = 0,8628$) (Tablas VI-14 a VI-16 y Figs. VI-11, VI-13 y VI-15).

En *S. cabrilla*, la longitud del pez está bien relacionada con todas las variables, alcanzando la varianza explicada por el modelo más del 70 % en la mayoría de casos. En material de Canarias, la longitud del otolito fue la variable que mejor predijo la talla del pez ($r^2 = 0,8088$); sin embargo, en otolitos de Alicante, tanto la longitud como el peso del otolito tomaron los valores más altos de correlación ($r^2 = 0,896$). En todas las relaciones, el coeficiente de determinación obtuvo los valores más elevados en la muestra de Alicante (Tablas VI-14 a VI-16 y Figs. VI-11 a VI-16).

En *S. scribea* de Canarias, sólo la longitud del otolito se ajustó bien con una varianza explicada por el modelo superior al 75 %, mientras que el coeficiente de determinación fue inferior a 0,65 en la anchura y peso del otolito. En material de Alicante, las varianzas explicadas por el modelo estuvieron por debajo del 50 % en todos los casos, debido a la concentración de datos en un intervalo estrecho de tallas (Tablas VI-14 a VI-16 y Figs. VI-11 a VI-16).

La comparación entre las rectas logarítmicas puso de manifiesto diferencias regionales en *S. cabrilla*, a excepción de la relación entre la longitud del pez y la longitud del otolito (Tabla VI-17). Por el contrario, en *S. scribea* el análisis comparativo de las pendientes no detectó disimilitudes entre las relaciones obtenidas para Canarias y Alicante (L_r-Lo , $t = 1,15$, $P > 0,05$; L_r-Ao , $t = 1,84$, $P > 0,05$; L_r-PO , $t = 0,55$, $P > 0,05$).

Tabla VI-14. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud del pez (L_t) y la longitud transformada del otolito ($Lo10$) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $Lo = aL_t^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 7,5357 | 0,7220 | 0,0110 | 510 | 0,8953 |
| | Canarias | 6,7409 | 0,7933 | 0,0181 | 457 | 0,8088 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 6,2525 | 0,8127 | 0,0183 | 231 | 0,8961 |
| | Canarias | 5,9334 | 0,7806 | 0,0236 | 379 | 0,7434 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 7,7894 | 0,7103 | 0,0564 | 141 | 0,5332 |

Tabla VI-15. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud del pez (L_t) y la anchura transformada del otolito ($Ao10$) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $Ao = aL_t^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 3,4785 | 0,6883 | 0,0117 | 510 | 0,8717 |
| | Canarias | 3,2735 | 0,7270 | 0,0226 | 457 | 0,6944 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 3,9122 | 0,6664 | 0,0189 | 231 | 0,8444 |
| | Canarias | 2,9639 | 0,6798 | 0,0269 | 379 | 0,6298 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 2,5877 | 0,8316 | 0,0782 | 141 | 0,4486 |

Tabla VI-16. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud del pez (L_t) y el peso transformado del otolito ($Po10$) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $Po = aL_t^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,0226 | 2,1260 | 0,0376 | 510 | 0,8628 |
| | Canarias | 0,0121 | 2,4337 | 0,0623 | 457 | 0,7690 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,0285 | 2,1470 | 0,0483 | 231 | 0,8962 |
| | Canarias | 0,0131 | 2,2060 | 0,0906 | 379 | 0,6105 |
| <i>S. scribea</i> | Alicante | 0,0178 | 2,3550 | 0,2570 | 141 | 0,3766 |

Tabla IX-17. *Serranus cabrilla*. Comparación de las rectas de las regresiones logarítmicas entre la talla del pez (L_t) y las dimensiones del otolito (Lo , Ao y Po) obtenidas en Canarias y Alicante. a_c , punto de corte común; b_c , pendiente común; gl , grados de libertad, gl_c , grados de libertad comunes; P , probabilidad; t_1 y t_2 , pruebas de la t de Student.

| Relación | t_1 | gl | P | b_c | t_2 | gl_c | P | a_c |
|----------|-------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| L_t-Lo | 3,269 | 601 | 0,071 | 0,841 | 3,445 | 602 | 0,064 | 0,766 |
| L_t-Ao | 2,026 | 601 | 0,155 | 0,674 | 13,476 | 602 | < 0,05 | - |
| L_t-Po | 0,589 | 601 | 0,443 | 2,287 | 22,723 | 602 | < 0,05 | - |

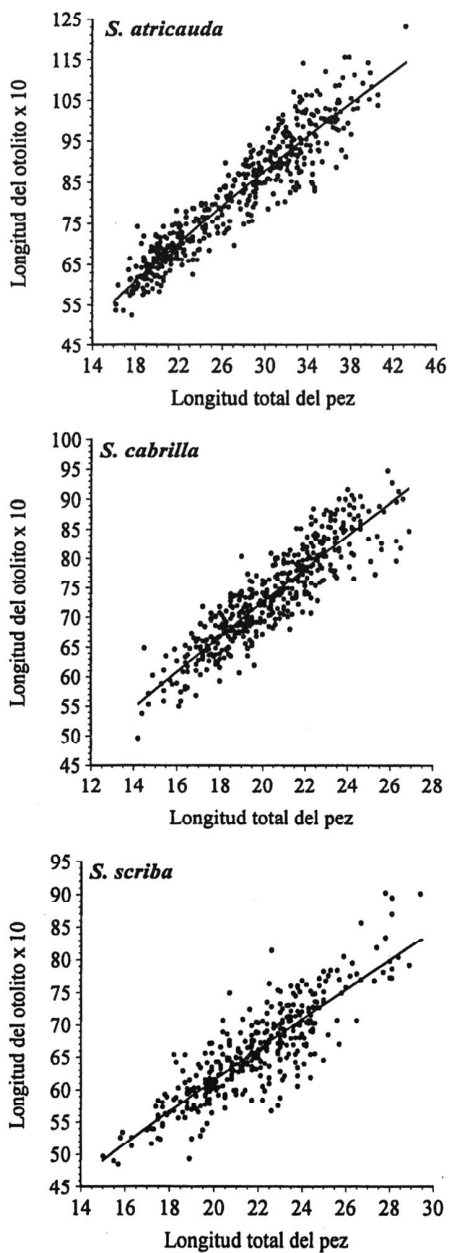


Figura VI-11. Relaciones alométricas entre la longitud total del pez (L_p , cm) y la longitud del otolito (L_o , mm) en especies procedentes de Canarias.

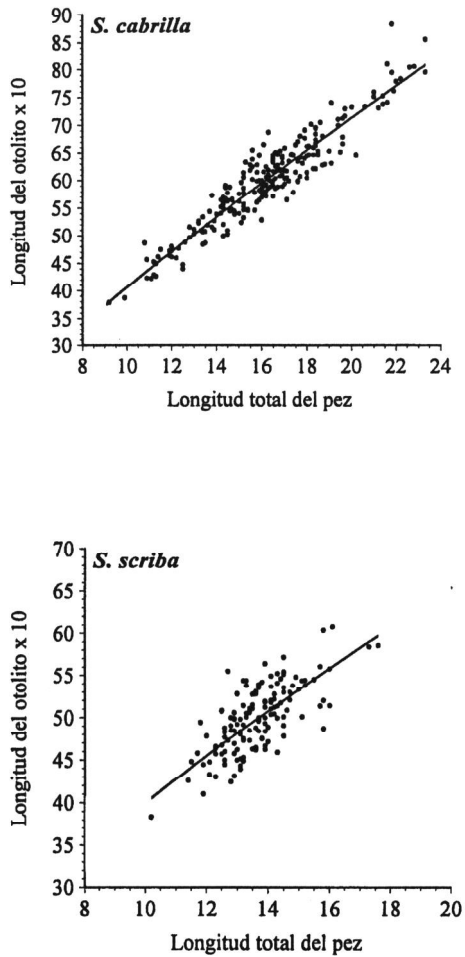


Figura VI-12. Relaciones alométricas entre la longitud del pez (L_p , cm) y la longitud del otolito (L_o , mm) en especies procedentes de Alicante.

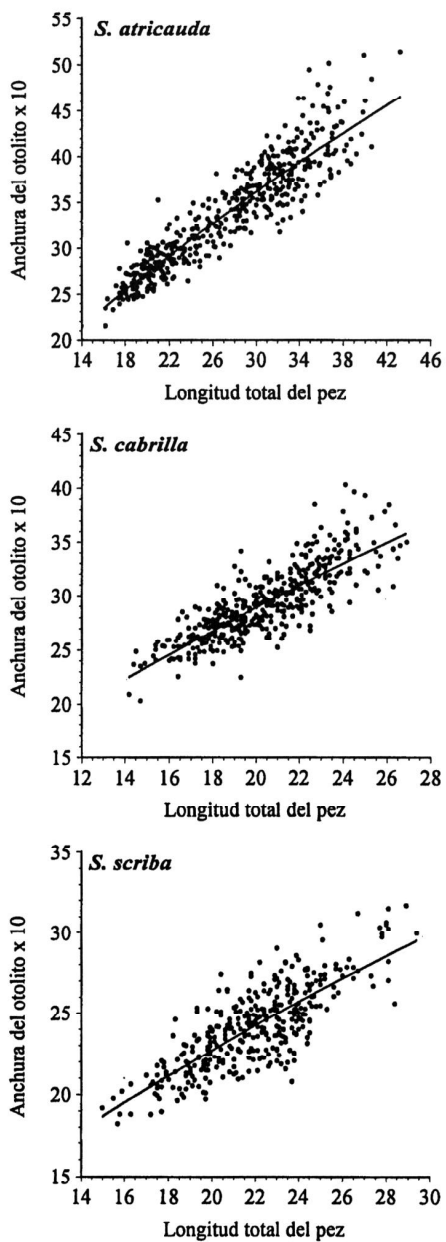


Figura VI-13. Relaciones alométricas entre la longitud total del pez (L_p , cm) y la anchura del otolito (A_o , mm) en especies procedentes de Canarias.

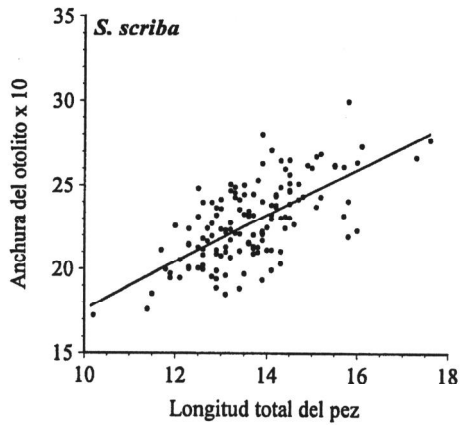
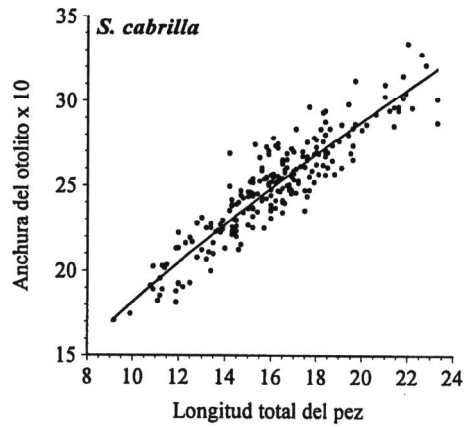


Figura VI-14. Relaciones alométricas entre la longitud del pez (L_p , cm) y la anchura del otolito (A_o , mm) en especies procedentes de Alicante.

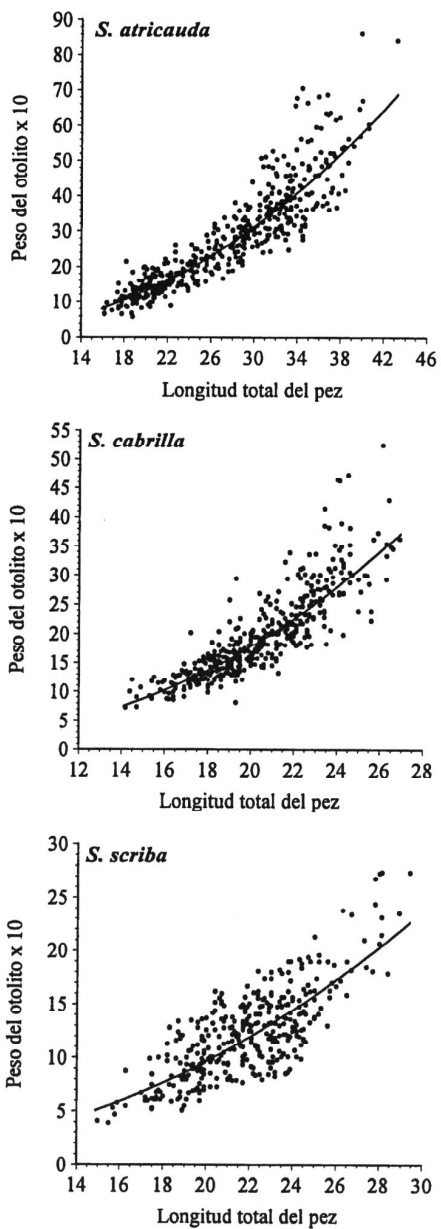


Figura VI-15. Relaciones alométricas entre la longitud total del pez (L , cm) y el peso del otolito (P_o , mg) en especies procedentes de Canarias.

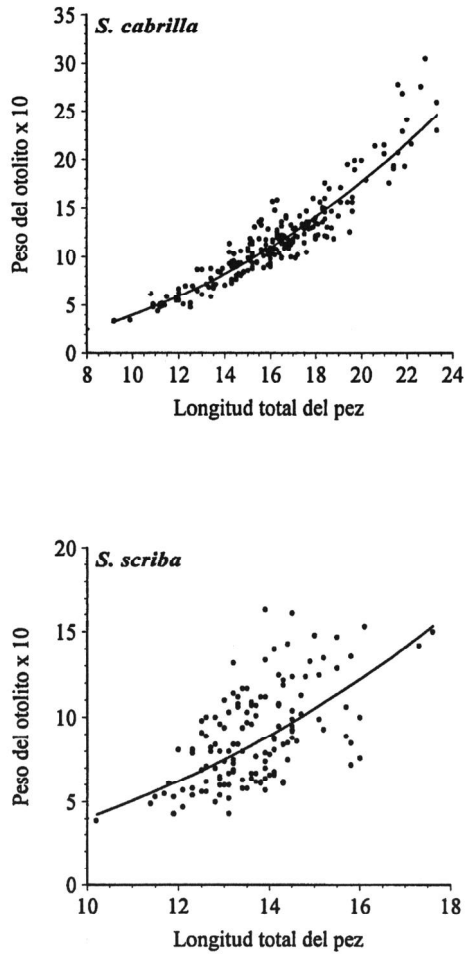


Figura VI-16. Relaciones alométricas entre la longitud del pez (L_t , cm) y el peso del otolito (P_o , mg) en especies procedentes de Alicante.

Relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito

Los resultados del análisis de regresión en *S. atricauda* indicaron que entre las dimensiones del otolito existe una correlación muy alta, alcanzando las varianzas explicadas por el modelo más del 86 %, siendo la relación alométrica entre la longitud y el peso del otolito la mejor correlacionada ($r^2 = 0,9242$) (Tablas VI-18 a VI-20 y Figs. VI-17, VI-19 y VI-21).

En *S. cabrilla*, todas las variables resultaron estar bien relacionadas entre sí, tomando las varianzas explicadas por el modelo más del 70 %. Sin embargo, los valores del coeficiente de determinación fueron siempre muy superiores en la muestra de Alicante. En ambas zonas, las relaciones alométricas entre la longitud y el peso del otolito mostraron las correlaciones más elevadas ($r^2 > 0,86$) (Tablas VI-18 a VI-20 y Figs. VI-17a VI-22).

En *S. scriba*, sólo las relaciones entre la anchura y el peso del otolito se ajustaron bien, con varianzas explicadas por el modelo superiores al 70%, si bien el coeficiente de determinación estuvo cercano a 0,70 en la ecuación longitud-peso del otolito de Canarias. Salvo en este último caso, las varianzas fueron siempre muy superiores en la muestra de Alicante (Tablas VI-18 a VI-20 y Figs. VI-17 a VI-22).

La comparación entre las rectas logarítmicas puso de manifiesto diferencias regionales en todos las relaciones en *S. cabrilla* (Tabla VI-21). Por el contrario, en *S. scriba* sólo la relación entre la anchura y el peso del otolito no detectó tales variaciones ($Lo-Ao$, $t = 3,77$, $P < 0,05$; $Lo-Po$, $t = 2,54$, $P < 0,05$; $Ao-Po$, $t = 0,70$, $P > 0,05$).

Tabla VI-18. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud (Lo) y la anchura del otolito (Ao) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $Ao = aLo^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,5104 | 0,8983 | 0,0159 | 510 | 0,8624 |
| | Canarias | 0,5556 | 0,8322 | 0,0250 | 457 | 0,7081 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,6289 | 0,7697 | 0,0230 | 231 | 0,8304 |
| | Canarias | 0,6087 | 0,7299 | 0,0310 | 379 | 0,5951 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 0,4513 | 1,0066 | 0,0666 | 141 | 0,6218 |

Tabla VI-19. Valores de los parámetros de la relación entre la longitud (Lo) y el peso del otolito (Po) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $Po = aLo^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,0057 | 2,8999 | 0,0369 | 510 | 0,9242 |
| | Canarias | 0,0055 | 2,9200 | 0,0549 | 457 | 0,8615 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,0115 | 2,5534 | 0,0447 | 231 | 0,9343 |
| | Canarias | 0,0087 | 2,6031 | 0,0883 | 379 | 0,6973 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 0,0053 | 3,1593 | 0,2004 | 141 | 0,6413 |

Tabla VI-20. Valores de los parámetros de la relación entre la anchura (Ao) y el peso del otolito (Po) por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación. $Po = aAo^b$

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,0679 | 2,9725 | 0,0416 | 510 | 0,9096 |
| | Canarias | 0,0838 | 2,8833 | 0,0630 | 457 | 0,8216 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,0741 | 2,9622 | 0,0663 | 231 | 0,8972 |
| | Canarias | 0,0997 | 2,8005 | 0,0894 | 379 | 0,7226 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 0,0782 | 2,8910 | 0,0927 | 141 | 0,8749 |

Tabla IX-21. *Serranus cabrilla*. Comparación de las rectas de las regresiones logarítmicas entre la dimensiones del otolito (Lo , Ao y Po) obtenidas en Canarias y Alicante. a_c , punto de corte común; b_c , pendiente común; gl , grados de libertad, gl_c , grados de libertad comunes; P , probabilidad; t_1 y t_2 , pruebas de la t de Student.

| Relación | t_1 | gl | P | b_c | t_2 | gl_c | P | a_c |
|----------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-----|-------|
| $Lo-Ao$ | 5,847 | 601 | 0,016 | - | - | - | - | - |
| $Lo-Po$ | 4,103 | 601 | 0,043 | - | - | - | - | - |
| $Ao-Po$ | 6,291 | 601 | 0,012 | - | - | - | - | - |

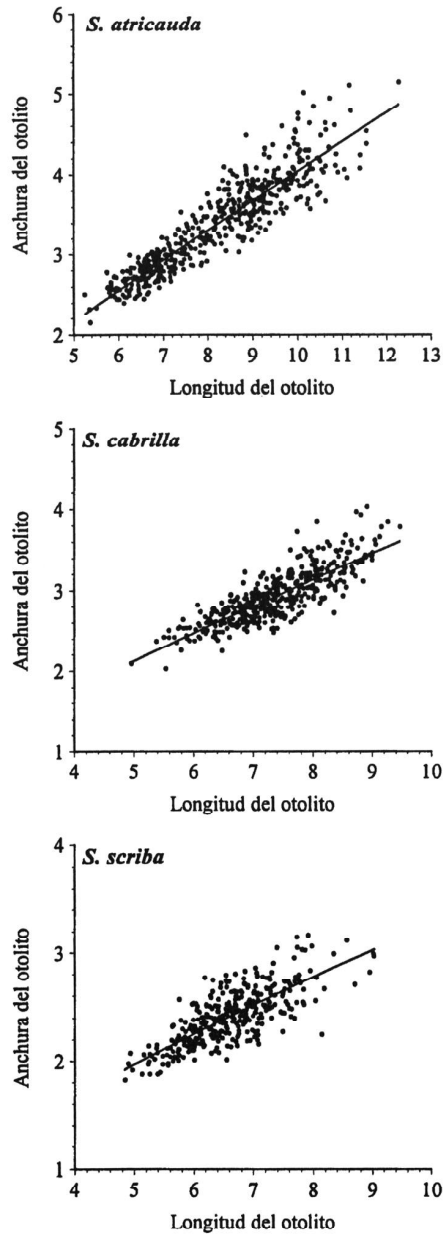


Figura VI-17. Relaciones alométricas entre la longitud (Lo , mm) y la anchura del otolito (Ao , mm) en las especies procedentes de Canarias.

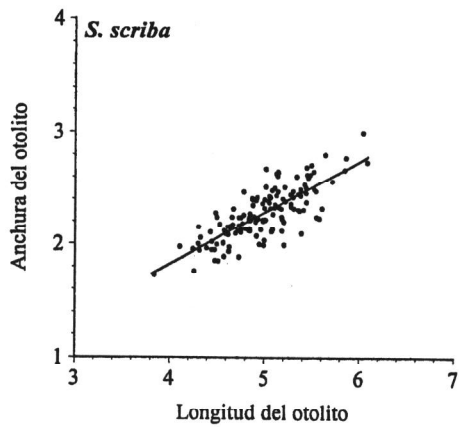
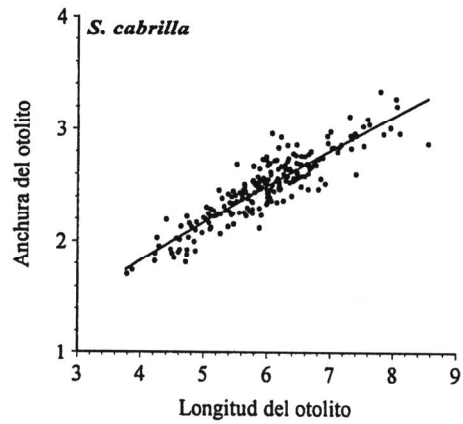


Figura VI-18. Relaciones alométricas entre la longitud (Lo , mm) y la anchura del otolito (Ao , mm) en las especies procedentes de Alicante.

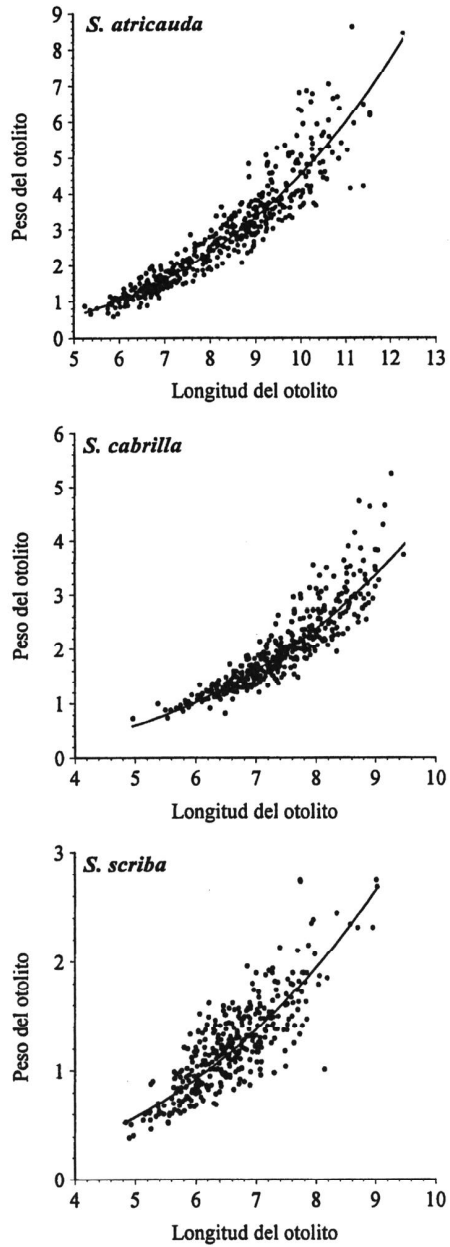


Figura VI-19. Relaciones alométricas entre la longitud (Lo , mm) y el peso del otolito (Po , mg) en las especies procedentes de Canarias.

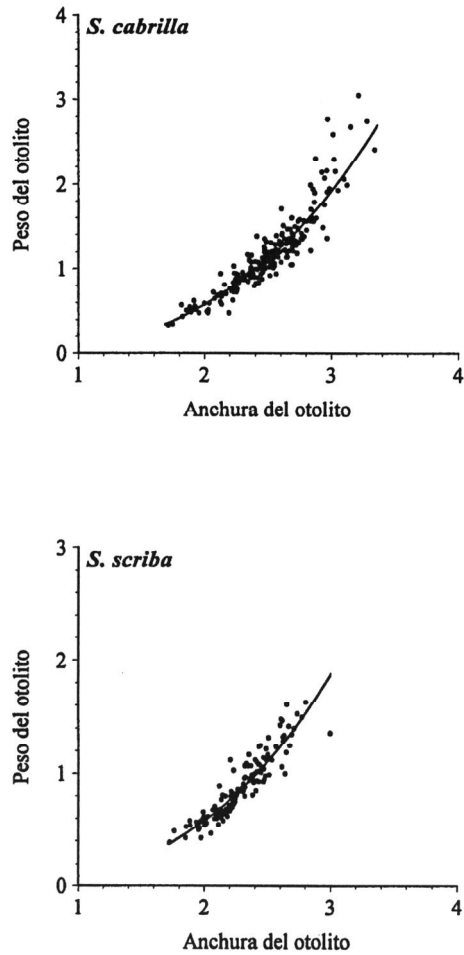


Figura VI-22. Relaciones alométricas entre la anchura (A_o , mm) y el peso del otolito (P_o , mg) en las especies procedentes de Alicante.

DISCUSIÓN

El estudio realizado a partir de parámetros de forma reveló que, en las tres especies estudiadas, el otolito *sagitta* presenta morfometría similar entre islas, mientras que muestra diferencias significativas en *Serranus cabrilla* y *S. scriba* entre regiones.

En el análisis canónico, los porcentajes correctos de clasificación fueron mejores que los esperados al azar en ambas especies. Sin embargo, en *S. cabrilla* la interpretación de los resultados puede realizarse de dos maneras muy distintas: i) como el estadístico de la kappa de Cohen es bajo ($\leq 0,5$), no se puede afirmar la existencia de stocks (Friedland y Reddin, 1994); o bien, ii) debido a que el estadístico de la G de Somers es significativo, se puede aceptar la presencia de diversos stocks (Colura y King, 1995). Esta diferencia en la interpretación de los resultados se debe al grado de exigencia de cada estadístico. Cuando la kappa de Cohen es alta, se puede afirmar con certeza que ambos stocks son diferentes, aunque un valor bajo no implica necesariamente lo contrario. Por su parte, la G de Somers es muy “permissiva” y puede diferenciar grupos de peces con pequeñas variaciones. Si bien el primero de los estadísticos es más fiable, en este estudio la G de Somers es más realista si tenemos en cuenta los resultados obtenidos en las relaciones alométricas.

En las distintas relaciones alométricas estudiadas, la anchura y el peso seco del otolito fueron las variables que permitieron detectar variaciones en el desarrollo de la *sagitta* de los individuos de Canarias y Alicante de *S. cabrilla*. En la literatura se ha descrito ampliamente que el peso es la medida que mejor revela los cambios fisiológicos del pez, siendo, por tanto, muy sensible a las variaciones en la tasa de crecimiento (Boehlert, 1985; Reznik *et al.*, 1989; Secor y Dean, 1989; Pawson, 1990; Fletcher, 1991). No obstante, en las relaciones entre las dimensiones del otolito y la talla del pez, la longitud del otolito fue la variable mejor correlacionada con la talla del pez, pero en ningún caso puso de manifiesto disimilitudes regionales. En este sentido, diversos autores (Blacker, 1974; Beamish, 1979; Newman *et al.*, 1996) señalaron que el otolito crece más en grosor y en peso a partir de una determinada talla, razón por la cual la variabilidad de dichas medidas es mayor y su relación con la longitud total del pez menor, tal y como se ha observado en todas las especies objeto de estudio.

En *S. scriba*, el resultado del análisis discriminante indicó diferencias

significativas entre las muestras de Canarias y Alicante, las cuales fueron causadas principalmente por la disimilitud de los intervalos de talla muestreados. Si bien puede considerarse incorrecto aplicar este tipo de análisis en estos casos, la interpretación final es similar. Ello es debido a que la diferencia entre la talla máxima de dos o más regiones indica, *a priori*, que los parámetros de crecimiento son distintos y, por tanto, aplicando la definición considerada, stocks diferentes. Smith (1992) encontró diferencias regionales en cinco stocks de *Etelis carbunculus*, presentando mayor afinidad aquéllos cuyas tallas máximas eran parecidas, mientras que Johnson (1996) separó con mayor facilidad un stock de *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829) (Scombridae) que tenía una longitud máxima distinta. Por consiguiente, siempre y cuando no se pueda acotar el intervalo de tallas, este tipo de análisis puede realizarse ya que su resultado no es más que un reflejo de la diferencia en el crecimiento de los peces.

Por otra parte, las relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito y la talla del pez no permitieron separar los individuos de *S. scriba* de las dos regiones estudiadas. Esta similitud se debió al elevado error estándar en la pendiente de la muestra de Alicante, producido por el estrecho rango de longitud y su distribución cercana a la talla de primera madurez (alrededor de 14 cm de L_i ; Bouain, 1981). En estas tallas, el metabolismo sufre alteraciones importantes provocando cambios en la tasa de crecimiento (Härkönen, 1986), produciéndose elevada variabilidad en las dimensiones del otolito. Sin embargo, los resultados de las relaciones entre las dimensiones del otolito mostraron diferencias entre ambas regiones. Ello se debió a que las variables estudiadas son fiel reflejo de la forma del otolito y, tal como se ha demostrado, ésta varía entre regiones.

En los estudios donde se aplican las relaciones alométricas (por ejemplo, en identificación stocks, diferencias en la tasa de crecimiento entre sexos), se debe de tener en consideración que los parámetros varían por varios factores (Lorenzo, 1992; Pajuelo, 1997). Janusz (1990) diferenció cuatro stocks de *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1811) (Gadidae) y Baillon (1991) encontró diferencias en *Lethrinus nebulosus* (Forsskål, 1775) (Lethrinidae) de diferentes zonas, pero en ambos casos la distribución de ejemplares de cada localidad era distinta. Para poder aplicar esta técnica en la discriminación de stocks, Smith (1992) estableció los siguientes requerimientos: muestras con amplio rango de tallas, elevado número de individuos y uniforme representatividad de la

población. Sin embargo, al objeto de evitar posibles errores de interpretación el acotamiento de la talla parece ser un buen método (Colman, 1995).

Las disimilitudes morfológicas del otolito encontradas entre las zonas estudiadas se producen por diferencias ambientales (temperatura, salinidad, pH y concentraciones iónicas) o biológicas (alimentación y reproducción) (Pannella, 1971, 1980; Campana, 1984a; Campana y Casselman, 1993). Mosegaard *et al.* (1988) explicaron cómo la tasa de crecimiento somático y del otolito están asociadas en función a la temperatura. En el presente estudio, no se ha constatado si la temperatura afecta directamente a la forma del otolito o al crecimiento somático, sin embargo, la diferencia ambiental entre el área atlántica y mediterránea sugiere que la temperatura puede influir en el proceso fisiológico de calcificación del otolito. En Canarias la temperatura es más uniforme (Llinás *et al.*, 1993; Brito *et al.*, 1997; Barton *et al.*, 1998), siendo el crecimiento de los otolitos más lento y continuado. Sin embargo, en Alicante las mayores variaciones ambientales (Guillén, 1997) favorecen un crecimiento más rápido y discontinuo de la *sagitta*. Por esa razón, el peso del otolito para una talla determinada (del pez o del otolito) es mayor en el material de Canarias que en el de Alicante. Otros factores, como la alimentación, no parecen influir en la morfología del otolito de estas especies debido a que la frecuencia y composición de las presas es similar en ambas zonas geográficas (Tuset *et al.*, 1997).

En consecuencia, el análisis de los parámetros de forma del otolito proporciona resultados similares a los que aportan diversos autores con series de Fourier (Bird *et al.*, 1986; Smith, 1992; Fiedland y Reddin, 1994), indicando la idoneidad de aquéllos. Además, la combinación de los parámetros de forma y las relaciones alométricas mostró ser un método muy eficaz para reconocer y establecer stocks.

***CUARTA PARTE:
EDAD Y CRECIMIENTO***

Capítulo VII

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO

INTRODUCCIÓN

La determinación de la edad y del crecimiento en peces constituye un paso fundamental en el conocimiento de la biología de las especies y en su adecuada ordenación pesquera. Los parámetros determinados a partir de la edad (crecimiento, mortalidad, etc.) son la base de los modelos de dinámica de poblaciones utilizados en el análisis de pesquerías (Morales-Nin, 1992).

Los métodos que se emplean en la determinación del crecimiento son tres: análisis de frecuencias de talla (Hasselblad, 1966; Bhattacharya, 1967; MacDonald y Pitcher, 1979; Pauly, 1983; Morales-Nin, 1989; entre otros), marcado-recaptura (Munro, 1982; Laurs *et al.*, 1985; Bergstedt *et al.*, 1990; Lee y Prince, 1995; Secor y Houde, 1995; entre otros), e interpretación de marcas periódicas en estructuras duras como escamas, otolitos, espina dorsal, etc.¹ (Kimura *et al.*, 1979; Anato y Ktari, 1986; Brothers, 1987; North, 1988; Murphy y Taylor 1990; Morales-Nin, 1991; Ferreira y Russ, 1994; Johnson y Collins, 1994; Lorenzo y Pajuelo, 1995; Jiménez, 1997; entre otros). El método a aplicar depende de las características de la población estudiada y de los datos disponibles, así como del coste en términos de tiempo y personal y de los medios técnicos. No obstante, la precisión de los procedimientos puede influir en la calidad de los resultados (Mathews, 1974; Gulland, 1987).

La aplicación del análisis de frecuencias de talla requiere muestras representativas de la población y depende de la estructura de los datos (Pauly,

¹ La determinación de la edad a partir de estructuras calcificadas recibe el nombre de oseocronometría (Casselman, 1987) o esquelocronología (Ricqlès, 1992).

1983). Además, sólo es útil para especies con períodos de puesta cortas y suficientemente separadas en el tiempo, y con tasas de crecimiento individuales muy similares, de forma que el solapamiento de tallas entre grupos de edad sucesivos sea mínimo (Lorenzo, 1992).

El método de marcado y recaptura consiste en marcar peces y liberarlos tras registrar su talla, peso y otros detalles de interés complementario. Si se produce la recaptura, se podrá calcular el aumento de talla o peso transcurrido entre ambos períodos. Este método está limitado por el coste y el reducido número de ejemplares a los que puede ser aplicado, e implica que los ejemplares deben resistir el estrés al ser extraídos y manipulados (Munro, 1982; Lorenzo, 1992; Balguerías, 1993).

Estas particularidades han llevado a que la determinación de la edad a partir de estructuras duras constituya el método más usado. En particular, el otolito *sagitta* es la estructura más ampliamente empleada en estudios de edad, ya que contienen toda la información sobre la historia individual del pez (Piñeiro y Padín, 1995). Además, los otolitos no sufren fenómenos de reabsorción, como ocurre con otras partes duras del esqueleto, al ser aquéllos una estructura acelular (Beamish y McFarlane, 1987; Radtke y Hourigan, 1990).

CRECIMIENTO DEL OTOLITO

El otolito crece por deposición de material en su superficie a partir de un punto central llamado *foco* o *primordium*. Este centro se forma en las primeras fases de desarrollo del pez y, a menudo, es la primera estructura calcificada en originarse (Campana y Neilson, 1985). Formado el primordium, el otolito se desarrolla en tres fases: en la primera fase, la tasa de crecimiento es rápida y no existen discontinuidades, siendo el crecimiento isótropo; en la segunda fase, la velocidad de desarrollo disminuye, el ancho de las bandas es menor y las interrupciones en la deposición son más frecuentes; finalmente, en la tercera fase, se produce una disminución de la tasa de crecimiento y las discontinuidades se hacen más patentes (Jamieson, 1999). Desde entonces, la incorporación de carbonato cálcico y otolina provoca la aparición de estrías diarias, las cuales están formadas por dos unidades: una *continua*, *incremental* u opaca, donde la calcificación es activa, y otra *discontinua* o transparente que presenta un lento proceso de calcificación. La zona *incremental* está formada

por microcristales de aragonito rodeados por una matriz orgánica, mientras que la zona *discontinua* está compuesta principalmente por capas concéntricas de matriz orgánica (Dunkelberger *et al.*, 1980; Mugiya *et al.*, 1981; Brothers, 1984; Campana y Neilson, 1985; Morales-Nin, 1986a, 1992; entre otros). Aunque la deposición de carbonato cálcico está ampliamente documentada, hasta la fecha no se conoce bien el mecanismo de producción de la proteína (otolina), existiendo dos hipótesis al respecto: que es más importante durante la primera fase (Pannella, 1971), o que la deposición es más relevante durante la segunda fase (Watabe *et al.*, 1982; Morales-Nin, 1987a).

El crecimiento del otolito es cíclico y está sujeto a los cambios metabólicos del propio organismo y a factores ambientales externos. En general, durante el desarrollo del otolito se han observado dos ritmos que son provocados por la variación de calcio en sangre: uno ciclo diario, responsable de la aparición de las unidades *incremental* y *discontinua*, las cuales son visibles con microscopía electrónica de barrido; y otro ciclo anual que condiciona la formación de marcas o *annuli*², observables con microscopía óptica, denominadas *anillo opaco* o de crecimiento rápido y *anillo transparente*³ o de crecimiento lento (Mugiya *et al.*, 1981; Mugiya, 1984; Morales-Nin, 1987b, 1992; Baillon, 1991).

La causa del crecimiento diario del otolito es un ritmo circadiano endocrino sincronizado a edad temprana con el fotoperiodo u otros factores externos. Cabe indicar que, en ocasiones, en otolitos de ciertas especies pueden reconocerse patrones con ritmo semanal, los cuales son probablemente originados por efectos de la luna (Pannella, 1980; Campana y Neilson, 1985; Morales-Nin, 1987b; entre otros). Si bien la razón del crecimiento cíclico anual no está aclarada, es probable que la formación siga un ritmo interno de crecimiento sincronizado con las oscilaciones estacionales del medio o con cuestiones reproductoras (Morales-Nin, 1992). En consecuencia, la deposición de calcio en el otolito está directa o indirectamente influenciada por factores externos como los ambientales (fotoperiodo, temperatura, salinidad, pH y concentraciones iónicas), tróficos (disponibilidad de alimento) y/o reproductores

² Anillos o marcas estacionales formadas anualmente (Morales-Nin, 1992).

³ Término utilizado para referirse al anillo de crecimiento lento y preferible al empleado por algunos autores como 'hialino' (Francis, 1995).

(Bilton, 1974; Brothers, 1981; Marshall y Parker, 1982; Neilson y Geen, 1982; Raddtke y Dean, 1982; Campana y Neilson, 1985; Morales-Nin, 1986b; Casselman, 1987; Mosegaard *et al.*, 1988; Proctor *et al.*, 1995).

El calcio que requieren las células secretoras del pez para originar el carbonato cálcico es absorbido, principalmente, por las branquias y pasa al plasma sanguíneo que lo distribuye hasta aquéllas. Los peces se consideran como un *sistema cerrado* donde la concentración de calcio en sangre debe mantenerse constante. Cuando se necesita calcio éste es captado del agua, pero si aún así el sistema es deficitario el organismo recurre a escamas y esqueleto como fuente permanente de calcio para mantener el equilibrio. Sin embargo, el otolito no sufre tales procesos de reabsorción, debido a su carácter acelular frente a las estructuras celulares antes mencionadas (Simkiss, 1974; Baillon, 1991).

DETERMINACIÓN DE LA EDAD A PARTIR DE OTOLITOS

La interpretación del crecimiento a partir de otolitos constituye el método más fiable y aceptado para la determinación de la edad en peces (Beamish y MacFarlane, 1987; Brothers, 1995). En muchas especies con otolitos de grosor pequeño o medio, la determinación de la edad suele realizarse con otolitos enteros. Para ello, se enumeran los *annulus* o anillos anuales, visibles con microscopía óptica, cada uno de los cuales está compuesto de un anillo opaco y otro transparente. En este tipo de estudios la lectura se suele realizar por la cara externa del otolito con la ayuda de luz incidente o transmitida (Morales-Nin, 1987b, 1992). Sin embargo, este método no es muy fiable en el caso de otolitos muy densos o en especies de elevada longevidad, siendo difícil la interpretación de los anillos y, por extensión, la determinación de la edad. La razón fundamental por la que no se observan bien los anillos se basa en que el crecimiento del otolito es alométrico, produciéndose mayor deposición de carbonato en la cara mesial o interna del otolito en los ejemplares más viejos (Beamish y McFarlane, 1987). En estos casos, se pueden preparar secciones que pasen por el foco el otolito o bien pulir las piezas hasta el mismo para observar mejor el patrón de crecimiento macroestructural (Piñeiro y Hunt, 1989; Bullock *et al.*, 1992; Johnson y Collins, 1994; Griffiths y Hecht, 1995). En cualquier caso, estos métodos pueden proporcionar una excelente visión de las

marcas de crecimiento, incluyendo la de la zona más interna. No obstante, en algunas especies suele determinarse la edad a partir de otolitos enteros en ejemplares juveniles, y de secciones en adultos (Morales-Nin, 1992; Pajuelo, 1997).

En muchos otolitos enteros o seccionados la interpretación de las marcas es tediosa, simplemente porque éstas no están bien definidas. En la literatura se ha descrito una amplia gama de técnicas encaminadas a acentuar las marcas de crecimiento, bien en el otolito entero (siempre y cuando su morfología lo permita) y/o seccionado, tales como: la técnica del tostado (Christensen, 1964), la utilización de medios de aclarado (Figueras, 1956; Morales-Nin, 1992) y la tinción mediante colorantes (Schneppenheim y Freytag, 1980; Bouain y Siau, 1988; Richter y McDermott, 1990). En estos casos, las técnicas acentúan los anillos de crecimiento lento, los cuales contienen mayor cantidad de materia orgánica o densidad de carbonato cálcico (Casselman, 1974; Morales-Nin, 1992).

El descubrimiento de los incrementos diarios de crecimiento a principios de los años 70 (Pannella, 1971) supuso una revolución en la determinación de la edad, sobre todo en especies longevas (Baillon y Kulbicki, 1988). Como el tamaño del otolito es función de la edad del pez y está estrechamente correlacionado con la talla, el grosor de los incrementos refleja el crecimiento de los organismos (Pannella, 1974, 1980; Brothers *et al.*, 1976; Morales-Nin, 1980; Campana y Neilson, 1982; Simoneaux y Warlen, 1987; Radtke, 1989; Bach y Chauvelon, 1994; Volk *et al.*, 1995; Stequert *et al.*, 1996). Sin embargo, este método, más allá de la pura estimación de la edad, tal como hemos visto hasta el momento, permite abordar el tema del crecimiento en un sentido completamente diferente, p.e., tiempo y localización del primer *annulus* (Victor y Brothers, 1982), duración de los estadios larvarios (Brothers *et al.*, 1983) o detección de las etapas de transición del pez (Campana 1984b; Neilson *et al.*, 1985).

Más recientemente, diversos investigadores se basan en la composición química del otolito para determinar la edad en peces. Este campo es muy amplio y, por ejemplo, se pueden encontrar trabajos que relacionan la edad con la concentración de estroncio (Sr), sodio (Na) y potasio (K) (Seyama *et al.*, 1991), la proporción Pb^{210}/Ra^{226} (Campana y Zwanenburg, 1990), o la cantidad de proteína (Morales-Nin, 1986a, 1987a). La utilización de isótopos estables se está convirtiendo en una fuente de información sobre las condiciones

ambientales anteriores, así como, un indicador de los procesos de crecimiento por los que ha pasado el otolito (Radtke y Targett, 1984; Kalish, 1989, 1991; Iacumin *et al.*, 1992; Thorrold *et al.*, 1997; Schwarcz *et al.*, 1998).

A pesar de la variedad de métodos para la determinación de la edad, el procedimiento a desarrollar en cada especie depende de la morfología del otolito y de las edades que alcance el pez, pudiéndose combinar varias técnicas cuando sea preciso (Morales-Nin, 1992).

CONTROL DE CALIDAD

El método de lectura del otolito constituye un problema secundario, ya que, en muchas ocasiones, no depende del investigador sino de los medios disponibles. En algunos estudios, los errores en la asignación de edades no influyen en las conclusiones finales, pero en otros pueden provocar graves consecuencias en la gestión del stock pesquero (Brander, 1974; Tyler *et al.*, 1989; Bradford, 1991; Hightower, 1999).

En la mayoría de los casos, la lectura se realiza en otolitos enteros o seccionados. En estos casos, la interpretación de las marcas de crecimiento y la periodicidad de los anillos son las cuestiones de mayor relevancia, las que más preocupan a los investigadores (Brothers, 1987; Eltink y Kuitert, 1989; Radtke y Hourigan, 1990).

Los errores en la determinación de la edad se deben a que los lectores necesitan cierta habilidad y experiencia como consecuencia de la subjetividad del procedimiento, siendo necesario dos o más lectores para verificar la edad asignada a un individuo (Fletcher, 1991) o varias lecturas espaciadas en el tiempo realizadas por un lector (Morales-Nin, 1987b). Incluso se ha observado que la variabilidad en la lectura de un grupo de trabajo habitual es menor si se compara con la lectura realizada por lectores de diferentes laboratorios (Kimura *et al.*, 1979).

Diversos métodos han sido desarrollados con el objeto de evaluar el error cometido en la asignación de la edad entre lectores o lecturas (Beamish y Fournier, 1981; Chang, 1982; Kimura y Lyons, 1991; Hoening *et al.*, 1995). Estos procedimientos son de gran importancia, pero sólo deben aplicarse cuando no existen evidencias de errores sistemáticos entre lectores o en la metodología de lectura (Campana y Jones, 1992).

Una vez determinada la edad del pez, debe establecerse la periodicidad con la que se forman los *annuli* (Morales-Nin, 1992). La frecuencia de formación no puede darse por supuesta y debe ser determinada para cada una de las clases de edad de la población a estudiar (Beamish y McFarlane, 1983). Los métodos de validación son diversos: crianza y sacrificio secuencial, marcado del otolito, estimación de la fecha de nacimiento, patrones de crecimiento de los otolitos, formación sincrónica de los incrementos, comparación de tallas medias, pruebas nucleares de radiocarbono; y su elección depende de la especie y del método de lectura (Morales-Nin, 1992).

Si bien los investigadores en este tema coinciden en la subjetividad del proceso y en los errores que se pueden cometer, todavía existen trabajos que no tienen en consideración todo lo anteriormente comentado (Morales-Nin, 1991; Esteves *et al.*, 1997; Jiménez, 1997; Schirripa y Burns, 1997; Costa *et al.*, 1998). Por ello, Campana (1999) ha propuesto el concepto de *control de calidad* (QC) en la determinación de la edad, el cual consiste en la obligatoriedad de realizar tres pruebas en todos los estudios de crecimiento: a) semejanza de criterios entre lectores , consiste en aplicar una prueba estadística que demuestre la igualdad de interpretación entre lectores, así como entre otras lecturas realizadas por los mismos lectores en otro momento; b) medida de precisión entre las edades asignadas por los lectores o por un mismo lector en diferentes ocasiones; c) validación de la edad , determinando la periodicidad del crecimiento.

EL PESO DEL OTOLITO

La determinación de la edad a partir de otolitos es un procedimiento que consume mucho tiempo (requiere técnicas que acentúen las marcas de crecimiento, la obtención de secciones, etc.) y, aún así, la interpretación de la edad esta sujeta a muchos errores. Por ello, se han intentado desarrollar procedimientos que sean más económicos y objetivos (Fletcher, 1991; Worthington *et al.*, 1995).

Un método alternativo para asignar edades se basa en el peso del otolito (Brander, 1974; Beamish, 1979; Boehlert, 1985; Pawson, 1990; Fletcher, 1991; Worthington *et al.*, 1995; Newman *et al.*, 1996). No obstante, este método de asignación requiere la estimación, *a priori*, de la edad en una pequeña fracción

de la población mediante cualquier método de determinación de la edad, con el fin de establecer una curva de calibración que posteriormente se utiliza para estimar la edad del resto de la muestra (Boehlert, 1985; Worthington *et al.*, 1995).

La relación entre el peso del otolito y la edad del pez se fundamenta en el patrón de crecimiento que presenta el otolito *sagitta*. Éste crece linealmente en relación con la talla del animal, hasta una talla máxima a partir de la cual el crecimiento del otolito es principalmente en grosor y en peso (Blacker, 1974; Brander, 1974; Williams y Bedford, 1974; Beamish, 1979) y continuo durante toda la vida del pez (Fowler y Doherty, 1992).

EL RETROCÁLCULO

La técnica de retrocálculo permite conocer la talla que tendría un individuo en un tiempo anterior, a partir de la relación existente entre el radio de la estructura que se considera (escamas, otolitos o una sección de hueso) y la talla del pez (Fraser, 1916 en Francis, 1995; Carlander, 1981; Bartlett *et al.*, 1984; Weisberg, 1986; Campana, 1990; Chauvelon y Bach, 1993). A menudo, esta técnica simplemente se ha utilizado para incrementar los datos talla-edad y ajustar mejor las curvas de crecimiento, o bien para estimar longitudes en edades que raramente son observadas (Francis, 1990). Sin embargo, numerosos autores la han empleado con éxito como método para estimar los parámetros de crecimiento (Morales-Nin, 1984; Piñeiro y Hunt, 1989; Lorenzo, 1992; Lorenzo *et al.*, 1995; Serafim y Krug, 1995).

Francis (1990, 1995) realizó una profunda revisión crítica sobre la metodología empleada en el retrocálculo por los diferentes investigadores. Este autor concluyó que, a pesar de la extensa utilización de dicha técnica, ésta no parece ser entendida por lo que realiza tres recomendaciones para su uso: a) observar y caracterizar los datos, b) comparar el grado de variabilidad en los datos mediante la aplicación de varios modelos matemáticos, y c) validar el modelo utilizado comparando las longitudes esperadas con las observadas.

Capítulo VIII

DETERMINACIÓN DE LA EDAD Y DEL CRECIMIENTO MEDIANTE LECTURA DE OTOLITOS

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de los peces se puede dividir en cuatro etapas: larvaria, fase caracterizada por cambios prominentes en el tamaño y forma del cuerpo; juvenil, estado de crecimiento rápido en proporción constante; adulta, fase donde existe derivación energética a la reproducción en lugar del crecimiento somático del pez; y senescencia o estado de mantenimiento. De todas esas fases, los modelos de crecimiento que se utilizan en dinámica de poblaciones describen las correspondientes a los individuos en los estados juvenil y adulto (Hightower y Heppell, 1998). Como hemos visto en el capítulo anterior, los otolitos constituyen las estructuras duras más empleadas para determinar la edad en los teleósteos. Sin embargo, el grado de subjetividad y la inevitable arbitrariedad del lector constituyen los inconvenientes de este método (Wysokinski, 1983). Por ello, disminuir del error en la lectura e interpretación de las marcas de crecimiento es esencial para establecer correctamente el crecimiento de las especies (Brander, 1974; Williams y Bedford, 1974; Chang, 1982; Campana y Jones, 1992; Campana, 1998; Hightower, 1998).

En el presente capítulo, se pretende realizar un estudio completo de la edad y el crecimiento de las diferentes especies objetivo. Los objetivos concretos fueron: i) desarrollar la técnica idónea de lectura; ii) evaluar la precisión o consistencia en la determinación de la edad; iii) establecer la periodicidad en la formación de las marcas de crecimiento; y iv) obtener los parámetros de crecimiento de cada una de las especies en las distintas áreas geográficas consideradas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Método de lectura

La determinación de la edad se realizó a través de la interpretación de las marcas de crecimiento presentes en los otolitos. Con el objetivo de establecer una metodología idónea para la asignación de edades se llevaron a cabo lecturas en otolitos enteros y seccionados en una muestra representativa de cada especie. Para ello, las secciones se obtuvieron con la ayuda de una cortadora (modelo Pilses), siguiendo el protocolo descrito por Bedford (1983). Posteriormente, las secciones resultantes se pulieron utilizando abrasivos de grano fino (600 y 800 micras), a fin de eliminar las marcas producidas al realizar el corte con la hoja de diamante. Como se indicará en la sección de resultados, se realizaron ensayos previos en otolitos enteros y seccionados, observándose que la lectura era similar mediante ambas técnicas. En consecuencia, se procedió a la aplicación de diferentes colorantes (Tabla VIII-1) (de acuerdo con los métodos de Schneppenheim y Freytag (1980) y Richter y McDermott (1990)), y líquidos aclarantes (etanol al 70 % o glicerina, aplicando diferentes tiempos, entre 1 y 7 días, según el grosor del otolito, de acuerdo con Morales-Nin, 1992), en otolitos enteros. Finalmente, se seleccionaron las técnicas que dieron mejor resultado en función del grado de visibilidad de los anillos y se aplicaron a 20 otolitos. La fiabilidad en la lectura y el grado de coincidencia entre lectores fueron los criterios que permitieron elegir la técnica más idónea para interpretar las marcas de crecimiento.

Los otolitos se examinaron, para su interpretación, con ayuda de microscopio estereoscópico (Olympus SZH 10) sobre una placa de color negro utilizando luz incidente. Las secciones de los otolitos también se estudiaron con microscopio estereoscópico, aunque en este caso se empleó tanto luz incidente como luz transmitida. Los otolitos se observaron con diferentes aumentos y desde distintos planos para ayudar a diferenciar las marcas de crecimiento (Morales-Nin, 1992). Las lecturas se realizaron por su cara medial, por ser en ésta más visibles los anillos de crecimiento alrededor del núcleo (Williams y Bedford, 1974). Sólo se consideraron *annuli* aquéllos que eran visibles alrededor de una parte sustancial de la pieza. Las lecturas fueron realizadas una vez por dos observadores de forma independiente, y cuando las lecturas iniciales no coincidían, se realizó una observación conjunta. Con el fin de evitar errores

en la interpretación, por inexperiencia de los lectores, se realizaron de forma previa seis lecturas de los otolitos espaciadas en el tiempo. Finalmente, cuando no se presentaron diferencias entre los lectores se consideró que la interpretación de los anillos de crecimiento era similar y la experiencia adquirida suficiente; entonces se procedió a la aplicación del protocolo metodológico.

Tabla VIII-1. Colorantes utilizados en la tinción de otolitos enteros.

| |
|--|
| Azul de anilina al 1 % |
| Azul de toluidina al 1 % |
| Azul de anilina al 1 % en ácido acético |
| Azul de toluidina al 1 % en ácido acético |
| Eosina Y al 1 % |
| Eosina Y al 1 % en ácido acético |
| Fucsina al 1 % |
| Ninhydrina al 1 % (ácido acético) en etanol al 98 % |
| Rojo neutro al 1 % |
| Solución de Giemsa al 1 % |

Con el objeto de evitar la influencia de unos datos con otros, las lecturas se efectuaron sin conocer ningún detalle acerca del pez al que correspondía la pieza. Los resultados de las distintas lecturas fueron registrados utilizando la terminología y recomendaciones dadas por Morales-Nin (1987b). Los otolitos rotos u anómalos se excluyeron y, posteriormente, sólo se consideraron en el estudio aquéllos que mostraron zonas de crecimiento reconocibles, calculándose bajo este criterio el porcentaje de otolitos legibles.

Una vez cuantificado el número de anillos en los otolitos de todos los individuos, se determinó la periodicidad y la época en la que se forman los *annuli* mediante el análisis de la variación mensual del carácter del borde de los otolitos (transparente u opaco) (Williams y Bedford, 1974).

Habiendo determinado el número de anillos en el otolito de cada ejemplar y demostrado la periodicidad anual del crecimiento, se estableció la

edad del individuo. A continuación, se procedió a clasificar a cada pez en el grupo o clase de edad correspondiente, ya que la edad por sí sola no constituye información suficiente para estimar el crecimiento. Para ello, se estableció la fecha de nacimiento¹ (1 de junio) y se tomó en consideración la fecha de captura de los individuos y el período de formación de los anillos. La formación del *annulus* se completa cuando la zona transparente está delimitada por material opaco (Casselman, 1987). En ejemplares con otolitos de borde opaco y fecha de captura posterior a la de nacimiento de la especie, se considera que tienen tantos años como anillos transparentes más uno. En el caso de que el borde del otolito sea transparente, tendrá tantos años como anillos transparentes (Morales-Nin, 1987b; Morales-Nin y Pertierra, 1990).

Tras ser asignado cada individuo a su grupo de edad correspondiente, se elaboraron claves talla-edad con todos los individuos. Los datos obtenidos se ordenaron en una tabla de doble entrada en la que se presentaron las tallas, agrupadas en clases de 1 cm L_p , y los grupos de edad. Además, se calculó la longitud media, desviación típica y número de individuos en cada clase de edad (Morales-Nin, 1987b).

Análisis estadístico

La precisión o consistencia de la determinación de edad entre los lectores se evaluó utilizando:

a) el porcentaje medio de error (APE) (Beamish y Fournier, 1981):

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

siendo N el número total de otolitos leídos, R el número de lecturas realizadas en cada uno, X_{ij} la edad *in* determinada para el pez j n y X_j la edad asignada al pez j .

¹ La fecha de nacimiento se suele basar en el pico de máxima freza o en el 1 de enero (fecha arbitraria para las muestras del hemisferio norte) (Morales-Nin, 1992). El período de máxima actividad reproductora de las tres especies de Canarias comprende el mes de junio (García-Díaz, 2000). En los ejemplares del Mediterráneo, García-Díaz (datos no publicados) también observa una actividad máxima durante este mes. Por ello, se consideró oportuno tomar en todos los casos el mes de junio como fecha de nacimiento.

b) La prueba de simetría (Hoenig *et al.*, 1995):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \frac{(n_{ij} - n_{ji})^2}{n_{ij} + n_{ji}}$$

donde n_{ij} es la frecuencia observada en la fila i y columna j , y n_{ji} es la frecuencia observada en la fila j y columna i . Esta prueba se distribuye como una función chi-cuadrado con $m(m-1)/2$ grados de libertad en una tabla de contingencia $m \times m$ siempre que no tenga celdas vacías, en cuyo caso los grados de libertad son igual al número de comparaciones.

La periodicidad en las marcas de crecimiento se determinó a partir de las frecuencias medias mensuales correspondientes, expresadas en porcentaje, del número de otolitos legibles con borde transparente y opaco (Morales-Nin, 1987b).

La ecuación de crecimiento en longitud se estableció aplicando el modelo propuesto por von Bertalanffy (1934) a los datos talla-edad, cuya expresión matemática es:

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

siendo L_t la talla media a una edad t (cm), L_{∞} la longitud media asintótica (cm), k la constante media de crecimiento, y t_0 la edad que tendría el pez a la longitud 0 (años⁻¹) (Francis, 1995). La estimación de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (VBGF) se realizó mediante regresión no lineal, utilizando el algoritmo de Levenberg-Marquardt (Norusis, 1993).

La comparación de los parámetros de crecimiento entre las regiones estudiadas se realizó mediante la prueba de la T^2 de Hotelling (Cerrato, 1990; Baillon, 1991; Gordo, 1996). Esta prueba es una generalización de la prueba de t de Student para más de dos variables y se calcula de la forma siguiente:

$$T^2 = \left(\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2} \right) \cdot (P_1 - P_2) \cdot S^{-1} \cdot (P_1 - P_2)'$$

donde n_1 y n_2 son los números de ejemplares de cada grupo y, P_1 y P_2 son los vectores de los parámetros de la VBGF:

$$P_i = \begin{bmatrix} L_{\infty} \\ k \\ t_0 \end{bmatrix}$$

donde $[P_1 - P_2]'$ es la matriz transpuesta de $[P_1 - P_2]$, S^{-1} es la matriz inversa de S , la cual es definida por:

$$S = \frac{[(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2]}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

siendo S_1 y S_2 son las dos matrices de varianza-covarianza estimadas de los parámetros (L_{∞}, k, t_0) de los dos grupos. En consecuencia, el valor estadístico T_0^2 se calcula como:

$$T_0^2 = \left[\frac{p(n_1 + n_2 - 2)}{(n_1 + n_2 - 4)} \right] \cdot F$$

donde p es el número de parámetros y F se obtiene de las tablas de Fisher para p y $(n_1 + n_2 - 4)$ grados de libertad a un nivel de significación de 0,05. Si $T^2 > T_0^2$, entonces la hipótesis nula de igualdad de los parámetros es rechazada ($H_0: P_1 = P_2$).

La aplicación de esta prueba requiere la igualdad de las dos matrices de varianza-covarianza de los parámetros (Lardeux, 1986). Cuando no existe igualdad en las dos matrices de varianza-covarianza, se propone una T^2 modificada:

$$T_v^2 = [P_1 - P_2]' \cdot [S_1 + S_2]^{-1} \cdot [P_1 - P_2]$$

que se distribuye como una χ^2 con p grados de libertad. Si $T_v^2 > \chi^2$, entonces la hipótesis de igualdad de los parámetros se rechaza ($H_0: P_1 = P_2$).

Por último, se obtuvo el índice de actividad del crecimiento (\bar{F}') (Pauly y Munro, 1984), que permite determinar la similitud entre L_{∞} y k . Dicho índice se calcula de la siguiente manera:

$$\phi' = 2\log_{10} L_{\infty} + \log_{10} k$$

RESULTADOS

Lectura del otolito

La realización de varias lecturas comparativas en otolitos enteros y secciones de los mismos puso de manifiesto la validez de unos y otras para determinar la edad de las especies objetivo. Sin embargo, en los cortes analizados, los anillos no presentaron buena definición, apareciendo diversos inconvenientes para la visualización de los mismos, por lo que, dada su óptima visualización en el material entero, se consideró más oportuno descartar la interpretación de anillos de crecimiento a partir de cortes.

Los otolitos enteros mostraron alternancia entre zonas translúcidas y opacas, si bien el contraste entre dichas marcas varió en función del grosor del otolito y origen de la muestra. En este sentido, la interpretación de los anillos de crecimiento en *Serranus atricauda* fue más difícil que en sus congéneres de Canarias, mientras que en *S. cabrilla* y *S. scriba* del Mediterráneo las marcas adquirieron más notoriedad que en los otolitos de Canarias.

La aplicación de diversas técnicas (líquidos aclarantes y colorantes) facilitó la interpretación y enumeración de las marcas de crecimiento en otolitos enteros. No obstante, los colorantes dieron mejor resultado que los líquidos aclarantes, siendo los disueltos en ácido acético. Ello se debe, a que el ácido acético reacciona con el carbonato cálcico y lo disuelve, perdiendo densidad los anillos opacos y facilitando la interpretación. En particular, el azul de toluidina, eosina Y y ninhidrina fueron los colorantes que más acentuaron las diferenciastes anillos de crecimiento. De estos tres, la ninhidrina proporcionó resultados con porcentajes de coincidencia iniciales entre lectores entre el 70 y 80 %, aumentando hasta un 85 ó 95 % una vez leídos conjuntamente aquéllos en los que diferían los lectores (Tabla VIII-2).

En las tres especies estudiadas los porcentajes de otolitos considerados legibles y el porcentaje de coincidencia entre las lecturas efectuadas por los lectores fueron elevados (Figs. VIII-1 y VIII-2). En cuanto a los errores de interpretación, tanto el porcentaje medio de error como valor como la prueba de simetría no pusieron de manifiesto ningún tipo de error sistemático en la lectura (Tabla VIII-3).

Tabla VIII-2. Porcentajes de coincidencia de lecturas realizadas en otolitos enteros con colorantes disueltos en ácido acético. n=20.

| Especie | Área | Técnica | | |
|---------------------|----------|----------------|----------|------------|
| | | Azul Toluidina | Eosina Y | Ninhidrina |
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 85,0 | 70,0 | 90,0 |
| | Canarias | 75,0 | 75,0 | 85,0 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 75,0 | 80,0 | 85,0 |
| | Canarias | 80,0 | 75,0 | 85,0 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 80,0 | 70,0 | 90,0 |

Tabla VIII-3. Resultado de la lectura de otolitos efectuada por los lectores con ninhidrina. A, Alicante; APE, porcentaje medio de error; C, Canarias; gl, grados de libertad; n_t, número de otolitos examinados; n_l, número de otolitos legibles; OL, otolitos legibles; P, probabilidad; PC, porcentaje de coincidencia entre lectores.

| Especie | Área | n _t | OL | | PC | APE | Prueba de simetría | | |
|---------------------|------|----------------|----------------|------|------|------|--------------------|----|--------|
| | | | n _l | % | | | χ^2 | gl | P |
| <i>S. atricauda</i> | C | 510 | 466 | 91,4 | 87,2 | 2,15 | 7,01 | 17 | <0,001 |
| | C | 457 | 439 | 96,1 | 84,3 | 1,31 | 2,04 | 7 | <0,050 |
| <i>S. cabrilla</i> | A | 231 | 227 | 98,3 | 90,4 | 1,05 | 1,10 | 6 | <0,001 |
| | C | 379 | 336 | 88,7 | 83,6 | 2,86 | 3,32 | 8 | <0,010 |
| <i>S. scriba</i> | A | 141 | 137 | 97,2 | 86,5 | 1,25 | 2,54 | 6 | <0,001 |

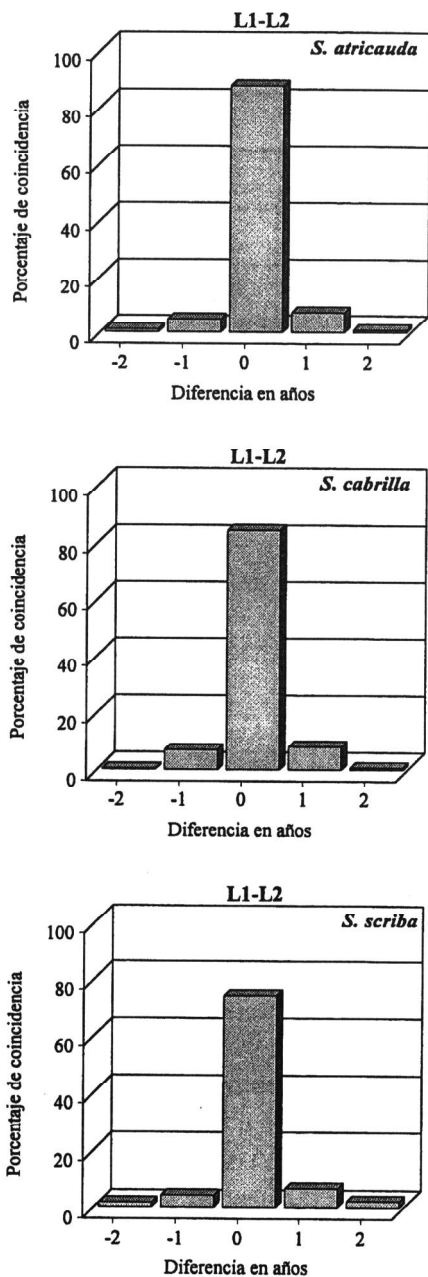


Figura VIII-1. Porcentaje de coincidencia entre lectores (L1-L2) en las especies procedentes de Canarias.

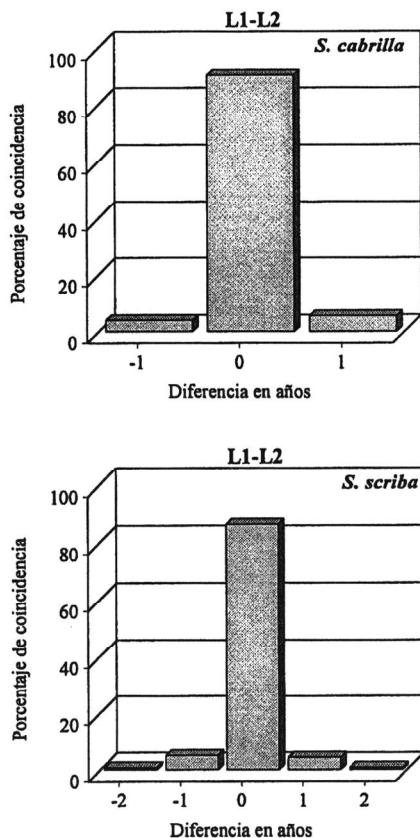


Figura VIII-2. Porcentaje de coincidencia entre lectores (L1-L2) en las especies procedentes de Alicante.

Periodicidad en la formación de los anillos

La variación mensual del porcentaje de otolitos con borde opaco y transparente por especie y área geográfica se presenta en las figuras VIII-3 y VIII-4. Los resultados indican que en las especies estudiadas se forman cada año dos bandas de crecimiento, una opaca y otra transparente. En Canarias, se observa que la banda opaca se forma en los meses de otoño e invierno, mientras que la transparente se origina en los de primavera y verano. Sin embargo, en el Mediterráneo la banda opaca se forma en los meses de primavera y principios de verano, mientras que la banda transparente se origina entre finales del verano e invierno.

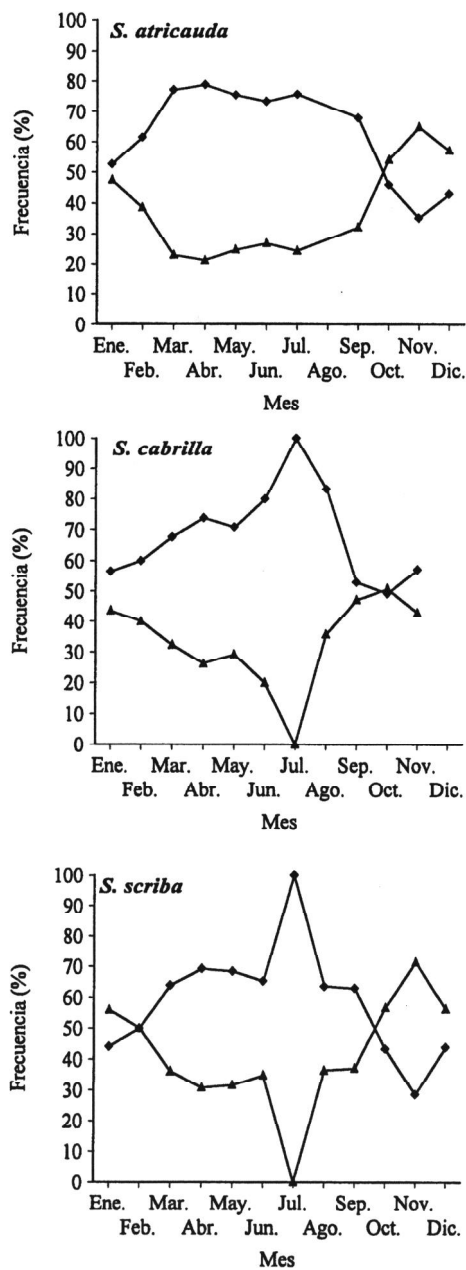


Figura VIII-3. Variación mensual del porcentaje de otolitos con borde transparente (◆) y opaco (Δ) en las especies procedentes de Canarias.

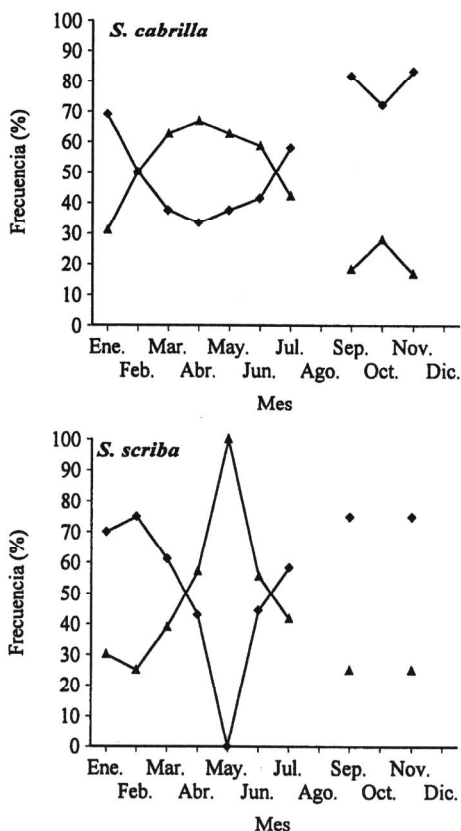


Figura VIII-4. Variación mensual del porcentaje de otolitos con borde transparente (◆) y opaco (Δ) en las especies procedentes de Alicante.

Claves talla-edad

Una vez determinada la edad de cada ejemplar y demostrado que cada año se forman dos anillos de crecimiento, uno de crecimiento rápido y otro de crecimiento lento, se determinó la clase anual a la que pertenecía cada individuo estudiado. La clave talla-edad para cada especie y área se presenta en las tablas VIII-4 a VIII-8. En ellas se muestran, para cada grupo de edad, la talla media con su desviación típica y el número de otolitos leídos.

En *S. atricauda* de Canarias, el individuo de mayor edad correspondió a la clase de edad 16 años y el más joven a la clase de 2 años. En general, se

advierte una fuerte desproporción en el número de ejemplares entre las distintas clases anuales, apreciándose que los grupos de edad más frecuentes están entre 4 y 8 años; mientras que los ejemplares inferiores a 3 años y superiores a 12 años son escasos. En cuanto a la distribución de tallas en cada grupo de edad, se observa, en todos los casos, una distribución más o menos normal. El intervalo de tallas comprendido por cada clase de edad es muy amplio, pudiéndose asignar un individuo de edad conocida a diez clases de talla diferentes. Este hecho también se observa analizando la tendencia que presenta la desviación típica, la cual se incrementa en las primeras edades y se mantiene más o menos constante. Respecto a la distribución de edades por intervalo de talla, se pone de manifiesto que en tallas pequeñas el solapamiento de edades es bajo, sin embargo, a partir del intervalo de 29 cm las clases de edad se superponen bastante, pudiendo clasificarse un individuo en cinco o seis clases de edad distintas. De los valores de las tallas medias se deduce que los individuos crecen muy rápido durante los primeros años de vida, alcanzando cerca del 50 % de su talla máxima entre 4 y 5 años (Tabla VIII-4).

En *S. cabrilla* de Canarias, el individuo más longevo correspondió a la clase de edad 11 años y el más joven a la clase 2 años. En general, se observa que todas las clases anuales están bien representadas en el número de ejemplares a excepción de los individuos inferiores a 3 años y superiores a 10 años, los cuales son exigüos. En cuanto a la distribución de tallas en cada grupo de edad, se observa, en todos los casos, una distribución más o menos normal. El intervalo de tallas que comprende cada clase de edad es relativamente amplio, pudiendo asignar un individuo de edad conocida a seis clases de talla diferentes. Este hecho también se aprecia al analizar la tendencia que presenta la desviación típica, la cual es más o menos constante. Respecto a la distribución de edades por intervalo de talla, se pone de manifiesto que en tallas pequeñas el solapamiento de edades es bajo, sin embargo, a partir del intervalo de 22 cm las clases de edad se superponen, pudiendo asignarse un individuo a cinco clases de edad distintas. De los valores de las tallas medias se deduce que los individuos crece muy rápido durante los primeros años de vida, alcanzando cerca del 50 % de su talla máxima entre 2 y 3 años (Tabla VIII-5).

Tabla VIII-4. *Serranus atricauda*. Canarias. Clave talla-edad. \bar{x} , media; dt, desviación típica; n, número de ejemplares.

| Clase de talla (cm) | Clase de edad (años) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|----|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 16 | | | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | 1 | 2 | 5 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | 8 | 13 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | 20 | 4 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | 23 | 8 | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | 8 | 17 | 3 | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | 3 | 18 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | 3 | 6 | 4 | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | 1 | 10 | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | 1 | 8 | 2 | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | 1 | 11 | 4 | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | 5 | 4 | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | 10 | 13 | 8 | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | 6 | 10 | 6 | 1 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | 3 | 7 | 3 | 1 | 2 | | | | | | |
| 31 | | | | | | | 2 | 11 | 8 | 4 | 5 | 1 | | | | | |
| 32 | | | | | | | | 6 | 10 | 3 | 1 | 1 | | | | | |
| 33 | | | | | | | | 5 | 7 | 4 | 4 | 4 | 3 | | | | |
| 34 | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | | 2 | | | | |
| 35 | | | | | | | | | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | | | | |
| 36 | | | | | | | | | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| \bar{x} | - | - | 16,5 | 17,4 | 19,53 | 21,57 | 26,2 | 29,4 | 31,22 | 32,8 | 33,4 | 34,9 | 35,4 | 38,0 | - | 43,0 | 39,0 |
| dt | - | - | 0,7 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,1 | 2,2 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | 1,4 | - | - | - |
| n | - | - | 2 | 13 | 75 | 68 | 62 | 62 | 48 | 20 | 24 | 15 | 13 | 2 | - | 1 | 1 |

Tabla VIII-5. *Serranus cabrilla*. Canarias. Clave talla-edad. \bar{x} , media; dt, desviación típica; n, número de ejemplares.

| Clase de talla (cm) | Clase de edad (años) | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 14 | | | 2 | 4 | | | | | | | | |
| 15 | | | 1 | 4 | 2 | | | | | | | |
| 16 | | | 2 | 10 | 11 | | | | | | | |
| 17 | | | | 10 | 22 | 1 | | | | | | |
| 18 | | | | 5 | 27 | 23 | 2 | | | | | |
| 19 | | | | 1 | 16 | 24 | 10 | | | | | |
| 20 | | | | | 9 | 21 | 19 | 2 | | | | |
| 21 | | | | | | 10 | 20 | 12 | 2 | | | |
| 22 | | | | | | 8 | 17 | 19 | 4 | 1 | | |
| 23 | | | | | | | 5 | 10 | 8 | 1 | 1 | |
| 24 | | | | | | | | 4 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| 25 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 26 | | | | | | | | | 2 | 1 | 3 | |
| \bar{x} | - | - | 15,0 | 16,3 | 17,8 | 19,5 | 20,8 | 22,1 | 23,2 | 24,0 | 25,0 | 24,0 |
| dt | - | - | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | - |
| n | - | - | 5 | 34 | 87 | 87 | 73 | 48 | 22 | 7 | 6 | 1 |

En *S. scriba* de Canarias, el individuo de mayor edad correspondió a la clase de edad 11 años y el más joven a la clase 3 años. En general, se advierte una fuerte desproporción en el número de ejemplares entre las distintas clases anuales, apreciándose que los grupos de edad más frecuentes están entre 4 y 8 años; mientras que los ejemplares inferiores o superiores a dichas edades son escasos en la muestra. En cuanto a la distribución de tallas en cada grupo de edad, se observa, en todos los casos, una distribución más o menos normal. El intervalo de tallas que comprende cada clase de edad es relativamente amplio, siendo más pequeño en clases de edad inferior a 4 años y más ancho a partir de dicha clase de edad, pudiendo asignar un individuo de edad conocida a seis clases de talla diferentes. Respecto a la distribución de edades por intervalo de talla, se pone de manifiesto que en tallas pequeñas el solapamiento de edades es bajo, sin embargo, a partir del intervalo de 23 cm las clases de edad se superponen, pudiendo clasificarse un individuo en cuatro clases de edad distintas. De los valores de las tallas medias se deduce que los ejemplares crecen muy rápido durante los primeros años de vida, alcanzando alrededor del 50 % de su talla máxima a los 3 años (Tabla VIII-6).

En *S. cabrilla* de Alicante, el individuo más longevo correspondió a la clase de edad 9 años y el más joven a la clase 2 años. En general, se observa que todas las clases anuales están bien representadas a excepción de los ejemplares inferiores a 3 años y superiores a 8 años, los cuales son escasos. En cuanto a la distribución de tallas en cada grupo de edad, se observa una distribución más o menos normal en las clases de edades más comunes. El intervalo de tallas que comprende cada clase de edad es relativamente amplio en todas las tallas, pudiéndose asignar un individuo de edad conocida a seis clases de talla diferentes. Este hecho también se aprecia al analizar la tendencia que presenta la desviación típica, la cual es más o menos constante hasta los 6 años. Respecto a la distribución de edades por intervalo de talla, se pone de manifiesto que en tallas pequeñas el solapamiento de edades es bajo y como mucho un individuo determinado se puede asignar a tres clases de edad distintas. De los valores de las tallas medias se deduce que los individuos crecen muy rápido durante los primeros años, alcanzando cerca del 50 % de su talla máxima a los 2 años (Tabla VIII-7).

Tabla VIII-6. *Serranus scriba*. Canarias. Clave talla-edad. \bar{x} , media; dt, desviación típica; n, número de ejemplares.

| Clase de talla (cm) | Clase de edad (años) | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 15 | | | | 4 | | | | | | | | |
| 16 | | | | 1 | | | | | | | | |
| 17 | | | | 2 | 12 | | | | | | | |
| 18 | | | | | 8 | 4 | | | | | | |
| 19 | | | | | 14 | 24 | | | | | | |
| 20 | | | | | 2 | 12 | 7 | | | | | |
| 21 | | | | | | 13 | 23 | 4 | | | | |
| 22 | | | | | | 10 | 18 | 15 | | | | |
| 23 | | | | | | 3 | 18 | 18 | 8 | | | |
| 24 | | | | | | | 11 | 14 | 7 | | | |
| 25 | | | | | | | 2 | 6 | 6 | 1 | | |
| 26 | | | | | | | | 1 | | 2 | 1 | |
| 27 | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| 28 | | | | | | | | | | 3 | 2 | |
| 29 | | | | | | | | | | | | 1 |
| \bar{x} | - | - | - | 15,7 | 18,2 | 20,1 | 22,1 | 23,1 | 24,0 | 26,8 | 27,3 | 29,0 |
| dt | - | - | - | 1,0 | 1,0 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,3 | 1,0 | - |
| n | - | - | - | 7 | 36 | 67 | 80 | 58 | 22 | 6 | 4 | 1 |

Tabla VIII-7. *Serranus cabrilla*. Alicante. Clave talla-edad. \bar{x} , media; dt, desviación típica; n, número de ejemplares.

| Clase de talla (cm) | Clase de edad (años) | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 9 | | | 2 | | | | | | | |
| 10 | | | | 3 | | | | | | |
| 11 | | | 3 | 7 | | | | | | |
| 12 | | | 3 | 8 | | | | | | |
| 13 | | | | 14 | 1 | | | | | |
| 14 | | | | 10 | 10 | | | | | |
| 15 | | | | 1 | 26 | 3 | | | | |
| 16 | | | | | 31 | 15 | | | | |
| 17 | | | | | 5 | 17 | | | | |
| 18 | | | | | 5 | 9 | 3 | | | |
| 19 | | | | | | 4 | 6 | | | |
| 20 | | | | | | | 3 | | | |
| 21 | | | | | | | 3 | 5 | 2 | |
| 22 | | | | | | | | 1 | 2 | 1 |
| 23 | | | | | | | | | 1 | 1 |
| \bar{x} | - | - | 10,9 | 12,6 | 15,6 | 16,9 | 19,4 | 21,2 | 21,8 | 22,5 |
| dt | - | - | 1,2 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0,4 | 0,8 | 0,7 |
| n | - | - | 8 | 43 | 78 | 48 | 15 | 6 | 5 | 2 |

En *S. scriba* de Alicante, el rango de las clases de edad fue el más pequeño, entre 2 y 7 años, siendo los grupos extremos los peor representados. El limitado intervalo de tallas estudiado impidió un estudio más exhaustivo de la distribución de tallas en cada grupo de edad. De los valores de las tallas medias se deduce que los individuos crecen muy rápido durante los primeros años de vida, alcanzando el 50 % de su talla máxima antes de los 2 años (Tabla VIII-8).

Tabla VIII-8. *Serranus scriba*. Alicante. Clave talla-edad. —, media; dt, desviación típica; n, número de ejemplares.

| Clase de talla (cm) | Clase de edad (años) | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 10 | | | 1 | | | | | |
| 11 | | | 2 | 3 | 1 | | | |
| 12 | | | 2 | 11 | 11 | 4 | | |
| 13 | | | | 7 | 17 | 16 | 3 | 2 |
| 14 | | | | 1 | 10 | 10 | 5 | 2 |
| 15 | | | | | | 1 | 6 | 2 |
| 16 | | | | | | | 1 | 1 |
| — | - | - | 11,2 | 12,3 | 12,9 | 13,3 | 14,3 | 14,3 |
| dt | - | - | 0,84 | 0,77 | 0,81 | 0,73 | 0,90 | 1,11 |
| n | - | - | 5 | 22 | 39 | 31 | 15 | 7 |

Curvas de crecimiento

Las muestras de las especies estudiadas provienen de capturas comerciales que condicionan la talla mínima². Por tanto, las clases de edad más pequeñas no están representadas o su número de individuos es muy pequeño. Por ello, los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy se calcularon, en todos los casos, considerando los grupos de edad bien representados: a partir de 3 años en los ejemplares de Canarias y de *S. scribe* de Alicante, y 2 años en *S. cabrilla* de Alicante.

Los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy para cada especie y área geográfica, tomadas como variables dependientes las longitudes total y estándar, se presentan en la tabla VIII-9. Las correspondientes curvas teóricas se ilustran en las figuras VIII-5 y VIII-6. En general, se advierte que el ajuste es satisfactorio en todos los casos con valores de $r^2 > 0,75$. No obstante, el modelo fue descartado en la muestra de *S. scribe* de Alicante debido a que la varianza explicada por el modelo no alcanzó el 50 %.

El estudio comparativo entre los parámetros de crecimiento de las poblaciones de *S. cabrilla* de Canarias y Alicante puso de manifiesto la existencia de diferencias significativas ($T_v^2 \geq z^2$, $P < 0,05$), siendo la tasa de crecimiento (k) mayor y la longitud asintótica media menor en el área mediterránea (Fig. VIII-7). La comparación entre tallas medias por cada clase de edad (t de Student, $P > 0,01$) proporcionó diferencias significativas entre la población atlántica y la mediterránea, siendo mayores en la primera región. No obstante, el estudio comparativo de la actividad de crecimiento (Φ) concluye que el crecimiento es similar en ambas regiones.

En *S. scribe*, no se llevó a cabo ningún tipo de análisis al considerarse poco fiable la curva de crecimiento obtenida en ejemplares de Alicante. Ello se debe al estrecho intervalo de tallas muestreadas, el cual condicionó que sólo conozcamos una fracción de la curva. Por tanto, sólo la incorporación en número de ejemplares grandes y pequeños (que como se ha dicho no son capturados con las artes empleadas por los pescadores) permitiría completar dicha curva y obtener parámetros más fiables.

² Las artes de pesca utilizadas para capturar los ejemplares de las especies objetivo se caracterizan por ser selectivas a una determinada talla mínima del pez (Sparre y Venema, 1995). Por ello, las muestras están sesgadas, si bien hay que considerar el hecho de que estas artes no suelen afectar a los ejemplares más jóvenes ya que no se encuentran en los lugares habituales de pesca.

Finalmente, el índice de actividad de crecimiento puso de manifiesto la existencia de diferencias en el crecimiento entre especies, alcanzando *S. atricauda* el valor más alto y *S. cabrilla* el más bajo. Además, se observa que la tasa de crecimiento es similar entre *S. atricauda* y *S. scriba* y más pequeña en *S. cabrilla*, si bien la longitud asintótica es más parecida entre esta última especie y *S. scriba* (Fig. VIII-8).

Tabla VIII-8. Valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy e índices de actividad de crecimiento (\ddot{O}). A, Alicante; C, Canarias; *es*, error estándar; *k*, constante de crecimiento (años^{-1}); L_{∞} , longitud asintótica (cm); n, número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación; t_0 , edad que tendría el pez a la longitud 0 (años).

| Especie | Área | Talla | L_{∞} (es) | k (es) | t_0 (es) | r^2 | n | \ddot{O} |
|---------------------|------|-------|-------------------|---------------|----------------|-------|-----|------------|
| <i>S. atricauda</i> | C | L_t | 43,875 (1,531) | 0,160 (0,016) | 0,158 (0,231) | 0,871 | | 2,49 |
| | | L_s | 37,027 (1,439) | 0,147 (0,015) | 0,181 (0,231) | 0,877 | 406 | 2,30 |
| <i>S. cabrilla</i> | C | L_t | 34,135 (3,964) | 0,101 (0,030) | -3,630 (0,954) | 0,760 | | 2,07 |
| | | L_s | 30,225 (5,084) | 0,078 (0,029) | -4,439 (1,147) | 0,767 | 365 | 1,85 |
| | A | L_t | 31,960 (3,582) | 0,133 (0,032) | -1,083 (0,406) | 0,839 | | 2,13 |
| | | L_s | 26,425 (3,430) | 0,124 (0,033) | -1,103 (0,432) | 0,828 | 205 | 1,93 |
| | C | L_t | 33,131 (2,564) | 0,145 (0,034) | -1,741 (0,693) | 0,778 | | 2,20 |
| | | L_s | 26,424 (2,148) | 0,144 (0,034) | -1,622 (0,691) | 0,768 | 281 | 2,00 |
| <i>S. scriba</i> | A | L_t | 18,329 (4,876) | 0,125 (0,129) | -6,415 (4,978) | 0,481 | | 1,62 |
| | | L_s | 14,856 (4,498) | 0,119 (0,133) | -6,500 (5,304) | 0,464 | 119 | 1,41 |

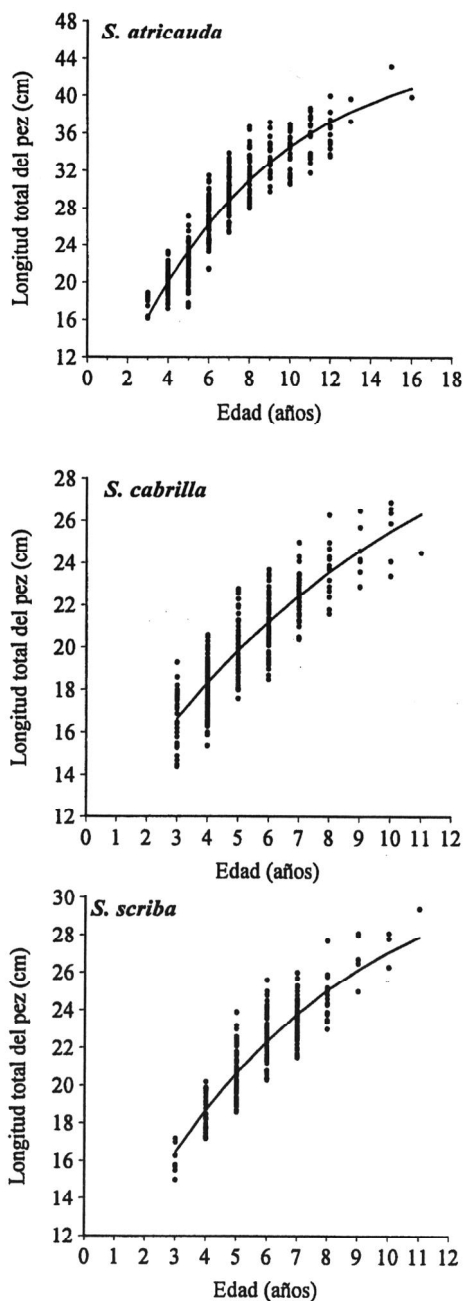


Figura VIII-5. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy ajustadas para los datos talla-edad ≥ 3 años de clase de edad en las especies procedentes de Canarias.

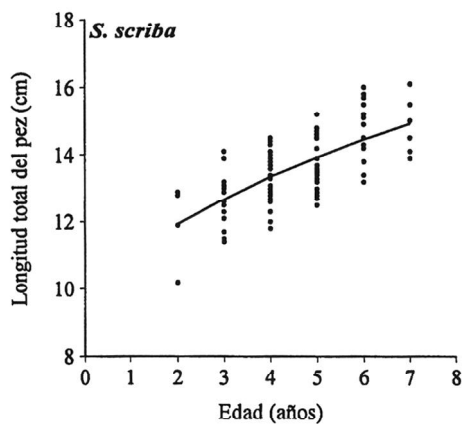
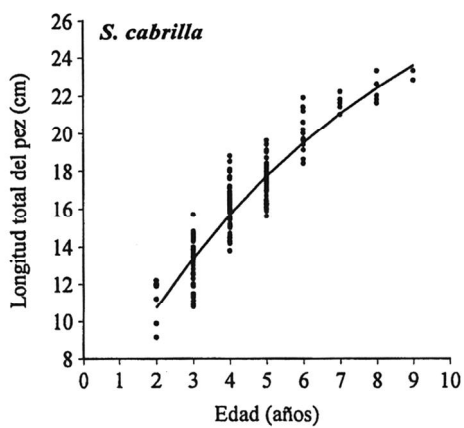


Figura VIII-6. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy ajustadas para los datos talla-edad ≥ 2 años de clase de edad en las especies procedentes de Alicante.

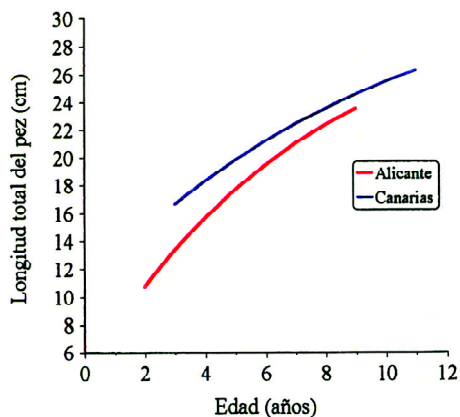


Figura VIII-7. Comparación entre curvas teóricas de crecimiento de von Bertalanffy de *S. cabrilla* de Alicante y Canarias.

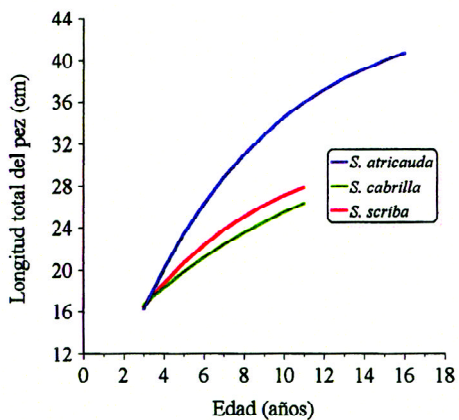


Figura VIII-8. Comparación entre curvas teóricas de crecimiento de von Bertalanffy de *S. atricauda* (SAC), *S. cabrilla* (SCC) y *S. scriba* (SSC) de Canarias.

DISCUSIÓN

Análisis del método de lectura

La interpretación de las marcas de crecimiento a partir de otolitos enteros teñidos con ninhidrina resultó ser el mejor método para determinar la edad en las especies del género *Serranus* estudiadas. Por lo general, los estudios de crecimiento con otolitos enteros o secciones de los mismos suelen obviar tales técnicas (Lorenzo, 1992; Bullock y Murphy, 1994; Jiménez, 1997; Manooch y Potts, 1997; Pajuelo, 1997; entre otros). Sin embargo, las técnicas de tinción, como otros de aclarado o tostado, se están aplicando desde la década de los 60. El coste y complejidad son posiblemente las causas de su escaso uso, aunque sus resultados son muy satisfactorios (Schneppenheim y Freytag, 1980; Bouain y Siau, 1988; Richter y McDermott, 1990). En muchos casos, la aplicación de dichas técnicas no parece justificada al obtenerse sin su uso porcentajes de coincidencia altos entre lectores, pero no se trata tanto de mejorar la “cantidad” sino la “calidad” de la lectura; pues, la certeza de la lectura es más importante que la propia lectura. En este sentido, cuando se quiere mostrar la precisión del método empleado se recurre al porcentaje de coincidencia entre lectores (superior al 80 % en este estudio) y/o al porcentaje medio de error (APE) (inferior al 3 % en el presente trabajo) (Morales-Nin, 1989; Lorenzo, 1992; Ferreira y Russ, 1994; Newman *et al.*, 1996; entre otros).

Bajo dichas consideraciones podríamos concluir que la lecturas efectuadas para esta Memoria con el método descrito es satisfactoria y con alto grado de precisión. Sin embargo, y de acuerdo Hoening *et al.* (1995), ambos porcentajes son inapropiados y no dan información alguna. En el primer caso, el nivel de acuerdo depende de la composición de edades del muestreo y no depende del método de lectura o del propio lector. En el segundo caso, la variabilidad entre peces y dentro de los peces no se distingue, ignorándose con ello el efecto de la edad. Para evitar estos errores, dichos autores propusieron una prueba de simetría que determina si el error de lectura es de tipo sistemático o no. En el presente estudio, dicha prueba de simetría no mostró diferencias en el método de interpretación de la lectura en las especies objetivo, indicando que el método de lectura e interpretación de las marcas fue correcto e independiente de la edad.

Formación de anillos

En el presente trabajo, el estudio sobre el período de formación de los anillos anuales en el otolito indicó que el crecimiento somático del pez se produce de forma desigual y en épocas diferentes entre las especies de la región atlántica (zona subtropical) y mediterránea (zona templada). Posiblemente, ello sea debido a que el ciclo de crecimiento en especies tropicales es más complejo que en peces de aguas templadas (Yosef y Casselman, 1995). Normalmente, los peces tienen dos fases de crecimiento muy diferenciadas a lo largo de cada año, una lenta y otra rápida, originando en el otolito las bandas transparentes y opacas correspondientes (Casselman, 1987). Durante la fase de crecimiento lento, la energía metabólica parece desviarse del crecimiento somático, causando la formación de incrementos diarios finos cuya visión óptica se corresponde con la banda transparente del otolito (Morales-Nin y Ralston, 1990).

En las tres especies estudiadas de Canarias los porcentajes de otolitos con borde transparente fueron muy elevados a lo largo del año, con ligeros descensos durante los meses de otoño e invierno, indicando que dichas especies tienen crecimiento lento y continuado durante todo el año. Esta ausencia de marcados ciclos de crecimiento se ha descrito ampliamente en peces tropicales (Morales-Nin, 1989). Ello es debido fundamentalmente a que en las áreas tropicales las variaciones ambientales y los factores hidrológicos no siguen un patrón tan periódico como en las zonas templadas; además, las especies que habitan estas zonas presentan épocas de puesta muy extensas (Morales-Nin, 1992; Yosef y Casselman, 1995). La situación geográfica de Canarias (zona subtropical) y la extensión de la época de puesta de las poblaciones objeto de estudio en este archipiélago (entre seis y siete meses, de acuerdo con Franquet y Brito, 1995; García-Díaz *et al.*, 1996a, 1997) sugieren que estas poblaciones siguen un patrón de crecimiento similar al descrito para especies tropicales. Por el contrario, las poblaciones del Mediterráneo presentan variaciones más acusadas, lo que sugiere que el crecimiento está claramente dividido en dos fases, una lenta (septiembre-febrero) y otra rápida (marzo-julio).

En los peces, los ciclos de crecimiento están relacionados con cambios fisiológicos influenciados principalmente por la temperatura, la disponibilidad de alimento y/o la reproducción (Casselman, 1983; Morales-Nin, 1990). Estudios en peces tropicales han concluido que pequeñas variaciones en la temperatura del agua pueden provocar alteraciones en el crecimiento, ya que

pueden afectar a la actividad alimentaria (Yosef y Casselman, 1995). En las especies analizadas de Canarias la mayor actividad metabólica se lleva a cabo cuando la temperatura es más baja (otoño-invierno), lo que sugiere que la freza (primavera-verano, de acuerdo con Franquet y Brito, 1995; García-Díaz *et al.*, 1996a, 1997) es el factor exógeno condicionante del crecimiento. La temperatura no parece influir significativamente en la actividad alimentaria, pues se ha demostrado que en la región atlántica la alimentación no varía sustancialmente durante el año en las especies objeto de estudio (Morato, 1995; Tuset *et al.*, 1996; Moreno-López *et al.*, en revisión). Sin embargo, en las poblaciones estudiadas del Mediterráneo la fase de crecimiento rápido (primavera-verano) no coincide ni con los meses de mayor temperatura superficial del agua (julio-octubre, de acuerdo con Guillén (1997)), ni con la etapa posterior a la puesta (otoño-invierno, Bouain (1981)). En este caso, el factor regulador del crecimiento puede ser la disponibilidad de alimento; si bien no existen trabajos que hayan estudiado las variaciones anuales en la composición de la dieta de estas especies en esta área geográfica. En la literatura está ampliamente documentado cómo la composición del alimento puede experimentar cambios significativos a lo largo del año, observándose variaciones estacionales más o menos acusadas (Macpherson, 1977; Gállego, 1996). Esta hipótesis se basa en la coincidencia del cambio de actividad metabólica con los meses de mayor productividad primaria y secundaria (primavera-principios de verano, de acuerdo con Guillén (1997)), lo que seguramente provoca un aumento de los consumidores primarios y secundarios que constituyen las presas más comunes de las especies estudiadas (Benmouna *et al.*, 1986; Arcuelo *et al.*, 1993). Ello implicaría que la variación encontrada en el factor de condición (ver capítulo V) no estaría relacionada con la reproducción, si no con la alimentación. En consecuencia, ambas poblaciones (la canaria y mediterránea) siguen mostrando patrones de crecimiento diferentes, los cuales pueden estar regulados por factores distintos.

Modelos de crecimiento

De las distintas especies estudiadas, sólo en *Serranus atricauda* se había determinado el crecimiento a partir de otolitos en estudios previos realizados por otros autores. Los parámetros de crecimiento obtenidos de la población de las islas Azores ($L_{\infty} = 51,82$ cm L_t , $k = 0,12$ años⁻¹, $t_0 = -1,98$ años y $\Phi' = 2,51$) por Costa *et al.* (1998) difieren de los calculados para dicha especie en Canarias,

donde los individuos crecen menos en longitud pero de forma más rápida. Aunque, el rango de tallas considerado en dicho trabajo es similar al del presente estudio, los grupos de edad observados (entre 2 y 11 años) no coinciden con los observados para la misma especie en este archipiélago (2-16 años). Sin embargo, la actividad de crecimiento es similar en ambas poblaciones, lo que indica claramente que este índice no proporciona suficientes evidencias para concluir que el crecimiento en ambas regiones es similar. Diferencias de interpretación de las marcas del otolito o variaciones en el modelo de crecimiento son las causas que pueden explicar esta discrepancia. Si se asume que las lecturas de ambos grupos de trabajo está bien realizada, se puede concluir que existe un crecimiento diferencial entre ambos sectores atlánticos.

En *S. cabrilla* y *S. scriba* no es posible realizar comparación alguna en cuanto se refiere a los parámetros de crecimiento, ya que la estimaciones disponibles han sido obtenidas a partir de escamas mediante la técnica de retrocálculo (ver Discusión del capítulo X). No obstante, *a priori*, los resultados obtenidos en esta Memoria indican en estas especies un crecimiento diferencial entre las poblaciones del Mediterráneo occidental y Atlántico centro-oriental. En este caso, la ausencia de peces de clases de edad mayores en el Mediterráneo respecto a los del Atlántico debe estar relacionada con los niveles locales de explotación pesquera. Sin embargo, los valores de la longitud asintótica y la tasa de crecimiento están afectados por la representatividad de las tallas del muestreo; así, tanto en *S. cabrilla* como en *S. scriba* la velocidad de crecimiento ha resultado ser mucho mayor por la presencia de una fracción juvenil muy importante en el muestreo. Ferreira y Russ (1994) observaron en *Plectropomus leopardus* (Lacepède, 1802) (Serranidae) que los parámetros de crecimiento varían significativamente en función de la introducción en el análisis de ejemplares más pequeños, llegando a producir variaciones de k entre 0,13 y 0,35 años⁻¹.

La mayoría de las artes de anzuelo son selectivas a una talla determinada (Ricker, 1969) y por ello los ejemplares más pequeños no están disponibles, siendo muy común que las curvas de crecimiento se ajusten como una fracción sesgada de la población (Ferreira y Russ, 1994). En Canarias, Jiménez (1997) concluyó que las curvas de crecimiento obtenidas para diversas especies de morenas (Muraenidae) están sesgadas por la ausencia de ejemplares juveniles, al no forman aquéllos parte de la captura de las artes de pesca; González *et al.* (1998), en un estudio sobre *Lepidopus caudatus* (Trichiuridae)

y *Beryx spp.* (Berycidae), detectaron la ausencia de ejemplares juveniles en capturas comerciales y científicas. Como consecuencia, los resultados no recogen el periodo de crecimiento más rápido, la fase juvenil (Morales-Nin, 1991). Los efectos de los distintos rangos de talla o edad en la estimación de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy han sido ampliamente documentados (Hirschhorn, 1974) y compromete la utilización de la tasa de crecimiento como parámetro comparativo entre poblaciones (Mulligan y Leaman, 1992) y por extensión el uso del índice de actividad. En estos casos, la realización de un análisis de la talla media por clase de edad o la selección de una edad mínima para recalcular los parámetros de crecimiento pueden ser algunas de las opciones. Aplicando esta segunda posibilidad a los ejemplares muestrales de *S. cabrilla* de Alicante y seleccionando las clases de edades ≥ 3 , se obtendrían los siguientes parámetros de la ecuación de von Bertalanffy: $L_{\infty} = 28,81$ (error estándar = 2,624) cm L_t , $k = 0,17$ (0,040) años⁻¹, $t_0 = -0,53$ (0,424) años ($r^2 = 0,882$) y un índice de actividad de crecimiento $\Phi' = 2,16$. El resultado de la prueba de comparación entre curvas de crecimiento de la población de Canarias y Alicante seguiría indicando diferencias significativas entre ambas zonas ($T_v^2 > \div^2$, $P < 0,05$). Por tanto, ambos métodos (tallas medias y “recálculo”) pondrían de manifiesto dichas diferencias regionales en el crecimiento de *S. cabrilla*, creciendo en Canarias a una velocidad más lenta y alcanzando longitudes mayores para una edad determinada. Sin embargo, los índices de actividad del crecimiento serían similares, tal y como ocurría entre *S. atricauda* de Canarias y Azores.

En la literatura se pueden encontrar diferentes tipos de análisis que han sido utilizados para comparar el crecimiento entre áreas o stocks de una misma especie (Ricker, 1975; Pauly y Munro, 1984; Cerrato, 1990). Sin embargo, como se ha comprobado en este trabajo, algunos de estos índices no detectan correctamente las diferencias en el crecimiento. *_ivkov et al.* (1999) comprobaron que ninguno de los métodos empleados representa el crecimiento de los peces mejor que el incremento anual absoluto o el incremento medio absoluto en ejemplares de la misma edad. No obstante, estos métodos presentan problemas cuando las edades no están bien representadas o se utiliza diferente número de datos por edad. En este estudio, el índice de actividad del crecimiento (Φ') no resultó ser el mejor método para comparar el crecimiento pues no detectó las diferencias existentes en el crecimiento de *S. cabrilla* en Canarias y Alicante; mientras que la prueba de la T^2 de Hotelling y la

comparación del incremento medio absoluto por edad sí indicaron diferencias.

Por consiguiente, los parámetros de crecimiento de la VBGF indicaron que las especies del género *Serranus* poseen crecimiento lento, produciéndose el mayor incremento en talla durante los dos primeros años de vida. Además, los resultados mostraron diferencias regionales en el crecimiento, detectándose estrategias de crecimiento desiguales y, probablemente, asociadas a factores distintos.

Capítulo IX

RELACIÓN ENTRE EL PESO DEL OTOLITO Y LA EDAD DEL PEZ

INTRODUCCIÓN

La precisión y la eficiencia en la determinación de la edad en peces son cruciales en muchos de los análisis requeridos para la regulación de especies explotadas (Fletcher, 1991). Los métodos de asignación de edades a partir de estructuras duras implica, de un modo u otro, un cierto grado de subjetividad (Boehlert, 1985). Por ello, el desarrollo de nuevos métodos que requieran menos esfuerzo y tiempo a la vez que eliminen dicha subjetividad constituye una de las líneas de investigación en el campo del crecimiento.

En los últimos años se han realizado estudios que relacionan la edad del pez con el crecimiento del otolito y más en concreto con el peso, ya que se ha observado que es la variable mejor correlacionada con la edad (Brander, 1974; Boehlert, 1985; Pawson, 1990; Fletcher, 1991; Worthington *et al.*, 1995). Este método se fundamenta en el incremento constante en peso del otolito a lo largo de la vida del pez (Fowler y Doherty, 1992) Además, la evidencia de otolitos más densos para una misma talla de individuos de poblaciones de crecimiento lento respecto a ejemplares de la misma especie de poblaciones rápidas (Templeman y Squires, 1956; Spratt, 1972), la relativa independencia del crecimiento en longitud del pez con el tamaño del otolito (Reznick *et al.*, 1989) y que no aquéllos no presenten procesos de reabsorción como otras estructuras duras (Mugiya y Watabe, 1977), apoyan la posibilidad de utilizar el peso del otolito como índice de crecimiento.

En Canarias, únicamente Jiménez (1997) realizó una aproximación en este campo, estudiando la variabilidad del peso con la edad en diferentes especies de morenas (Muraenidae). En cualquier caso, hasta la fecha sólo hemos

encontrado un trabajo (Worthington *et al.*, 1995) donde se emplea esta técnica para investigar la variabilidad en la determinación de la edad usando el peso del otolito y dicha variabilidad se compara con la edad establecida mediante lectura de otolitos.

Por todo ello, en el presente capítulo pretendemos llevar a cabo los siguientes objetivos: i) comprobar que el peso del otolito es la mejor variable relacionada con la edad del pez, y ii) evaluar la precisión de esta variable en la asignación de edades en cada una de las especies y áreas geográficas consideradas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material estudiado

La longitud total del pez (L_t), longitud del otolito (L_o), anchura del otolito (A_o), el peso seco del otolito (P_o) y/o la edad se obtuvieron en 406 ejemplares de *Serranus atricauda* de Canarias, en 370 y 205 individuos de *S. cabrilla* de Canarias y Alicante, respectivamente, y en 281 peces de *S. scriba* de Canarias. La escasez de ejemplares y su corto intervalo de tallas desaconsejaron la aplicación de este estudio en *S. scriba* de Alicante.

Los otolitos dañados o con alteraciones no se consideraron en este estudio (Morales-Nin, 1992). Debido a la ausencia de diferencias morfométricas entre el otolito derecho e izquierdo (ver Resultados del capítulo VI), se tomó como referencia el otolito derecho, o bien el izquierdo cuando su par no estaba disponible.

Análisis estadístico

Para establecer qué variable (anchura, longitud o peso del otolito, y/o talla del pez) es la mejor correlacionada con la edad, se realizó un análisis multivariante ($P \geq 0,05$) aplicando regresión lineal múltiple (Fletcher, 1991). El análisis se realizó tomando las magnitudes a analizar como variables dependientes y la edad como variable independiente:

$$Edad = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n + a$$

donde b_n son los coeficientes de regresión, X_n las variables independientes y a la constante de la ecuación. El método por pasos se usó para considerar qué

variables se computarían en cada caso. Todas las variables se transformaron en logaritmos en base 10, a fin de que los datos cumplieren las premisas de linealidad, normalidad y homogeneidad de varianza (Boehlert, 1985; Worthington *et al.*, 1995; Zar, 1996).

Una vez establecido que el peso del otolito es la variable mejor correlacionada con la edad del pez (ver Resultados), se obtuvo la relación logarítmica para el conjunto de datos (“relación total”). Posteriormente, se procedió a estudiar la precisión del peso del otolito en la determinación de la edad. Para ello, se seleccionó una submuestra (“muestra de calibración”) de 50 individuos tomados al azar (abarcando todo el rango de edad) y se volvió a calcular la relación entre el peso del otolito y la edad del pez. Los parámetros de esta nueva relación se compararon con los de “relación total”, con el objetivo de comprobar que la submuestra era representativa de la población, usando para ello el análisis de comparación de líneas de regresión propuesto por Zar (1996) (para más referencias ver Material y Métodos del capítulo VI)

A continuación, se calcularon las nuevas edades (“edades estimadas”) para el resto de la muestra (“muestra de experimentación”) en función de los parámetros obtenidos en la muestra de calibración, ajustándose éstas al valor discreto más cercano. Para detectar errores en la asignación de la edad estimada se han establecido tres índices (Worthington *et al.*, 1995): i) el coeficiente de variación (CV), que se define como la desviación estándar de la “edad real” (establecida mediante lectura directa) y estimada dividida por sus medias; ii) el porcentaje de coincidencia entre las edades estimadas y la edad real; y iii) el “error del método” que se obtiene como la diferencia entre la edad real menos la edad estimada.

RESULTADOS

Análisis multivariante

Los resultados del análisis de regresión múltiple se presenta por especie y área en las tablas IX-1 a IX-4. En todos los casos, el peso de otolito fue la variable mejor relacionada con la edad del pez. Dicha variable contribuyó a explicar alrededor del 80 % de la variación de la edad, mientras que las restantes variables introducidas en el análisis no incrementaron significativamente el ajuste de los modelos con varianzas explicadas por aquéllos inferiores al 7 %.

Tabla IX-1. *Serranus atricauda*. Canarias. Coeficientes de determinación y estadísticos asociados del modelo de regresión múltiple. es, error estándar; Lo , longitud del otolito; L_t , talla del pez; P , probabilidad; P_o , peso del otolito; r^2 , coeficiente de determinación; cambio de r^2 , variación de r^2 cuando se introducen nuevas variables; 1... n, secuencia de variables introducidas en el análisis. Número de ejemplares= 406, $r^2 = 0,927$.

| Variable | Coeficiente | es | P | cambio de r^2 |
|------------------------|-------------|-------|--------|-----------------|
| 1. log (P_o) | 0,341 | 0,034 | <0,001 | 0,910 |
| 2. log (L_t) | 0,467 | 0,073 | <0,001 | 0,015 |
| 3. log (Lo) | 0,361 | 0,107 | <0,001 | 0,002 |
| Punto de corte (a) | -0,338 | 0,091 | <0,05 | |

Tabla IX-2. *Serranus cabrilla*. Canarias. Coeficientes de determinación y estadísticos asociados del modelo de regresión múltiple. es, error estándar; Lo , longitud del otolito; L_t , talla del pez; P , probabilidad; P_o , peso del otolito; r^2 , coeficiente de determinación; cambio de r^2 , variación de r^2 cuando se introducen nuevas variables; 1... n, secuencia de variables introducidas en el análisis. Número de ejemplares= 370, $r^2 = 0,867$.

| Variable | Coeficiente | es | P | cambio de r^2 |
|------------------------|-------------|-------|--------|-----------------|
| 1. log (P_o) | 0,516 | 0,048 | <0,001 | 0,851 |
| 2. log (Lo) | 0,714 | 0,160 | <0,001 | 0,014 |
| 3. log (L_t) | 0,287 | 0,116 | <0,05 | 0,002 |
| Punto de corte (a) | -0,409 | 0,140 | <0,01 | |

Tabla IX-3. *Serranus cabrilla*. Alicante. Coeficientes de determinación y estadísticos asociados del modelo de regresión múltiple. es, error estándar; L_t , talla del pez; P , probabilidad; P_o , peso del otolito; r^2 , coeficiente de determinación; cambio de r^2 , variación de r^2 cuando se introducen nuevas variables; 1... n, secuencia de variables introducidas en el análisis. Número de ejemplares= 205, $r^2= 0,852$.

| Variable | Coeficiente | es | P | cambio de r^2 |
|------------------------|-------------|-------|--------|-----------------|
| 1. log (P_o) | 0,673 | 0,020 | <0,001 | 0,852 |
| Punto de corte (a) | 0,591 | 0,003 | <0,001 | |

Tabla IX-4. *Serranus scriba*. Canarias. Coeficientes de determinación y estadísticos asociados del modelo de regresión múltiple. es, error estándar; L_o , longitud del otolito; L_t , talla del pez; P , probabilidad; P_o , peso del otolito; r^2 , coeficiente de determinación; cambio de r^2 , variación de r^2 cuando se introducen nuevas variables; 1... n, secuencia de variables introducidas en el análisis. Número de ejemplares= 281, $r^2= 0,890$.

| Variable | Coeficiente | es | P | cambio de r^2 |
|------------------------|-------------|-------|--------|-----------------|
| 1. log (P_o) | 0,386 | 0,029 | <0,001 | 0,841 |
| 2. log (L_t) | 0,656 | 0,093 | <0,001 | 0,046 |
| 3. log (L_o) | 0,280 | 0,106 | <0,01 | 0,003 |
| Punto de corte (a) | -0,386 | 0,099 | <0,001 | |

Variación del peso del otolito con la edad

El peso medio del otolito y su intervalo por edad se dan por especie y área geográfica en la tablas IX-5 a IX-7. Además, las relaciones entre el peso del otolito y la talla del pez por grupo de edad se representan en la figura IX-1 para las diferentes especies. En todas las especies, y en particular en *Serranus atricauda*, el peso del medio del otolito aumenta con la edad, siendo más notorio el incremento en grupos de edades mayores. El rango de pesos en cada

grupo de edad fue considerable, observándose un apreciable solapamiento entre grupos. Sin embargo, dicho solapamiento es mayor en la talla de los peces que en los pesos de los otolitos, apreciándose en particular en las edades más altas. Por ejemplo, en *S. atricauda*, un individuo de 37 cm de L_t y un peso de otolito de 5,30 mg podría ser asignado a la edad comprendida entre 8 y 13 años o desde 10 hasta 13 años según se considere la talla del pez o el peso del otolito, respectivamente.

Tabla IX-5. *Serranus atricauda*. Canarias. Peso medio del otolito (mg) e intervalo por grupos de edad. n, individuos analizados; es, error estándar.

| Edad | n | media | es | intervalo |
|------|----|-------|-----------------------|-----------|
| 2 | 2 | 0,82 | $5,50 \cdot 10^{-2}$ | 0,76-0,87 |
| 3 | 17 | 0,90 | $4,62 \cdot 10^{-2}$ | 0,59-1,29 |
| 4 | 92 | 1,31 | $2,37 \cdot 10^{-2}$ | 0,83-1,97 |
| 5 | 52 | 1,76 | $3,90 \cdot 10^{-2}$ | 1,27-2,60 |
| 6 | 70 | 2,50 | $4,66 \cdot 10^{-2}$ | 1,86-3,35 |
| 7 | 62 | 3,13 | $5,23 \cdot 10^{-2}$ | 2,06-4,07 |
| 8 | 42 | 3,75 | $6,97 \cdot 10^{-2}$ | 2,76-5,11 |
| 9 | 19 | 4,23 | $11,15 \cdot 10^{-2}$ | 3,33-5,04 |
| 10 | 21 | 4,65 | $13,26 \cdot 10^{-2}$ | 3,51-5,55 |
| 11 | 18 | 5,36 | $24,32 \cdot 10^{-2}$ | 3,62-6,78 |
| 12 | 8 | 6,39 | $22,03 \cdot 10^{-2}$ | 5,40-7,05 |
| 13 | 1 | 5,21 | - | - |
| 15 | 1 | 8,43 | - | - |
| 16 | 1 | 8,62 | - | - |

Tabla IX-6. *Serranus cabrilla*. Peso medio del otolito (mg) e intervalo por grupos de edad. n, individuos analizados; es, error estándar.

| Edad | Canarias | | | | Alicante | | | |
|------|----------|-------|-----------------------|-----------|----------|-------|----------------------|-----------|
| | n | media | es | intervalo | n | media | es | intervalo |
| 2 | 5 | 0,82 | $3,41 \cdot 10^{-2}$ | 0,73-0,88 | 8 | 0,50 | $3,67 \cdot 10^{-2}$ | 0,34-0,63 |
| 3 | 34 | 1,07 | $2,19 \cdot 10^{-2}$ | 0,82-1,34 | 44 | 0,71 | $2,33 \cdot 10^{-2}$ | 0,44-0,95 |
| 4 | 87 | 1,39 | $1,78 \cdot 10^{-2}$ | 1,07-1,80 | 80 | 1,08 | $1,50 \cdot 10^{-2}$ | 0,83-1,36 |
| 5 | 89 | 1,68 | $2,38 \cdot 10^{-2}$ | 1,23-2,14 | 45 | 1,34 | $2,21 \cdot 10^{-2}$ | 1,02-1,60 |
| 6 | 72 | 2,05 | $3,31 \cdot 10^{-2}$ | 1,44-2,65 | 16 | 1,83 | $4,09 \cdot 10^{-2}$ | 1,58-2,14 |
| 7 | 47 | 2,49 | $4,50 \cdot 10^{-2}$ | 1,99-3,11 | 5 | 2,15 | $4,13 \cdot 10^{-2}$ | 2,06-2,29 |
| 8 | 23 | 3,08 | $6,16 \cdot 10^{-2}$ | 2,49-3,55 | 6 | 2,58 | $7,80 \cdot 10^{-2}$ | 2,30-2,77 |
| 9 | 9 | 3,56 | $8,45 \cdot 10^{-2}$ | 3,01-3,83 | 1 | 3,05 | - | - |
| 10 | 4 | 4,45 | $14,26 \cdot 10^{-2}$ | 4,16-4,73 | | | | |

Tabla IX-7. *Serranus scriba*. Canarias. Peso medio del otolito (mg) e intervalo por grupos de edad. n, individuos analizados; es, error estándar.

| Edad | n | media | es | intervalo |
|------|----|-------|-----------------------|-----------|
| 3 | 7 | 0,52 | $3,82 \cdot 10^{-2}$ | 0,39-0,67 |
| 4 | 39 | 0,77 | $2,13 \cdot 10^{-2}$ | 0,60-1,02 |
| 5 | 76 | 1,05 | $1,89 \cdot 10^{-2}$ | 0,79-1,41 |
| 6 | 84 | 1,32 | $1,67 \cdot 10^{-2}$ | 1,01-1,81 |
| 7 | 51 | 1,50 | $1,95 \cdot 10^{-2}$ | 1,21-1,80 |
| 8 | 15 | 1,84 | $2,32 \cdot 10^{-2}$ | 1,59-1,96 |
| 9 | 5 | 2,19 | $4,92 \cdot 10^{-2}$ | 2,07-2,31 |
| 10 | 3 | 2,60 | $11,12 \cdot 10^{-2}$ | 2,38-2,74 |
| 11 | 1 | 2,74 | - | - |

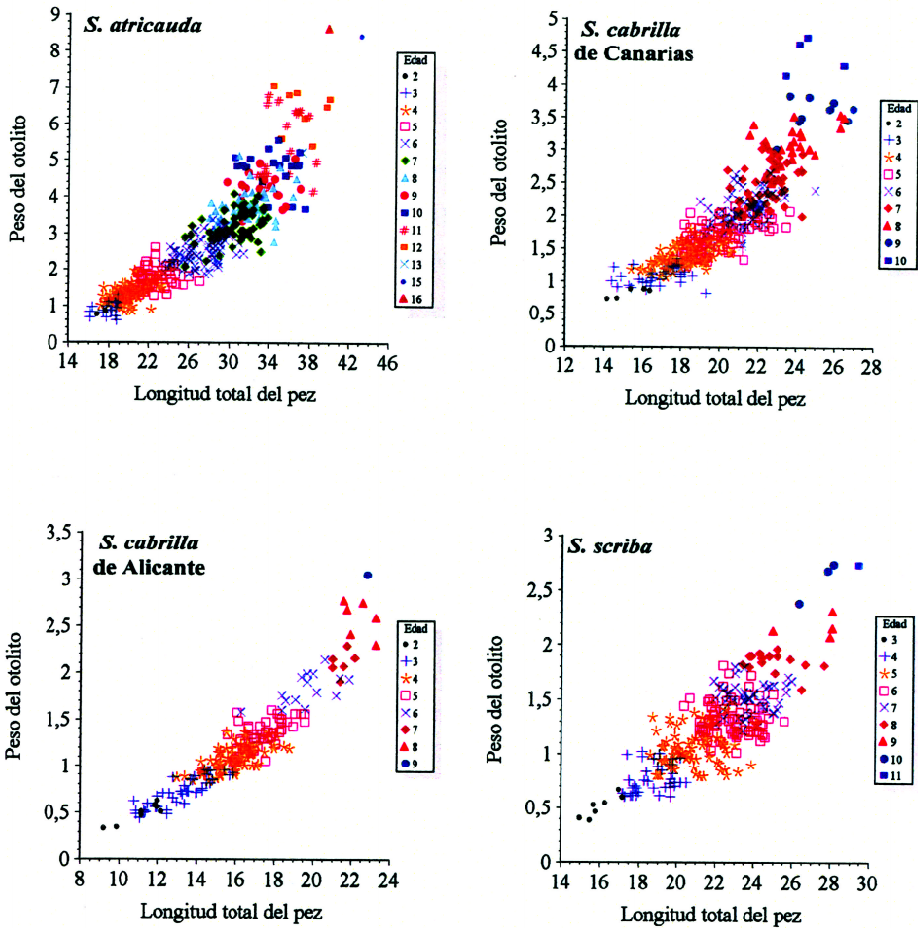


Figura IX-1. Peso del otolito (mg) y talla del pez (L_T , cm) de los individuos por grupos de edad.

Cabe señalar que la comparación entre las gráficas de Canarias y Alicante de *S. cabrilla* pone de manifiesto dos hechos: primero, la variabilidad del peso del otolito en los grupos de edad es menor en las muestras del Mediterráneo y, segundo, el incremento del peso con la edad también es menor.

Calibración de la submuestra

Dado que el peso del otolito es la variable que mejor se relaciona con la edad, el estudio continuó considerando a aquélla como única variable independiente. En la tabla IX-8 se proporciona para el conjunto de la muestra la “relación total” entre el peso del otolito y la edad por especie y área geográfica.

En todas las especies se observó una relación significativa alta entre el peso del otolito y la edad, tomando los coeficientes de determinación valores muy elevados ($r^2 > 0,75$) en todos los casos. En el caso de *S. cabrilla*, el análisis comparativo de las líneas de regresión entre regiones indicó que ambas rectas son significativamente diferentes ($t = 29,974$ gl = 571, $P < 0,0001$).

Los parámetros de regresión entre el peso del otolito y la edad de los ejemplares de la “muestra de calibración” se indican en la tabla IX-9. La submuestra obtenida en cada especie también presentó correlación muy elevada, con varianzas explicadas por el modelo superiores al 80 % en todos los casos. El análisis comparativo de las rectas de la submuestra no difirió significativamente de la calculada para todos los datos, considerándose por ello representativas de la población (Tabla IX-10).

Tabla IX-8. Valores de los parámetros de la relación logarítmica entre el peso del otolito y la edad del pez. *a*, punto de corte; *b*, pendiente; *es (b)*, error estándar de *b*; *n*, número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación.

| Especie | Área | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>es (b)</i> | r^2 | <i>n</i> |
|---------------------|----------|----------|----------|---------------|-------|----------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,538 | 0,640 | 0,010 | 0,910 | 406 |
| | Canarias | 0,503 | 0,821 | 0,018 | 0,851 | 370 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,593 | 0,679 | 0,020 | 0,852 | 205 |
| <i>S. scriba</i> | Canarias | 0,702 | 0,660 | 0,017 | 0,841 | 281 |

Tabla IX-9. Valores de los parámetros de la relación logarítmica entre el peso del otolito y la edad del pez. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; r^2 , coeficiente de determinación. número de ejemplares= 50.

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | r^2 |
|---------------------|----------|-------|-------|---------|-------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,553 | 0,619 | 0,025 | 0,931 |
| | Canarias | 0,517 | 0,762 | 0,041 | 0,877 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 0,605 | 0,614 | 0,035 | 0,866 |
| <i>S. scriba</i> | Canarias | 0,701 | 0,664 | 0,041 | 0,846 |

Tabla IX-10. Comparación de las rectas de la regresión logarítmica entre el peso del otolito y la edad del pez. a_c , punto de corte común; b_c , pendiente común; gl, grados de libertad, gl_c, grados de libertad comunes; P , probabilidad; t_1 y t_2 , pruebas de la t de Student.

| Especie | Área | t_1 | gl | P | b_c | t_2 | gl _c | P | a_c |
|---------------------|----------|-------|-----|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 0,776 | 454 | 0,379 | 0,640 | 1,302 | 453 | 0,255 | 0,538 |
| | Canarias | 1,641 | 418 | 0,201 | 0,812 | 0,033 | 417 | 0,855 | 0,505 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 2,037 | 253 | 0,156 | 0,660 | 2,059 | 252 | 0,153 | 0,593 |
| <i>S. scriba</i> | Canarias | 0,009 | 329 | 0,926 | 0,661 | 0,055 | 328 | 0,814 | 0,702 |

Estimación de la edad a partir del peso del otolito en la muestra de experimentación

Relaciones apropiadas e inapropiadas

La aplicación de los parámetros de la “muestra de calibración” a la “muestra de experimentación” en cada especies permitió estimar la misma edad determinada mediante lectura directa del otolito en más del 50 % de los individuos. En *S. atricauda* fue del 53,1 %, mientras que al 7,3 % se le asignó una edad superior al año. En *S. cabrilla*, este porcentaje tomó valores del 58 y 75,5 % en Canarias y Alicante, respectivamente, y ningún ejemplar se clasificó con más de un año. Por último, en *S. scriba* se obtuvo un porcentaje de acierto del 64,3 % y sólo a un 2,2 % se les asignó un error de más de un año.

La comparación entre la edad real y la estimada se presenta para cada especie y área geográfica en las tablas IX-11 a IX-13. En ellas se dan, para cada grupo de edad, el intervalo estimado, el coeficiente de variación (CV) y el error producido.

En *S. atricauda* de Canarias se observa que el ajuste fue satisfactorio a excepción de edades pequeñas y grandes, donde el coeficiente de variación tomó los valores más altos y el error del método es mayor. En este sentido, a partir de 10 años existe una tendencia clara a infravalorar la edad, lo que se traduce en un error asimétrico en la asignación de edades. Por ello, la edad máxima estimada sólo alcanzó 14 años. El porcentaje de coincidencia tomó valores superiores al 50 % sólo en edades intermedias, que es donde mejor se ajusta la edad estimada. El coeficiente de variación medio fue del 9,72 % (Tabla IX-11).

Tabla IX-11. *Serranus atricauda*. Canarias. Comparación entre edades determinadas a partir de anillos de crecimiento (edad real) y del peso del otolito (edad estimada). n, individuos analizados; CV, coeficiente de variación.

| Edad | n | Rango de edad estimada | Coincidencia (%) | CV (%) | Error método |
|------|----|------------------------|------------------|--------|--------------|
| 2 | 1 | 3 | 0,0 | 23,10 | -1,00 |
| 3 | 16 | 3-4 | 68,8 | 11,69 | -0,31 |
| 4 | 80 | 3-5 | 68,8 | 9,41 | -0,19 |
| 5 | 44 | 4-6 | 70,5 | 7,65 | 0,07 |
| 6 | 62 | 5-8 | 54,8 | 7,77 | -0,31 |
| 7 | 57 | 6-9 | 61,4 | 6,24 | -0,30 |
| 8 | 39 | 7-9 | 74,4 | 4,43 | -0,10 |
| 9 | 16 | 8-10 | 56,3 | 5,23 | 0,19 |
| 10 | 19 | 8-10 | 68,4 | 6,62 | 0,53 |
| 11 | 14 | 8-12 | 28,6 | 9,49 | 0,93 |
| 12 | 6 | 10-12 | 50,0 | 6,85 | 0,83 |
| 13 | 1 | 10 | 0,0 | 18,45 | 3,00 |
| 16 | 1 | 14 | 0,0 | 9,43 | 2,00 |

Dado que la “muestra de calibración” seleccionada pudo influir en los resultados finales (Worthington *et al.*, 1995), el proceso se repitió con distintas submuestras, apareciendo la misma tendencia en todos los casos.

En *S. cabrilla*, el ajuste fue satisfactorio, cometiéndose los mayores errores en las edades más pequeñas y grandes. En estas edades se presentaron los valores más altos del coeficiente de variación, debido posiblemente a la escasez de ejemplares y a la baja representatividad de la muestra en dichas edades. Sin embargo, tanto el coeficiente de variación como el error del método tomaron valores bastante bajos en el resto de edades, sin que el error en la asignación de edades fuese mayor a un año. Además, el error cometido en la mayoría de casos estuvo cercano a cero, indicando una estimación simétrica de éste en cada edad. El porcentaje de coincidencia tomó valores superiores al 50 % en la mayoría de edades. El coeficiente de variación medio fue del 9,09 % en Canarias (Tabla IX-12) y del 9,38 % en Alicante (Tabla IX-13).

Tabla IX-12. *Serranus cabrilla*. Canarias. Comparación entre edades determinadas a partir de anillos de crecimiento (edad real) y del peso del otolito (edad estimada). n, individuos analizados; CV, coeficiente de variación.

| Edad | n | Rango de edad estimada | Coincidencia (%) | CV (%) | Error método |
|------|----|------------------------|------------------|--------|--------------|
| 2 | 5 | 3 | 0,0 | 21,08 | -1,00 |
| 3 | 28 | 3-4 | 46,4 | 13,68 | -0,54 |
| 4 | 78 | 4-5 | 74,4 | 8,12 | -0,26 |
| 5 | 78 | 4-6 | 62,8 | 8,68 | 0,09 |
| 6 | 61 | 4-7 | 55,7 | 8,12 | 0,30 |
| 7 | 40 | 6-8 | 45,0 | 7,29 | 0,35 |
| 8 | 21 | 7-9 | 57,1 | 5,84 | 0,14 |
| 9 | 7 | 8-9 | 71,4 | 4,10 | 0,29 |
| 10 | 2 | 9-10 | 50,0 | 4,88 | -0,50 |

Tabla IX-13. *Serranus cabrilla*. Alicante. Comparación entre edades determinadas a partir de anillos de crecimiento (edad real) y del peso del otolito (edad estimada). n, individuos analizados; CV, coeficiente de variación.

| Edad | n | Rango de edad estimada | Coincidencia (%) | CV (%) | Error método |
|------|----|------------------------|------------------|--------|--------------|
| 2 | 7 | 2-3 | 28,6 | 21,09 | -0,71 |
| 3 | 36 | 2-4 | 58,3 | 13,27 | -0,36 |
| 4 | 61 | 4-5 | 85,2 | 6,44 | -0,15 |
| 5 | 31 | 5-4 | 80,6 | 6,08 | 0,19 |
| 6 | 12 | 6-5 | 83,3 | 4,77 | 0,17 |
| 7 | 4 | 7-6 | 25,0 | 7,81 | 0,75 |
| 8 | 3 | 7 | 0,0 | 7,30 | 1,00 |
| 9 | 1 | 8 | 0,0 | 8,31 | 1,00 |

En *S. scriba*, el ajuste fue muy satisfactorio independientemente de la edad. El coeficiente de variación nunca sobrepasó el 13 % y el error del método tomó valores inferiores a un año. Si bien el error puede considerarse simétrico, ya que se comporta de igual forma en todas las grupos de edad, se detectó que en todos los casos existe una ligera tendencia a infravalorar las edades. El porcentaje de coincidencia tomó valores superiores al 50 % en la mayoría de edades. El coeficiente de variación medio fue del 6,78 % (Tabla IX-14).

Tabla IX-14. *Serranus scriba*. Canarias. Comparación entre edades determinadas a partir de anillos de crecimiento (edad real) y del peso del otolito (edad estimada). n, individuos analizados; CV, coeficiente de variación.

| Edad | n | Rango de edad estimada | Coincidencia (%) | CV (%) | Error método |
|------|----|------------------------|------------------|--------|--------------|
| 3 | 6 | 3-4 | 66,7 | 12,29 | -0,33 |
| 4 | 28 | 4-5 | 75,0 | 8,17 | -0,25 |
| 5 | 59 | 4-6 | 64,9 | 8,18 | -0,14 |
| 6 | 76 | 5-7 | 76,3 | 5,64 | -0,11 |
| 7 | 42 | 6-7 | 67,5 | 5,43 | 0,33 |
| 8 | 13 | 7-8 | 76,9 | 4,13 | 0,23 |
| 9 | 4 | 8-9 | 50,0 | 5,29 | 0,50 |
| 10 | 2 | 9-10 | 50,0 | 5,13 | 0,50 |
| 11 | 1 | 10 | 0,0 | 6,73 | 1,00 |

Ajuste de modelos inapropiados

De los resultados anteriores se puede concluir, *a priori*, que el peso del otolito no se puede aplicar en la determinación de la edad en *S. atricauda*. Ello es debido a que la recta de regresión obtenida para el conjunto de los datos, y por extensión a la “muestra de calibración”, no describe correctamente la relación entre el peso y la edad, a pesar del elevado valor del coeficiente de determinación ($r^2 = 0,910$). Los datos de individuos con más de 10 años se encontraron, en su mayoría, por encima de la recta de regresión (Fig. IX-3), produciéndose con ello un error asimétrico en la asignación de edades e infravalorándolas mediante esta técnica.

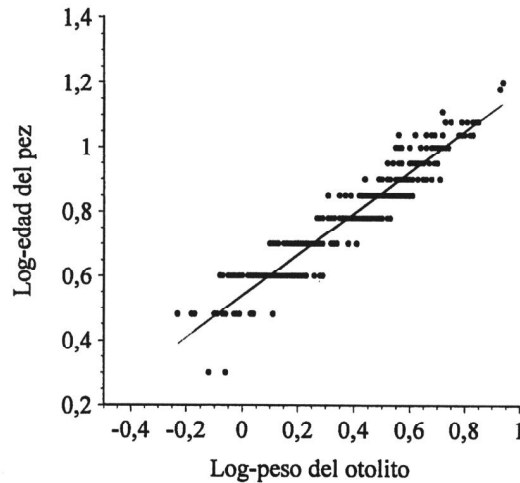


Figura IX-3. *Serranus atricauda*. Canarias. Recta de regresión total entre logaritmo del peso del otolito (mg) y de la edad del pez (años).

En todos los casos se produjo una subestimación de la edad en ejemplares grandes, como consecuencia de la existencia de otolitos con mayor peso que otros para una talla del pez determinada. Ello sugiere que en la población de *S. atricauda* en Canarias existen dos grupos de crecimiento, uno más lento y cuyo otolito es menos denso, y otro más rápido con otolitos de mayor peso. Al objeto de buscar una expresión matemática que pudiese explicar correctamente este hecho, la población de ejemplares de esta especie fue dividida en dos grupos. Para ello, la identificación de estos dos grupos se produjo a partir del análisis de residuos de la relación logarítmica peso-edad, agrupándolos en función del carácter positivo o negativo de éstos (Fig. IX-4). Una vez segmentados los datos, se calcularon los nuevos parámetros de las relaciones totales para ambos subgrupos, siendo la varianza explicada por estos modelos superior al 90 % en ambos casos (Fig. IX-5, Tabla IX-15). A continuación, para cada grupo se obtuvo una “muestra de calibración”, estableciéndose sus respectivas relaciones entre el peso del otolito y la edad del pez (Tabla IX-15). Dichas rectas también presentaron elevados coeficientes de determinación ($r^2= 0,958$ y $0,950$), no difiriendo significativamente de la recta obtenida para la “muestra total” (Tabla IX-16).

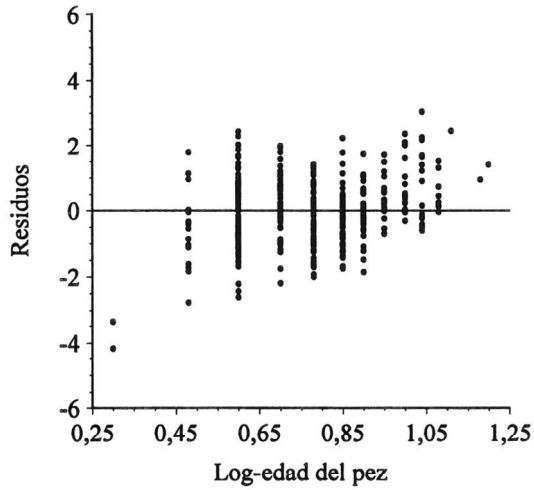


Figura IX-4. *Serranus atricauda*. Canarias. Residuos estandarizados de la relación logarítmica entre el peso del otolito y la edad del pez (años).

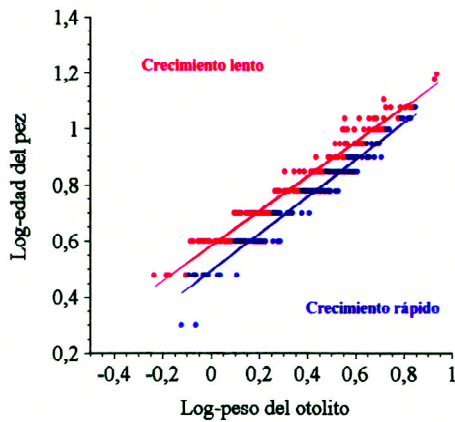


Figura IX-5. *Serranus atricauda*. Canarias. Recta de regresión entre el logaritmo del peso del otolito (mg) y la edad del pez (años) por grupos.

Tabla IX-15. *Serranus atricauda*. Canarias. Valores de los parámetros de la relación entre el peso del otolito y la edad del pez en individuos de crecimiento rápido y lento. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación.

| | Grupo | a | b | $es(b)$ | r^2 | n |
|------------------------|--------|-------|-------|---------|-------|-----|
| Muestra total | Rápido | 0,493 | 0,662 | 0,010 | 0,958 | 202 |
| | Lento | 0,581 | 0,621 | 0,008 | 0,996 | 204 |
| Muestra de calibración | Rápido | 0,467 | 0,706 | 0,010 | 0,962 | |
| | Lento | 0,584 | 0,606 | 0,015 | 0,973 | 50 |

Tabla IX-16. *Serranus atricauda*. Canarias. Comparación de las rectas de la regresión logarítmica entre el peso del otolito y la edad del pez en individuos de crecimiento rápido y lento. a_c , punto de corte común; b_c , pendiente común; gl , grados de libertad, gl_c , grados de libertad comunes; P , probabilidad; t_1 y t_2 , pruebas de la t de Student.

| Grupo | t_1 | gl | P | b_c | t_2 | gl_c | P | a_c |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Rápido | 2,509 | 250 | 0,115 | 0,662 | 1,615 | 249 | 0,205 | 0,503 |
| Lento | 0,031 | 252 | 0,861 | 0,591 | 1,779 | 251 | 0,184 | 0,613 |

La aplicación de los parámetros de la “muestra de calibración” a cada uno de los grupos permitió estimar la misma edad determinada mediante lectura directa del otolito en más del 75 % de los individuos de *S. atricauda*. La comparación entre la edad real y la estimada se presenta en la tabla IX-17, donde se muestra, para cada edad, el intervalo estimado, el porcentaje de coincidencia, el coeficiente de variación y el error producido.

Los resultados pusieron de manifiesto que el ajuste fue muy satisfactorio y sólo la escasez de ejemplares en los grupos de edad más pequeñas y grandes provocó valores de coeficiente de variación bajos y errores más elevados, aunque en ningún caso éstos fueron superiores a un año. Si bien el error puede considerarse simétrico, en grupos de edad pequeños se detectó que ésta tiende

a ser ligeramente sobreestimada y subestimada en los grupos mayores. El porcentaje de coincidencia alcanzó valores superiores al 50 % en la mayoría de los grupos de edad. El coeficiente de variación medio fue del 6,67 % (Tabla IX-17).

Tabla IX-17. *Serranus atricauda*. Canarias. Comparación entre edades determinadas a partir de anillos de crecimiento (edad real) y del peso del otolito (edad estimada). n, individuos analizados; CV, coeficiente de variación.

| Edad | n | Rango de edad estimada | Coincidencia (%) | CV (%) | Error método |
|------|----|------------------------|------------------|--------|--------------|
| 2 | 2 | 3 | 0,0 | 23,10 | -1,00 |
| 3 | 10 | 3-4 | 90,0 | 7,33 | -0,10 |
| 4 | 60 | 3-4 | 91,7 | 5,11 | -0,02 |
| 5 | 51 | 4-6 | 90,2 | 4,44 | 0,02 |
| 6 | 46 | 5-7 | 84,8 | 4,49 | -0,11 |
| 7 | 43 | 6-8 | 60,5 | 6,21 | -0,16 |
| 8 | 37 | 7-9 | 75,7 | 4,34 | -0,08 |
| 9 | 14 | 8-9 | 78,6 | 3,46 | -0,21 |
| 10 | 19 | 9-11 | 52,6 | 4,94 | -0,05 |
| 11 | 11 | 9-11 | 45,5 | 6,93 | 0,82 |
| 12 | 9 | 11-12 | 44,4 | 5,72 | 1,00 |
| 13 | 2 | 11-12 | 0,0 | 7,82 | 0,71 |
| 15 | 1 | 14 | 0,0 | 4,88 | 1,00 |
| 16 | 1 | 15 | 0,0 | 4,56 | 1,00 |

DISCUSIÓN

Del conjunto de variables analizadas en el presente estudio, el peso del otolito fue, en todos los casos, la mejor correlacionada con la edad del pez. Boehlert (1985) aplicó por primera vez un análisis multivariante para detectar qué variable definía mejor la edad, concluyendo que el peso del otolito era la más relacionada. Posteriormente, otros autores han realizado la misma experiencia, llegando a la misma conclusión (Beckman *et al.*, 1991; Fletcher, 1991). La elevada correlación obtenida entre el peso del otolito y la edad (superior a 0,80) indica que el crecimiento del otolito es continuo con la edad e independiente del crecimiento en longitud del pez. Este hecho está en concordancia con lo observado por diversos autores, quienes sugieren que el crecimiento somático rige la tasa de acreción de carbonato cálcico en el otolito, siendo el crecimiento del otolito asincrónico con el del propio individuo (Mosegaard *et al.*, 1988; Reznick *et al.*, 1989; Secor y Dean, 1989; Fletcher, 1991; Newman *et al.*, 1996).

El peso del otolito permitió segregar los ejemplares de mayor edad, cuando su incremento en talla fue mínimo. Por ello, la relación entre el otolito y la edad ha llevado a numerosos autores a considerar que el peso del otolito puede proporcionar una edad similar a la determinada mediante lectura directa de otolitos, siendo un método más rápido y económico (Templeman y Squires, 1956; Pawson, 1990; Fletcher, 1991; Ferreira y Russ, 1994; Worthington *et al.*, 1995; Newman *et al.*, 1996). No obstante, Fletcher (1991) consideró que, para aplicar esta técnica de asignación de edades, el solapamiento del peso del otolito por edades debería ser mínimo. Sin embargo, este hecho es muy difícil que ocurra en determinadas especies, ya que la variabilidad en el peso puede incrementarse de forma extraordinaria con la edad. Así en el presente estudio, el peso medio del otolito aumentó considerablemente en los últimos años en las especies analizadas, y con ello su varianza. En el caso particular de *Serranus atricauda*, el error estándar de la media varió entre 0,02 y 0,06 mg los primeros 9 años y desde 0,11 a 0,22 mg entre los 9 y 12 años. En las otras dos especies analizadas, *S. cabrilla* y *S. scriba*, este fenómeno se observó de igual manera, aunque en ambos casos la varianza no experimentó un aumento tan elevado en las últimas edades. Ésta es la causa de que muchas veces la relación lineal no sea el modelo matemático que mejor explica la relación entre el peso del otolito y la edad del pez, ya que no tiene en consideración el aumento de la varianza del

peso del otolito. En este estudio se pudo comprobar que el modelo lineal y logarítmico explicaban satisfactoriamente la relación entre ambas variables. No obstante, el modelo logarítmico reducía considerablemente la variación de la varianza, ajustando los datos mejor. En este sentido, en la mayoría de trabajos, el peso del otolito explica entre el 80 y 95 % de la variación de la edad (Beckman *et al.*, 1991; Ferreira y Russ, 1994), pero en muchos casos se observa como los datos se localizan por encima de la recta obtenida a partir de una edad determinada (Wilson *et al.*, 1991; Ferreira y Russ, 1994, Newman *et al.*, 1996). Beckman *et al.* (1991) detectaron esta anomalía y, si bien el peso del otolito fue la variable mejor correlacionada con la edad, desaconsejaron su utilización debido a la creciente variabilidad del peso y al error que ello pudiese producir. Por consiguiente, el coeficiente de determinación no es el mejor índice para estimar la utilidad del peso del otolito en la determinación de la edad del pez (Worthington *et al.*, 1995).

En el caso de *S. cabrilla* y *S. scriba*, el solapamiento entre edades fue pequeño (± 1 año) y, aunque no fue del todo simétrico, el error producido fue cercano a 0. Ello produjo que la distribución de datos respecto a la recta no mostrase una tendencia elevada a infravalorar las edades. Como consecuencia, la edad dada a partir del peso del otolito proporcionó resultados similares a los obtenidos mediante lectura directa. El porcentaje de coincidencia no fue un buen estimador de la utilidad de dicha técnica, ya que no proporcionó información sobre el tipo de sesgo producido. Por el contrario, tanto el coeficiente de variación como el error del método, sobre todo este último, permitieron confirmar lo apropiado de la calibración llevada a cabo con la submuestra seleccionada.

En *S. atricauda*, la elevada variabilidad del peso del otolito entre edades causó un incremento en el solapamiento del peso en los peces de mayor edad. Como resultado, la recta de regresión obtenida en un principio infravaloró las edades reales, ya que el error en cada edad fue asimétrico. A partir de los diez años reales, los porcentajes de coincidencia siguieron siendo relativamente elevados, si bien el coeficiente de variación y el error aumentaron, provocando una disminución en la precisión de la estimación de la edad en los ejemplares más longevos. La variabilidad en el peso del otolito es un fiel reflejo de diferencias en la tasa de crecimiento entre individuos. En una población, para una talla determinada, los ejemplares de crecimiento lento presentan otolitos más pesados que los individuos de crecimiento rápido. Por ello Reznick *et al.*

(1989), Secor y Dean (1989) y Francis *et al.* (1993) concluyeron que los residuos positivos de la regresión lineal entre el peso del otolito y la talla del pez (edad) deberían corresponder a otolitos más grandes con tasas de crecimiento somático más bajas, mientras que los residuos negativos serían de los otolitos más pequeños con tasas de crecimiento más grandes. Por ello, la relación entre el crecimiento del otolito y el crecimiento somático debe realizarse para grupos de individuos con idéntico crecimiento (Xiao, 1996). La fragmentación de la población de *S. atricauda* en dos grupos, individuos de crecimiento rápido o lento, sí proporcionó resultados adecuados para considerar al peso del otolito como un buen estimador de la edad. A diferencia de lo ocurrido con anterioridad, el error fue simétrico para cada edad y el coeficiente de variación disminuyó notablemente.

En consecuencia, el peso del otolito mostró ser una variable válida para predecir la edad del pez. Sin embargo, en aquellas especies donde se observa una tendencia no lineal de los datos del peso del otolito y la edad del pez, con especial atención en las edades más grandes, es conveniente realizar un estudio en detalle de la relación entre el peso del otolito y la edad, y obtener más de una función peso-edad.

Capítulo X

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO MEDIANTE RETROCÁLCULO

INTRODUCCIÓN

El retrocálculo es una técnica que permite estimar las longitudes teóricas en edades anteriores a la de captura, en base a la relación existente entre el tamaño de la estructura esquelética considerada (escamas u otolitos) y la longitud o el peso del pez (Carlander, 1981; Piñeiro y Hunt, 1989; Lorenzo, 1992; entre otros). Sin embargo, la aplicación de dicha técnica requiere una periodicidad constante en las marcas de crecimiento y que la distancia entre anillos sea proporcional al crecimiento del pez (Campana, 1990).

Numerosos estudios han puesto de manifiesto la complejidad matemática y conceptual que supone la aplicación del retrocálculo. Por ejemplo, Bartlett *et al.* (1984) detectaron que la relación lineal empleada en tales estudios podría ser inadecuada y producir errores; Francis (1990, 1995) concluyó que si bien la técnica era ampliamente utilizada, no parecía entenderse correctamente; Campana (1990) discutió la fiabilidad de esta técnica en otolitos y propuso un origen biológico a partir del cual se mantendría una proporción entre el otolito y la talla del pez; y Ricker (1992) consideró que una solución matemática del problema podía partir de un eje simétrico entre la talla del pez y el radio de la variable considerada.

En cualquier caso, el problema reside en el modelo matemático que explica la relación entre las variables empleadas, ya que una especie tendría tantas relaciones, lineales o no, como individuos se trabajasen. Para reducir la complejidad del problema se asumen dos axiomas (Francis, 1995): a) la familia de trayectorias individuales de crecimiento incluye la trayectoria de la pobla-

ción y tiene la misma fórmula matemática; y b) todas las trayectorias individuales parten de un mismo punto. Así, los distintos modelos biológicos empleados por los autores tienen como objetivo determinar este punto común (Francis, 1990).

A raíz de lo expuesto, los objetivos del presente capítulo fueron: i) determinar qué método de retrocálculo se ajusta mejor a los datos obtenidos, ii) estimar los errores producidos respecto a los valores obtenidos mediante lectura directa de los otolitos, y iii) recalcular los parámetros de crecimiento a partir de los datos de retrocálculo en cada una de las especies objetivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material estudiado

La aplicación de esta técnica se basó en la relación entre la longitud total del pez (L_t , en cm) y las medidas del otolito, bajo la premisa de que cada anillo anual indica la edad del individuo en años. En cada otolito se tomó la distancia desde el centro o núcleo hasta el margen posterior de la pieza en el momento de la captura (radio total del otolito, R_c) y las distancias desde el núcleo al comienzo de cada anillo opaco (radios anuales, R_1, R_2, \dots, R_n). Las medidas se obtuvieron utilizando un ocular micrométrico acoplado a un microscopio estereoscópico (Olympus SZH 10) binocular a 10 aumentos con aproximación de $\pm 0,2$ mm, realizando el mismo observador todas las medidas.

Los otolitos dañados o con alteraciones no se consideraron en este estudio (Morales-Nin, 1992). Debido a la ausencia de diferencias morfométricas entre el otolito derecho e izquierdo (ver Resultados del capítulo VI), se tomó como referencia el otolito derecho, o bien el izquierdo cuando su par no estaba disponible.

Análisis estadístico

La relación entre el radio total del otolito y la longitud del pez se ajustó a un modelo potencial:

$$Y = aX^b$$

siendo a y b los coeficientes de relación entre ambas variables. Para determinar estos coeficientes se ajustó el modelo a la serie de datos transformados en logaritmos. Para ello, se realizó un análisis de regresión lineal utilizando el método de mínimos cuadrados (Zar, 1996):

$$\text{Log}(Y) = \text{Log}(a) + b\text{Log}(X)$$

La longitud del pez fue la variable dependiente (Y) y el radio total las independientes (X), ya que el objetivo es determinar la talla del individuo a edades inferiores a la de captura (Francis, 1990). Para determinar estadísticamente si los residuos tipificados de la regresión variaban con la talla o edad del pez, se comparó la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene ($P \geq 0,05$) (Norušis, 1993), agrupándose las longitudes totales en clases de 4 cm en *Serranus atricauda* y de 2 cm en las otras dos especies.

Una vez establecida la relación entre el crecimiento del otolito y del pez, en cada individuo se tomaron las medidas de los radios de los anillos anuales presentes en el otolito. Posteriormente, a partir de dichos datos, se estimaron las longitudes en las edades correspondientes a cada uno de los anillos (retrocálculo) mediante el método de regresión (Ricker, 1992). Este método parte de una función lineal obtenida por la regresión geométrica media (GMR) de la longitud del pez sobre el radio del otolito. La ecuación geométrica viene expresada por la siguiente expresión matemática (Ricker, 1973, 1975):

$$W = uZ^v$$

siendo

$$v = \frac{+b}{r}$$

donde b es la tasa de alometría de la ecuación radio del otolito-talla del pez y r el coeficiente de dicha regresión, mientras que u se obtiene de la transformación logarítmica de la ecuación W-Z.

Posteriormente, a partir de los datos obtenidos se calculó el valor medio de talla por edad y su desviación típica (Lorenzo, 1992). Estos datos se validaron con los valores medios calculados en las claves talla-edad obtenidos mediante lectura directa de otolitos, empleando para ello la prueba de t de Student ($P \geq 0,05$) de comparación entre dos medias (Zar, 1996).

Finalmente, se obtuvo una curva de crecimiento a partir de los datos de retrocálculo. La comparación de los parámetros de crecimiento entre las regiones estudiadas y los distintos métodos empleados se realizó mediante la prueba de la T^2 de Hotelling (Gordo, 1996) (para más referencias ver Material y Métodos del capítulo VIII).

RESULTADOS

Relación entre la longitud del pez y el radio del otolito

Los resultados de los análisis de regresión indicaron que la talla del pez estuvo bien relacionada con el radio del otolito en todos los casos, salvo en *Serranus scriba* (Tabla X-1 y Figs. X-1 y X-2). En esta especie, el coeficiente de determinación fue inferior a 0,50 en la muestra de Alicante. Por ello, no pareció adecuado utilizar la técnica de retrocálculo en este caso ya que no presenta correlación elevada, lo cual es necesario en esta técnica. En consecuencia, sólo se analizaron los residuos de los datos correspondientes a *S. atricauda* y *S. cabrilla* de ambas zonas geográficas y a *S. scriba* de Canarias.

Tabla X-1. Valores de los parámetros de las relaciones R_c-L_t por especie y área geográfica. a , punto de corte; b , pendiente; $es(b)$, error estándar de b ; n , número de ejemplares; r^2 , coeficiente de determinación.

| Especie | Área | a | b | $es(b)$ | n | r^2 |
|---------------------|----------|--------|--------|---------|-----|--------|
| <i>S. atricauda</i> | Canarias | 1,9908 | 1,2428 | 0,0188 | 510 | 0,8953 |
| | Canarias | 2,6567 | 1,0195 | 0,0232 | 457 | 0,8088 |
| <i>S. cabrilla</i> | Alicante | 2,2308 | 1,1026 | 0,0248 | 231 | 0,8961 |
| | Canarias | 3,6215 | 0,9524 | 0,0288 | 379 | 0,7434 |
| <i>S. scriba</i> | Alicante | 3,3165 | 2,0723 | 0,1669 | 141 | 0,5332 |

En la figura X-3 se representa la longitud del pez frente a los residuos tipificados obtenidos de la regresión L_t-R_t . La prueba estadística de Levene no indicó, en ningún caso, diferencias significativas de la varianza de los residuos con la talla ($P \geq 0,05$). Como consecuencia, no pareció razonable asumir que la familia de las trayectorias individuales de crecimiento sea co-puntual, debido a que no fue evidente establecer un punto común. Para estos casos, el método de la ecuación de regresión parece ser el más apropiado para predecir la longitud del pez a partir del radio del otolito frente a los métodos de proporcionalidad (Ricker, 1992).

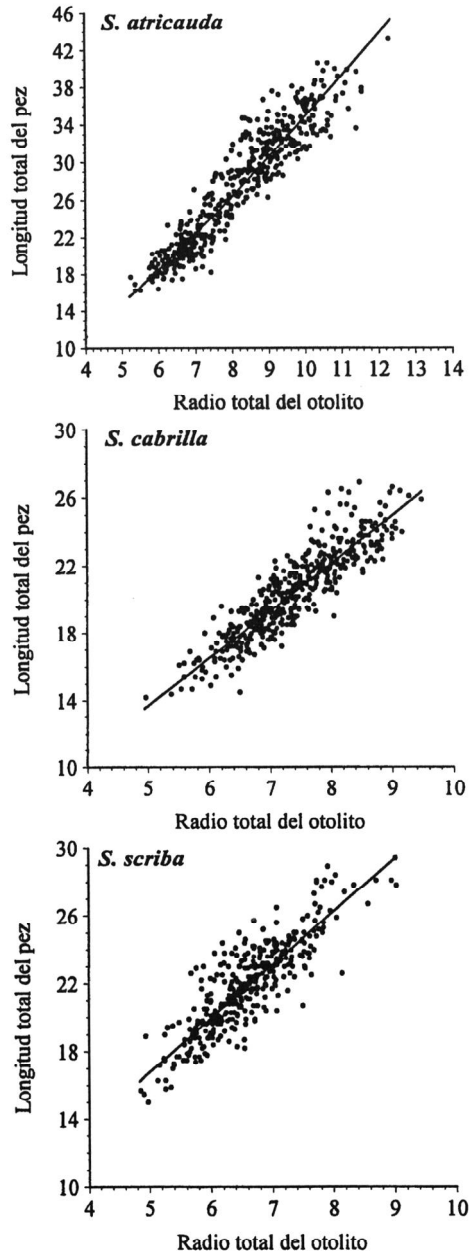


Figura X-1. Relaciones alométricas entre el radio total del otolito (R_c , mm) y la longitud total del pez (L , cm) en las especies procedentes de Canarias.

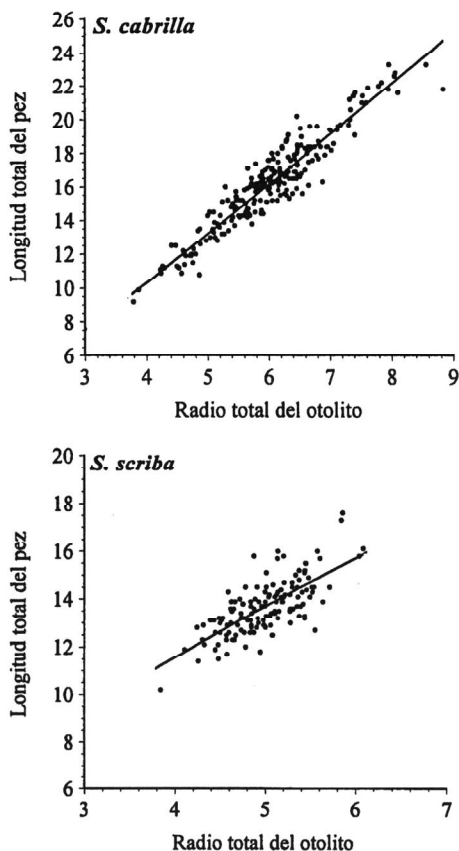


Figura X-2. Relaciones alométricas entre el radio total del otolito (R_o , mm) y la longitud total del pez (L_f , cm) en las especies procedentes de Alicante.

Como se ha comentado anteriormente (ver capítulo VI), el otolito crece de forma alométrica, aumentando en grosor y peso a partir de una cierta talla, por lo que a menudo el radio longitudinal del otolito no parece ser la variable más adecuada para llevar a cabo la técnica de retrocálculo. No obstante, en estos casos se suelen medir los radios en otolitos hasta la edad donde se detecta dicho crecimiento alométrico. En este sentido, los análisis de residuos entre la clase de edad y el radio del otolito, mediante la prueba estadística de Levene ($P < 0,05$), pusieron de manifiesto este hecho a partir de las clases de edad de 10 años en *S. atricauda* de Canarias, 8 y 7 años en *S. cabrilla* de Canarias y Alicante respectivamente, y 8 años en *S. scriba* de Canarias (Fig. X-4).

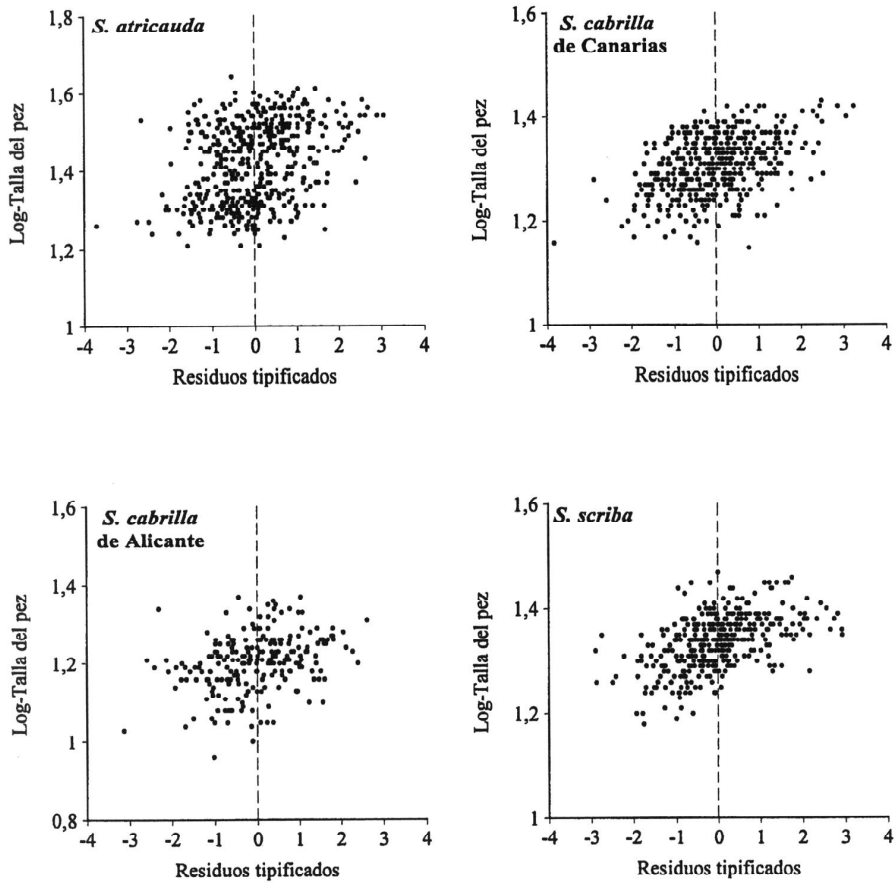


Figura X-3. Relación entre longitud del pez ($\text{Log } L_t$, cm) y los residuos tipificados de la relación R_c-L_t .

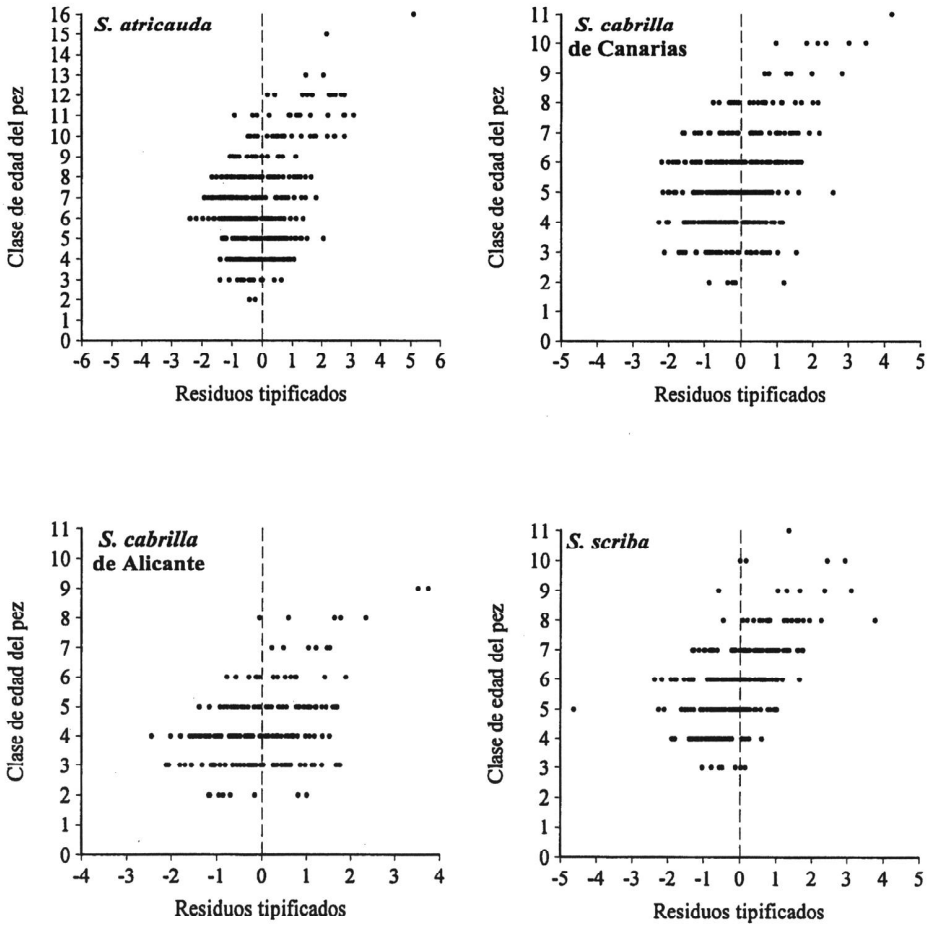


Figura X-4. Relación entre clase de edad del pez (años) y los residuos tipificados de la relación entre el radio del otolito y la clase de edad.

Longitudes a edades pretéritas

Partiendo de las anteriores observaciones, se aplicó el método de regresión (Ricker, 1992) midiendo los anillos hasta la clase de edad de 9 años en *S. atricauda*, 7 y 6 años en *S. cabrilla* de Canarias y Alicante respectivamente, y 7 años en *S. scribea* de Canarias. En las tablas X-2 a X-5 se presenta el valor medio de talla por clase de edad y su desviación típica.

En *S. atricauda* de Canarias, la evolución de los valores medios indica que los individuos de esta especie tiene un crecimiento muy rápido en las primeras fases de su ciclo vital, alcanzando los 9 cm el primer año y alrededor del 50 % de su talla máxima en los 5 primeros años (Tabla X-2).

Tabla X-2. *Serranus atricauda*. Canarias. Talla media (L_t , cm) para cada edad determinada por medio de retrocálculo. n, número de ejemplares.

| Clase de edad | R_1 | R_2 | R_3 | R_4 | R_5 | R_6 | R_7 | R_8 | R_9 | n |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 2 | 9,85 | 13,50 | | | | | | | | 2 |
| 3 | 9,92 | 13,55 | 16,49 | | | | | | | 13 |
| 4 | 9,48 | 13,16 | 16,27 | 19,15 | | | | | | 75 |
| 5 | 9,40 | 12,99 | 16,31 | 19,22 | 21,89 | | | | | 68 |
| 6 | 9,71 | 13,00 | 16,27 | 19,56 | 22,22 | 23,56 | | | | 62 |
| 7 | 8,63 | 12,27 | 15,66 | 18,67 | 21,69 | 24,46 | 27,05 | | | 62 |
| 8 | 8,85 | 12,70 | 16,74 | 19,38 | 22,29 | 24,94 | 27,13 | 29,65 | | 48 |
| 9 | 8,06 | 11,52 | 14,77 | 17,71 | 21,07 | 24,58 | 26,70 | 29,49 | 32,15 | 20 |
| 10 | 9,52 | 12,99 | 16,09 | 18,94 | 22,37 | 25,04 | 27,48 | 30,28 | 33,36 | 24 |
| 11 | 9,51 | 12,37 | 15,56 | 18,12 | 21,20 | 23,39 | 25,94 | 28,61 | 31,08 | 15 |
| 12 | 9,63 | 13,62 | 16,09 | 19,37 | 22,37 | 24,43 | 26,86 | 29,34 | 31,88 | 13 |
| 13 | 8,05 | 10,79 | 14,51 | 18,53 | 22,80 | 25,48 | 28,24 | 31,07 | 33,99 | 2 |
| 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 8,71 | 12,99 | 16,89 | 17,70 | 21,93 | 24,58 | 27,31 | 31,08 | 33,01 | 1 |
| 16 | 8,82 | 12,78 | 16,42 | 17,25 | 21,15 | 23,45 | 26,52 | 29,47 | 32,52 | 1 |
| - | 9,31 | 12,86 | 16,08 | 18,97 | 22,02 | 24,57 | 26,88 | 29,67 | 32,36 | 406 |
| dt | 0,94 | 1,03 | 1,10 | 1,23 | 1,17 | 1,26 | 1,31 | 1,38 | 1,72 | |

En *S. cabrilla* de Canarias, la evolución de los valores medios también indica que los individuos presenta un crecimiento muy rápido en las primeras fases de su ciclo vital, alcanzando los 10 cm el primer año y alrededor del 50 % de su talla máxima en los tres primeros años (Tabla X-3). Por el contrario, los ejemplares de especie en el área mediterránea crece de forma más lenta, alcanzando la mitad de la talla máxima observada a los 3 años (Tabla X-4).

Por último, los individuos de *S. scriba* en Canarias son los que más rápido crece durante el primer año de vida, alrededor de 12 cm, consiguiendo el 50 % de su talla máxima a los 2 años (Tabla X-5).

Tabla X-3. *Serranus cabrilla*. Canarias. Talla media (L_t , cm) por clase de edad determinada mediante retrocálculo. n, número de ejemplares.

| Clase de edad | R_1 | R_2 | R_3 | R_4 | R_5 | R_6 | R_7 | n |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 2 | 8,93 | 12,21 | | | | | | 5 |
| 3 | 9,93 | 13,11 | 15,37 | | | | | 34 |
| 4 | 9,69 | 12,55 | 15,34 | 17,32 | | | | 87 |
| 5 | 10,02 | 12,65 | 15,08 | 17,10 | 18,80 | | | 87 |
| 6 | 9,93 | 12,32 | 14,99 | 17,28 | 18,90 | 20,27 | | 73 |
| 7 | 9,78 | 12,21 | 14,72 | 16,81 | 18,59 | 20,38 | 21,80 | 48 |
| 8 | 9,96 | 12,58 | 15,03 | 16,99 | 18,77 | 20,56 | 22,04 | 22 |
| 9 | 9,93 | 12,67 | 14,88 | 16,95 | 18,74 | 20,55 | 21,93 | 7 |
| 10 | 9,66 | 12,12 | 14,05 | 16,25 | 18,19 | 20,41 | 21,79 | 6 |
| 11 | 9,89 | 12,72 | 14,98 | 17,01 | 18,56 | 20,46 | 21,89 | 1 |
| | 9,85 | 12,55 | 15,07 | 17,10 | 18,76 | 20,41 | 21,91 | 370 |
| dt | 0,68 | 0,75 | 0,86 | 0,82 | 0,70 | 0,73 | 0,73 | |

Tabla X-4. *Serranus cabrilla*. Alicante. Talla media (L_t , cm) por clase de edad determinada mediante retrocálculo. n, número de ejemplares.

| Clase de edad | R_1 | R_2 | R_3 | R_4 | R_5 | R_6 | n |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 2 | 6,10 | 9,10 | | | | | 8 |
| 3 | 5,56 | 8,91 | 12,21 | | | | 43 |
| 4 | 6,04 | 8,91 | 12,39 | 15,14 | | | 78 |
| 5 | 5,45 | 8,91 | 12,76 | 14,80 | 16,78 | | 48 |
| 6 | 5,74 | 8,72 | 12,66 | 15,11 | 16,99 | 18,69 | 15 |
| 7 | 5,38 | 9,10 | 12,86 | 15,53 | 17,83 | 19,98 | 6 |
| 8 | 6,10 | 9,45 | 11,86 | 14,23 | 16,78 | 18,69 | 5 |
| 9 | 5,02 | 10,07 | 12,46 | 15,23 | 18,05 | 19,97 | 2 |
| | 5,73 | 8,98 | 12,50 | 15,10 | 17,04 | 19,12 | 205 |
| dt | 0,52 | 0,48 | 0,54 | 0,63 | 0,71 | 0,96 | |

Tabla X-5. *Serranus scriba*. Canarias. Talla media (L_t , cm) por clase de edad determinada mediante de retrocálculo. n, número de ejemplares.

| Clase de edad | R_1 | R_2 | R_3 | R_4 | R_5 | R_6 | n |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 3 | 11,57 | 14,98 | 16,85 | | | | 7 |
| 4 | 11,18 | 14,19 | 16,68 | 18,67 | | | 36 |
| 5 | 11,34 | 14,63 | 16,73 | 18,45 | 20,03 | | 67 |
| 6 | 12,45 | 16,37 | 18,51 | 20,63 | 22,13 | 23,47 | 80 |
| 7 | 11,44 | 14,81 | 17,18 | 19,02 | 20,83 | 22,23 | 58 |
| 8 | 11,66 | 14,50 | 17,29 | 18,82 | 20,64 | 21,54 | 22 |
| 9 | 10,69 | 14,51 | 16,99 | 18,82 | 20,64 | 21,84 | 6 |
| 10 | 11,56 | 14,90 | 17,25 | 19,05 | 20,96 | 22,10 | 4 |
| 11 | 11,34 | 15,75 | 18,21 | 19,43 | 20,64 | 21,84 | 1 |
| | 11,60 | 15,02 | 17,39 | 19,22 | 20,96 | 22,59 | 281 |
| dt | 1,03 | 1,22 | 1,28 | 1,31 | 1,35 | 1,72 | |

Validación

En *S. atricauda* de Canarias se detectaron disimilitudes significativas en todos los casos, excepto en la clase de edad de 9 años. Sin embargo, en algunos casos esta diferencia matemática no es tan real (p.e., clases de edad de 4 y 5 años), ya que el análisis está influenciado por la variación tan elevada que producen ambos métodos en el error de la media. Entre los valores otorgados por ambos métodos, hay que considerar más correctos los obtenidos por retrocálculo, ya que la disminución anual en el crecimiento es más coherente, sobre todo entre las clases de edad de 5 y 6 años (Tabla X-6).

En *S. cabrilla* de Canarias y Alicante se observó que las diferencias entre las tallas observadas y calculadas fueron muy parecidas, no siendo significativas a partir de las clases de edad de 7 y 5 años, respectivamente. No obstante, a excepción de los primeros años, la media de ambas variables tomó valores similares con diferencias inferiores al centímetro (Tablas X-7 y X-8).

Tabla X-6. *Serranus atricauda*. Canarias. Comparación entre las tallas medias (L_t , cm) obtenidas por observación directa de otolitos y por retrocálculo. *, diferencias significativas.

| Clase de edad | Talla observada | Talla calculada | Diferencia | t-Student |
|---------------|-----------------|-----------------|------------|-----------|
| 2 | 16,5 | 12,9 | 3,6 | 7,32* |
| 3 | 17,4 | 16,1 | 1,3 | 5,17* |
| 4 | 19,5 | 19,0 | 0,5 | 3,23* |
| 5 | 21,5 | 22,0 | -0,5 | 2,15* |
| 6 | 26,2 | 24,6 | 1,6 | 5,13* |
| 7 | 29,4 | 26,9 | 2,5 | 8,71* |
| 8 | 31,2 | 29,7 | 1,5 | 4,38* |
| 9 | 32,8 | 32,4 | 0,4 | 0,97 |

Tabla X-7. *Serranus cabrilla*. Canarias. Comparación entre las tallas medias (L_t , cm) obtenidas por observación directa de otolitos y por retrocálculo. *, diferencias significativas.

| Clase de edad | Talla observada | Talla calculada | Diferencia | t-Student |
|---------------|-----------------|-----------------|------------|-----------|
| 2 | 15,0 | 12,6 | 2,4 | 7,23* |
| 3 | 16,3 | 15,1 | 1,2 | 5,41* |
| 4 | 17,8 | 17,1 | 0,7 | 5,14* |
| 5 | 19,5 | 18,8 | 0,7 | 4,78* |
| 6 | 20,8 | 20,4 | 0,4 | 2,39* |
| 7 | 22,1 | 21,9 | 0,2 | 1,07 |

Tabla X-8. *Serranus cabrilla*. Alicante. Comparación entre las tallas medias (L_t , cm) obtenidas por observación directa de otolitos y por retrocálculo. *, diferencias significativas.

| Clase de edad | Talla observada | Talla calculada | Diferencia | t-Student |
|---------------|-----------------|-----------------|------------|-----------|
| 2 | 10,9 | 9,0 | 1,9 | 4,51* |
| 3 | 12,6 | 12,5 | 0,1 | 0,50 |
| 4 | 15,6 | 15,1 | 0,5 | 3,72* |
| 5 | 16,9 | 17,0 | -0,1 | 0,79 |
| 6 | 19,4 | 19,1 | 0,3 | 0,87 |

En *S. scribe* de Canarias se observó que las diferencias entre las tallas observadas y calculadas fueron muy parecidas. No obstante, las variaciones matemáticas encontradas se deben a que el análisis está influenciado por la variación tan elevada que producen ambos métodos en el error de la media. Así, a partir de la clase de edad de 4 años los valores medios de ambas variables fueron muy similares con diferencias inferiores al centímetro (Tablas X-9).

Tabla X-9. *Serranus scribe*. Canarias. Comparación entre las tallas medias (L_t , cm) obtenidas por observación directa de otolitos y por retrocálculo. *, diferencias significativas.

| Clase de edad | Talla observada | Talla calculada | Diferencia | t-Student |
|---------------|-----------------|-----------------|------------|-----------|
| 3 | 15,7 | 17,3 | -1,6 | 4,38* |
| 4 | 18,2 | 19,2 | -1,0 | 5,53* |
| 5 | 20,1 | 20,9 | -0,8 | 4,57* |
| 6 | 22,1 | 22,5 | -0,4 | 2,26* |

Curvas de crecimiento

Dado que, a partir de determinadas edades, las tallas medias obtenidas con la técnica de retrocálculo fueron similares a las dadas mediante lectura directa del otolito, los parámetros de crecimiento se obtuvieron considerando las longitudes calculadas por retrocálculo antes de tales edades y considerando las tallas medias de la lectura directa de otolitos a partir de dichas edades (“método de medias”). Además, también se consideró oportuno calcular los parámetros de crecimiento con el aporte de tallas de ejemplares de clases de edad inexistentes o mal representadas en la muestra original (“método mixto”). En la Tabla X-10 se dan los valores obtenidos por ambos métodos, así como los valores otorgados mediante lectura directa de otolitos (“método directo”) en el capítulo VIII.

Los nuevos métodos empleados proporcionaron valores de r^2 superiores a 0,90, lo que indicó un ajuste satisfactorio de los datos con dichas metodologías. Además, este estadístico mejoró de forma sustancial respecto a la correlación obtenida mediante lectura de otolitos, sobre todo en *S. scribe* cuyo valor era el peor de los obtenidos ($r^2 = 0,778$), pasando a $r^2 = 0,917$ (“método mixto”) y $r^2 = 0,989$ (“método de medias”).

Tabla X-10. Valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy obtenidos mediante aplicación de los métodos de medias, mixto y directo para cada especie y área geográfica. A, Alicante; C, Canarias; *es*, error estándar; *k*, constante de crecimiento (años⁻¹); *L_∞*, longitud total asintótica (cm); *n*, número de ejemplares; *r*², coeficiente de determinación; *t₀*, edad que tendrí a el pez a la longitud 0 (años).

| Especie | Área | Método | <i>L_∞</i> (<i>es</i>) | <i>k</i> (<i>es</i>) | <i>t₀</i> (<i>es</i>) | <i>r</i> ² | <i>n</i> |
|---------------------|------|---------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------|
| <i>S. atricauda</i> | C | Medias | 52,257 (4,038) | 0,092 (0,016) | -1,053 (0,372) | 0,989 | 15 |
| | | Mixtos | 49,518 (1,650) | 0,111 (0,007) | -0,762 (0,105) | 0,935 | 490 |
| | | Directo | 43,875 (1,531) | 0,160 (0,016) | 0,158 (0,231) | 0,871 | 406 |
| <i>S. cabrilla</i> | C | Medias | 28,141 (1,170) | 0,178 (0,024) | -1,354 (0,305) | 0,992 | 11 |
| | | Mixto | 27,388 (0,594) | 0,214 (0,014) | -1,101 (0,127) | 0,902 | 430 |
| | | Directo | 34,135 (3,964) | 0,101 (0,030) | -3,630 (0,954) | 0,760 | 370 |
| | A | Medias | 27,935 (1,374) | 0,186 (0,022) | -0,176 (0,146) | 0,997 | 9 |
| | | Mixto | 25,901 (0,848) | 0,238 (0,017) | 0,067 (0,071) | 0,937 | 250 |
| | | Directo | 31,960 (3,582) | 0,133 (0,032) | -1,083 (0,406) | 0,839 | 205 |
| <i>S. scriba</i> | C | Medias | 41,401 (6,747) | 0,082 (0,028) | -3,342 (0,813) | 0,989 | 11 |
| | | Mixto | 34,177 (1,757) | 0,125 (0,015) | -2,504 (0,238) | 0,917 | 360 |
| | | Directo | 33,131 (2,564) | 0,145 (0,034) | -1,741 (0,693) | 0,778 | 281 |

En *S. atricauda* de Canarias el análisis comparativo de los tres métodos mostró diferencias entre la lectura directa de otolitos y los otros dos (Tabla X-11 y Fig. X-5). Ello es debido a la ausencia de ejemplares pequeños, cuya incorporación modificó sustancialmente los parámetros de crecimiento. El método directo infravaloró la longitud asintótica y sobreestimó la constante de crecimiento. Hay que señalar también que los parámetros de crecimiento calculados mediante el método de medias y el mixto proporcionaron resultados similares; sin embargo, el error medio de cada uno de los parámetros fue menor con el método mixto.

En *S. cabrilla* de Canarias y Alicante el método directo sobreestimó la longitud asintótica e infravaloró la constante de crecimiento (Tabla X-12 y Fig. X-5). En la muestra atlántica, el análisis comparativo de los tres métodos indicó desigualdades entre el método directo y los otros dos. Por el contrario, en la muestra mediterránea, los tres métodos fueron significativamente diferentes, si bien existió más semejanza entre los valores otorgados por el método de medias y mixto. En ambos casos, la introducción de datos de ejemplares pequeños

modificó los parámetros de crecimiento, observándose que el valor de la longitud asintótica se acercó mucho a la longitud máxima observada. De igual manera que en *S. atricauda*, el error medio de cada uno de los parámetros fue menor con el método mixto.

En *S. scribe* de Canarias el análisis comparativo de los tres métodos puso de manifiesto diferencias entre el método de medias y los otros dos (Tabla X-13 y Fig. X-5). El primer método sobreestimó la longitud asintótica e infravaloró la constante de crecimiento. Los valores de crecimiento calculados mediante el método directo y mixto proporcionaron resultados similares; sin embargo, el error medio de cada uno de los parámetros fue menor con el método mixto.

Tabla X-11. *Serranus atricauda*. Canarias. Comparación de los parámetros de crecimiento de los tres métodos empleados mediante la prueba de la T^2 de Hotelling. ns, no significativo; *, significativo.

| | Medias | Mixto | Directo |
|---------|--------|-------|---------|
| Medias | - | ns | * |
| Mixto | | - | * |
| Directo | | | - |

Tabla X-12. *Serranus cabrilla*. Comparación de los parámetros de crecimiento de los tres métodos empleados mediante la prueba de la T^2 de Hotelling. ns, no significativo; *, significativo.

| Área | | Medias | Mixto | Directo |
|----------|---------|--------|-------|---------|
| Canarias | Medias | - | ns | * |
| | Mixto | | - | * |
| | Directo | | | - |
| Alicante | Medias | - | * | * |
| | Mixto | | - | * |
| | Directo | | | - |

Tabla X-13. *Serranus scriba*. Canarias. Comparación de los parámetros de crecimiento de los tres métodos empleados mediante la prueba de la T^2 de Hotelling. ns, no significativo; *, significativo.

| | Medias | Mixto | Directo |
|---------|--------|-------|---------|
| Medias | - | * | * |
| Mixto | | - | ns |
| Directo | | | - |

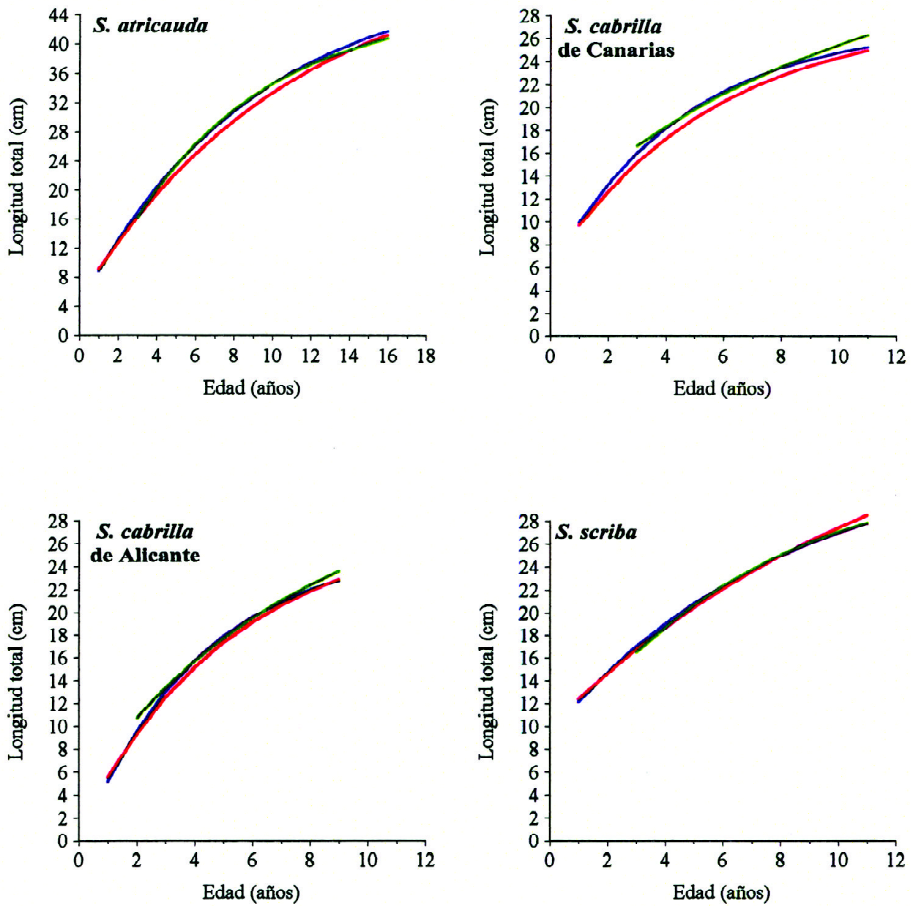


Figura X-5. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy ajustadas por los tres métodos empleados. Línea roja, método de medias; azul, método mixto; verde, método directo.

DISCUSIÓN

La técnica de retrocálculo constituye un procedimiento fundamental en los estudios de crecimiento en osteictios ya que permite ajustar mejor las curvas (Francis, 1990), o bien estimar directamente los parámetros de crecimiento (Morales-Nin, 1984; Piñeiro y Hunt, 1989; Lorenzo, 1992; Lorenzo *et al.*, 1995; Serafim y Krug, 1995). Sin embargo, no parece ser un procedimiento muy bien entendido debido a que numerosos aspectos no se tienen en consideración (Francis, 1990, 1995).

Lo primero que debe de analizarse con detenimiento es el tipo de relación entre el radio del otolito y la longitud del pez, ya que ésta determinará el modelo matemático a aplicar (Lorenzo, 1992; Esteves *et al.*, 1997). Dos factores influyen directamente en dicha relación: a) el crecimiento alométrico que se puede presentar entre el radio del otolito y la talla del pez (Isidro, 1996) y, b) la presencia en las muestras de ejemplares de crecimiento lento (con otolitos más pesados) e individuos de crecimiento rápido (con otolitos más largos) (Francis *et al.*, 1993). El primer factor provoca heteroscedasticidad en la distribución de los datos a partir de una cierta edad, por lo que debe seleccionarse un subconjunto de datos que se distribuyan de forma más homogénea (Isidro, 1996). Mientras que el segundo factor repercute en las trayectorias individuales de cada pez, de tal forma que la asunción de que todas son co-puntuales es difícil de aceptar (Eknath y Doyle, 1985; Heidinger y Clodfelter, 1987; Francis, 1995); en cuyo caso, para poder aplicar la técnica de retrocálculo, parece más apropiado emplear la ecuación de regresión geométrica más que un método proporcional (Ricker, 1992).

En nuestro caso, las especies objeto de estudio presentaron ambos inconvenientes. No obstante, la aplicación de las recomendaciones anteriores proporcionó valores de tallas medias similares (inferiores a un centímetro) a las observadas, e incluso permitió eliminar cierto grado de error en la clave talla-edad. En concreto, en *Serranus atricauda* se había detectado un incremento de la talla media entre las edades clases de edad 5 y 6 años muy elevado con respecto a los años anteriores y posteriores a dichas edades, pudiendo ser rectificadas dichas tallas gracias a este estudio.

El conocimiento de los primeros años de vida de una especie es fundamental, ya que representa el período de crecimiento más rápido después del cual el patrón de crecimiento cambia considerablemente. Como consecuencia, se suelen obtener tasas de crecimiento más lentas cuando la curva de crecimiento se calcula solamente con las clases de edad reclutadas en la pesquería (Ferreira y Russ, 1994). Sin embargo, en *S. atricauda* y *S.*

scriba la introducción de ejemplares pequeños no produjo este efecto, si no que los valores de la tasa de crecimiento bajaron. La razón de esta circunstancia se debe a la escasez de ejemplares de edades elevadas y a la ausencia de un marcado comportamiento asintótico de los datos. Por ello, la curva tiende a ajustarse en edades pequeñas y medianas, produciéndose un aumento de la longitud asintótica que no puede ser compensado por los valores de las edades superiores. Por otro lado, la ausencia de individuos pequeños provoca que los intervalos de confianza de los parámetros de crecimiento sean muy amplios y, en consecuencia, la comparación del crecimiento entre áreas o stocks resulta dificultosa. De ahí la importancia que presenta la planificación de los muestreos, los cuales deben albergar en la medida de lo posible tallas pequeñas y grandes. No obstante, los parámetros de crecimiento pueden usarse restringiéndose el rango de edad analizado, en cuyo caso puede darse un intervalo para cada uno de los parámetros (Esteves *et al.*, 1997).

En cualquier caso, los resultados obtenidos con el “método de medias” o “mixto” ponen de manifiesto que las especies estudiadas de Canarias crecen de forma lenta, lo cual es debido al crecimiento continuo que presentan durante todo el año. No obstante, es preciso subrayar que de los métodos empleados, el método “mixto” proporcionó los valores más bajos de error medio en cada uno de los parámetros, mientras que en el modelo de “medias” la dispersión fue mayor en *S. atricauda* y *S. scriba*. A la vista de lo expuesto, cabe indicar que los parámetros obtenidos con la combinación de la técnica de retrocálculo y la lectura directa de otolitos (modelo mixto) son más fiables y, por tanto, los más adecuados para representar el crecimiento de las especies objeto de estudio.

Con la aplicación del retrocálculo, se comprobó que *S. scriba* es la especie que crece más rápido durante el primer año de vida (cerca de los 12 cm L_t). En este sentido, Abdel-Aziz (1991), aplicando dicha técnica en escamas de esta especie, observó un crecimiento distinto en aguas del Mediterráneo suroriental (Egipto) (L_{∞} = 33,18 cm L_t , k = 0,22 años⁻¹ y t_0 = -1,02 años), aunque, al igual que en Canarias, alcanzando cerca de 60 % de su talla máxima a los dos años de vida. Bouain (1981), también mediante retrocálculo en escamas, puso de manifiesto el incremento tan elevado que se produce durante los primeros años (cerca del 50 % el primer año de vida), aunque detectó un crecimiento más lento en esta especie en aguas de la costa de Túnez (L_{∞} = 22,44 cm L_s , k = 0,16 años⁻¹ y t_0 = -1,36 años). Indistintamente de la estructura dura (escamas u otolitos) utilizada para aplicar la técnica de retrocálculo, los resultados sugieren que la tasa de crecimiento difiere sustancialmente entre regiones, siendo el crecimiento

más lento en Canarias.

Por otra parte, tanto *S. atricauda* como *S. cabrilla* presentan un crecimiento muy similar durante los dos primeros años de vida. En *S. atricauda* de las islas Azores, Costa *et al.* (1998) utilizaron métodos proporcionales (Dahl-Lea y Fraser-Lee en Francis (1990)), para obtener los parámetros de crecimiento y compararlos con los proporcionados por lectura directa de otolitos, concluyendo que ambos métodos aportan valores de crecimiento diferentes ($L_{\infty} = 44,97$ cm L_t , $k = 0,18$ años⁻¹ y $t_0 = 0,72$ años mediante retrocálculo; $L_{\infty} = 51,82$ cm L_t , $k = 0,12$ años⁻¹ y $t_0 = -1,98$ años mediante lectura directa de otolitos). Sin embargo, estos autores no realizaron un estudio de la relación entre el radio del otolito y la longitud del pez, por lo que el empleo de los métodos proporcionales fue aleatorio. No obstante, sus resultados ponen de manifiesto que durante los primeros años de vida es cuando más crecen los ejemplares (un 50 % en los tres primeros años). Independientemente del método aplicado, los resultados sugieren que los parámetros son parecidos, aunque la tasa de crecimiento es más lenta en Canarias.

En *S. cabrilla*, Bouain (1981), mediante retrocálculo en escamas, señaló el aumento tan prominente que se lleva a cabo en los primeros años del ciclo vital (cerca del 50 % los dos primeros años), aunque la tasa de crecimiento en Canarias es mayor que en aguas de Túnez ($L_{\infty} = 31,85$ cm L_s , $k = 0,10$ años⁻¹ y $t_0 = -1,48$ años). Ello se debe al valor tan alto de la longitud asintótica en esta zona, lo que provoca un descenso de la tasa de crecimiento. Sin embargo, dado que los datos son de principios de la década de los 80, es posible que la intensa actividad pesquera que se ha llevado a cabo en el Mediterráneo durante estas dos últimas décadas haya influido en el crecimiento de los individuos, de tal manera que los parámetros actuales sean más semejantes a los obtenidos en este estudio para Alicante, tal como se ha observado en diversas especies demersales (Esteves *et al.*, 1997). En tal caso, al igual que ocurre en *S. scriba*, los ejemplares de esta especie crecen más rápido en el Mediterráneo que en el Atlántico, presentando diferencias significativas en el crecimiento ($T_v^2 > x^2$).

Finalmente, de los resultados se deduce que la especie que mayor longitud asintótica alcanza (*S. atricauda*) presenta la tasa de crecimiento más lenta, mientras que la menor (*S. cabrilla*) crece de forma más rápida. Bouain (1981) llegó a la misma conclusión en un estudio sobre *S. cabrilla*, *S. hepatus* y *S. scriba*, aunque los parámetros de crecimiento de las especies comunes a este estudio son diferentes.

En consecuencia, la aplicación de la técnica de retrocálculo es fundamental en estudios sobre crecimiento de osteictios (Lorenzo, 1992),

más aun cuando las muestras carecen de ejemplares juveniles. Además, el patrón de crecimiento es similar a los observados en otras especies demersales (Caddy, 1988; Pajuelo, 1997; Labropoulou *et al.*, 1998), pues los primeros años constituyen la etapa de crecimiento más rápido.

CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

1ª. Las especies del género *Serranus* que se encuentran en aguas del archipiélago canario presentan distinto crecimiento en longitud, siendo *S. atricauda* la especie que alcanza tallas mayores y *S. cabrilla* menores. Por el contrario, en la región alicantina *S. cabrilla* es más grande que su congénere *S. scriba*. Por consiguiente, la comparación de las tallas muestreadas de *S. cabrilla* y *S. scriba* entre las poblaciones del Atlántico y Mediterráneo pone de manifiesto la disimilitud en el crecimiento existente entre ambas zonas.

2ª. Las relaciones talla-peso y talla-peso eviscerado indican que el peso presenta alometría positiva en *S. atricauda* y *S. scriba* de Canarias, isometría en *S. scriba* de Alicante y alometría negativa en *S. cabrilla* de ambas zonas. Ello sugiere que, en general, el coeficiente de alometría suele estar cercano a 3,00 ó ser superior en las especies del género *Serranus*, y que puede ser una característica extensiva a otras especies de la familia Serranidae.

3ª. En las muestras de Canarias, los índices de condición surgidos de la relación talla-peso no son indicativos de los cambios metabólicos que tienen lugar en las especies debido, fundamentalmente, a que éstas no presentan grandes variaciones en la dieta durante el ciclo anual. Sin embargo, en las muestras del Mediterráneo, y en particular en *S. cabrilla*, dichos índices muestran cambios en la tasa metabólica que pueden estar en relación con la disponibilidad de alimento en el medio.

4ª. La morfología del otolito de las especies del género *Serranus* es específica, si bien los otolitos presentan características comunes, tales como: grosor medio, forma oblonga o fusiforme, *sulcus* de tipo heterosulcoide, *colliculum* heteromorfo, *ostium* alargado y estrecho, *cauda* con una inflexión ventral posterior, *crista* superior ausente o poco desarrollada a partir de la inflexión de la *cauda*, distancia de la constricción constante, depresión oval en el área dorsal, canalículo recorriendo el borde del área ventral, *antirostrum* presente o no, y *excisura* moderadamente ancha.

5^a. La forma del otolito es una característica que puede estar ligada al hábitat de la especie, observándose el *sulcus* más estrecho, y el *rostrum* y *ostium* más largos en la especie más somera, *S. scribea*; mientras que la *sagitta* tiene el *rostrum* más corto y la *cauda* más grande y ancha en la especie más profunda, *S. cabrilla*.

6^a. Los parámetros de forma de la *sagitta* permiten identificar los cambios morfológicos que tienen lugar en dicha estructura en relación con la talla del pez, mostrándose muy útiles para estudios taxonómicos.

7^a. La combinación de los análisis morfométricos del otolito y de sus parámetros de forma permitió separar las poblaciones del Atlántico y del Mediterráneo, pero no determinó la existencia de diferencias entre los ejemplares de distintas islas de Canarias. No obstante, dados los problemas que pueden surgir con estos métodos, es recomendable que los estudios de identificación de stocks cuenten con las más variadas metodologías de estudio para que la conclusión final sea lo más acertada posible.

8^a. La identificación de las marcas de crecimiento en el otolito a partir de otolitos enteros teñidos con ninhidrina constituye el mejor método investigado por nosotros para determinar la edad en las especies objeto de estudio.

9^a. El patrón de crecimiento en los ejemplares de las especies del género *Serranus* de Canarias sigue un modelo similar al descrito para especies tropicales, observándose un crecimiento más o menos continuado a lo largo del año. Sin embargo, los individuos de dichas especies se comportan de forma diferente en el Mediterráneo, observándose períodos notorios de crecimiento lento (septiembre-febrero) y rápido (marzo-julio).

10^a. Los factores exógenos que regulan el crecimiento de las poblaciones del Atlántico y Mediterráneo son probablemente distintos, siendo la reproducción en el caso de los stocks de Canarias y muy posiblemente la disponibilidad de alimento en los de Alicante.

11^a. La especie más longeva y con mayor actividad de crecimiento es *S. atricauda* que alcanza los 16 años de clase de edad. Tanto *S. cabrilla* como *S. scribea* llegan hasta la clase de 11 años en Canarias, la clase de 10 y 7 años, respectivamente, en Alicante.

12^a. El peso del otolito resultó ser la variable que mejor se relaciona con la edad del pez, presentando crecimiento continuado e independiente de la longitud del pez. Además, se ha puesto de manifiesto que en muchas especies existe una tendencia a infravalorar la edad con el peso del otolito, en cuyo caso es necesario fragmentar los datos y diferenciar una submuestra de crecimiento rápido y otra de crecimiento lento, tal como ocurrió en *S. atricauda*.

13^a. Las especies objeto de estudio presentan un crecimiento muy elevado durante los dos primeros años de vida (50 % de la talla máxima observada), constituyendo la etapa de crecimiento más rápido del ciclo vital.

14^a. El crecimiento alométrico entre el radio del otolito y la talla del pez, así como la presencia en las muestras de ejemplares de crecimiento lento (con otolitos más pesados) e individuos de crecimiento rápido (con otolitos más largos), son factores condicionantes de la metodología a emplear en el retrocálculo. No obstante, los resultados derivados de dicha técnica indican que, a partir de una cierta edad, las tallas medias obtenidas mediante lectura directa del otolito son similares a las calculadas por retrocálculo. La discrepancia en edades más pequeñas es debido a la ausencia de ejemplares o a la falta de representatividad muestral de dichas edades.

15^a. Los parámetros de crecimiento obtenidos con la combinación de la técnica de retrocálculo y la lectura directa de otolitos (modelo “mixto”) proporcionaron los valores más realistas, siendo por tanto los más adecuados para representar el crecimiento de las especies objeto de estudio.

16^a. De los diferentes análisis empleados para comparar el crecimiento de una especie entre áreas se deduce que: a) el índice de actividad de crecimiento (\ddot{O}) no es válido para dicho fin y, b) la prueba de la T^2 de Hotelling, la comparación de las tallas medias por edad y el incremento medio absoluto por edad son buenos métodos en la identificación de desigualdades entre parámetros de crecimiento.

17^a. El estudio comparativo de los parámetros de crecimiento entre Canarias y Alicante en *S. cabrilla* indica que los individuos de esta especie crece más lentamente y alcanza una longitud asintótica mayor en Canarias. Este hecho, unido a la disimilitud en la forma de crecimiento del otolito, a las diferencias significativas encontradas en las relaciones alométricas entre las

dimensiones del otolito y en las relaciones longitud del pez-dimensión del otolito, a la discordancia entre los factores que regulan el crecimiento y a la desigualdad del crecimiento del peso del otolito con la edad, permite concluir sin lugar a dudas que existe crecimiento diferencial entre ambas poblaciones.

18^a. El estudio comparativo de los parámetros de crecimiento entre Canarias y Alicante en *S. scribea* indica que los individuos de esta especie crece más lentamente y alcanza una longitud asintótica mayor en Canarias. Este hecho, junto a la disimilitud en la forma de crecimiento del otolito y a las diferencias significativas encontradas en las relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito, permite concluir sin lugar a error que existe crecimiento diferencial entre ambas poblaciones.

19^a. Y por último, el estudio comparativo de los parámetros de crecimiento de las especies del género *Serranus* en Canarias pone de manifiesto que la especie con mayor longitud asintótica (*S. atricauda*) presenta la tasa de crecimiento más lenta, mientras que la especie con menor longitud asintótica (*S. cabrilla*) crece de forma más rápida.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Esta Memoria constituye el trabajo de siete años de mi vida dedicado, en cuerpo y alma, a la investigación. A las personas que me han ayudado nunca podré agradecerles todo lo que se merecen. Gracias.

A los primeros que tengo que dar las gracias son a los que me han soportado durante este tiempo: Pepe y Nacho, directores de esta Tesis. A Pepe, que me tuvo físicamente todo el tiempo, le quisiera agradecer su apoyo y confianza en mi trabajo. A Nacho, quien más ha padecido mi famosa frase: ¿puedo hacer una pregunta?, fue mi “profe” y quien me introdujo en este mundo, lo que pone de manifiesto que tiene buen ojo. Espero que ambos os sintáis tan orgullosos de esta Tesis como yo lo estoy.

Mi agradecimiento al Instituto Canario de Ciencias Marinas (antes Centro de Tecnología Pesquera) y a sus directores (Prudencio Guzmán y Octavio Llinás) por permitirme realizar esta investigación en sus dependencias, así como a la Dirección General de Universidades e Investigación del Gobierno de Canarias que subvencionó este trabajo a través de una beca predoctoral y a la Comisión de las Comunidades Europeas que también subvencionó parcialmente esta investigación con el proyecto D.G. XIV/C/1992/7.

A todos los miembros del Instituto Canario de Ciencias Marinas (Pepe Ignacio, Valencia, Chano, Pipo, Nieves, M^a José, Carmen, Lorenzo, Miguel, Elena, Tito, Antonio, Pepín, Calderín, Juan, los chicos duros, las chicas limpias,) porque de una manera u otra han ayudado a que este trabajo se llevara a cabo. En especial, a los becarios (los que están y los que se “fueron”) que trabajan diariamente y que han contribuido a levantar este Centro.

A todas las personas que dí la lata por mil cosas y que me han auxiliado, orientado, apoyado y criticado, pero siempre enriqueciendo. Gracias al Dr. Alberto Brito Hernández (Catedrático del Departamento de Biología Animal de la Universidad de La Laguna), Dra. Beatriz Morales-Nin (Investigadora del CSIC en Palma de Mallorca), Dr. José María Lorenzo Nespereira (Profesor

Titular Interino del Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria), Dr. Mario Sendra (Profesor Titular del Departamento de Estadística de la Universidad de Valencia) y Dr. Eduardo Balguerías (Investigador del IEO de Tenerife). A todos ellos muchas gracias.

A Paco y Chano, maestros dónde los haya, siempre me enseñaron y me seguirán enseñando cosas del trabajo y de la vida.

A Pepe “el torero” quién me aleccionó sobre la preparación y montaje de los otolitos, proporcionándome todo lo necesario e incluso lo innecesario

A los miembros de la Unidad de Morfología Microscópica del Departamento de Biología Animal de la Universidad de Valencia por muchas cosas. A Asún, quién me soportó durante mes y medio, mostrando su buen humor en los momentos difíciles. Y en especial a M^a José y a Pepe: ella me acogió como uno más del Departamento. De Pepe, diga lo que diga, siempre será poco e injusto; sufrimos, aprendimos y casi rompemos los ordenadores, pero vencimos. Gracias, sin tu ayuda esta Tesis no sería la misma.

A los componentes del Servicio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Valencia por su asistencia técnica, en especial a Pilar y Tomás por sus consejos y tratarme tan bien.

A todos mis amigos porque ellos han sufrido como nadie este parto. Abrazos y besos a Giuseppe, Esther (y familia), Emi, Serge, Manolo, Mada, Joan, ... y por supuesto a “Pachi” la chica más dura que he conocido al oeste del río Pecos, que te vaya bonito.

A Jesús M. Falcón, chicharrón donde los haya, me facilitó las fotos de este trabajo y con él he compartido horas matemáticas muy interesantes junto a chistes muy malos.

A los chicos de la pescadería “Mercamar” (Tomás, Juan, ...) que tantas muestras me facilitaron de forma desinteresada. A Sasá, por la recolección y almacenamiento de muestras en La Graciosa.

De mis padres y hermanos que voy a decir. Me fui a dar una vuelta y llevo ocho años fuera de casa. Me he perdido todo, pero espero recuperar el tiempo, sobre todo con los pitufitos de la familia (Laura, Andrea y Jaume) que casi no me conocen. Gracias por vuestro apoyo incondicional y en especial a mis padres gracias por el desliz de una noche de verano.

A mi amiga Amparín que me vio crecer y que tantas buenas horas hemos pasado juntos ... lucha.

A mi segunda familia, que tanto padecen con lo que les ha caído encima

... yo. A todo ellos un besazo.

A mis más fieles amigos: Kim “Chuvaca”, mi perro con el que pasado tantas horas hablándole de mi Tesis que creo que se la sabe mejor que yo. A la princesita de la casa “la gorda”, la cual me ofreció, con su mejor intención y en más de una ocasión, sus presas nocturnas para recuperarme del trabajo. A la manta “Calcetines” que me enseñó que en la vida hay algo más que el trabajo ... dormir. Y a la nueva adquisición “Terremoto Tres” que me recuerda que bonita es la vida.

Por último, a Mercedes mi más valioso tesoro que siempre me ha escuchado, cuidado y aguantado durante los últimos diez años. Espero que el esfuerzo personal de tantos años tenga su fruto en el futuro y seamos, por fin, una familia. Un apretón de garras y un besico.

ii *eso, eso, eso es todo Amigos !!*

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

A

- Abdel-Aziz, S.H. 1991. Sexual differences in growth of the painted comber, *Serranus scriba* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Serranidae) from south eastern Mediterranean. *Cybium*, 15 (3): 221-228.
- Albrechtsen, K. 1968. A dyeing technique for otolith age reading. *J. Cons. Perm. int. Explor. Mer*, 32: 278-280.
- Anato, C.B. y M.H. Ktari. 1986. Age et croissance de *Boops boops* (Linné, 1758) poisson téléostéen esparidé des côtes tunisiennes. *Bull. Inst. natn. scient. techn. Océanogr. Pêche Salammbô*, 13: 33-54.
- Arcuelo, M., C. Frogliá y S. Riggio. 1993. Food partitioning between *Serranus scriba* and *Scorpaena porcus* (Perciformes) on the infralittoral ground of the south Tyrrhenian Sea. *Cybium*, 17 (3): 251-258.
- Arístegui, J. 1990. La distribución de la clorofila *a* en aguas de Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6 (2): 61-71.

B

- Bach, P. y P. Chauvelon. 1994. Relation entre la densité des microestries et le rayon de l'otolithe pour un schéma de croissance de von Bertalanffy. *Aquat. Living Resour.*, 7: 53-55.
- Baillon, N. 1991. *Otolithometri en milieu tropical: application à trois espèces du lagon de Nouvelle-Calédonie*. Thèse Doctoral. Edit. ORSTOM, Paris: 288 pp.
- Baillon, N. y M. Kulbicki. 1988. Aging of adult tropical reef fish by otoliths: a comparison of three methods on *Diagramma pictum*. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, 2: 341-346.
- Balguerías, E. 1993. *La pesca de los costeros canarios en el banco sahariano: antecedentes históricos y situación actual. La chopá (Spondyllosoma cantharus Linnaeus, 1758) como ejemplo de aplicación de métodos simples para la evaluación de stocks en la pesquería artesanal canaria.*

- Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Universidad de La Laguna: 382 pp.
- Bartlett, J.R., P.F. Randerson, R. Williams y D.M. Ellis. 1984. The use of analysis of covariance in the back-calculation of growth in fish. *J. Fish Biol.*, 24: 201-213.
- Barton, E.D. 1992a. *Seasonal variability of hidrography and sea level around the Canary Islands from historical data*. European Coastal Transition Zone Islas Canarias. Mast Project 0031. Second Project Workshop. Santa Cruz de Tenerife. Report 0031-07: 19 pp.
- Barton, E.D. 1992b (coord. princ.). *Seasonal variability of hidrography and sea level around the Canary Islands from historical data*. European Coastal Transition Zone Islas Canarias. Mast Project 0031.
- Barton *et al.*, 1998. The transition zone of the Canary current upwelling region. *Prog. Oceanog.*, 455-504.
- Bas, C., J.J. Castro, V. Hernández-García, J.M. Lorenzo, T. Moreno, J.G. Pajuelo y A.G. Ramos. 1995. *La pesca en Canarias y áreas de influencia*. Edit. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria: 331 pp.
- Bauchot, M.L. 1987. Serranidae. En: *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire; zones de pêche 37*, vol. II: 1301-1319. W. Fischer, M.L. Bauchot et M. Schneider (eds.). FAO-CEE. Rome.
- Beamish, R.J. 1979. Differences in age of Pacific hake (*Merluccius productus*) using whole otoliths and sections of otoliths. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 36: 141-151.
- Beamish, R.J. y D.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 982-983.
- Beamish, R.J. y G.A. MacFarlane. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Sea Grant Report.*, 83 (3): 95-446.
- Beamish, R.J. y G.A. MacFarlane. 1987. Current trends in age determination methodology. En: *Age and Growth of Fish*: 15-42. R.C. Summerfelt y G.E. Hall (eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Beckman, D.W., A.L. Stanley, J.H. Render y C.A. Wilson. 1991. Age and growth-rate estimation of sheepshead *Archosargus probatocephalus* in Louisiana waters using otoliths. *Fish. Bull.*, 89: 1-8.

- Bedford, B.C. 1983. A method for preparing sections of large numbers of otoliths embedded in black polyester resin. *J. Cons. int. Expl. Mer*, 41: 4-12.
- Bell, J.D. y M. Harmelin-Vivien. 1983. Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 2. Feeding habits. *Tethys*, 11 (1): 1-14.
- Benmouna, H., M.F. Jaspard-Versali, C. Toussaint y C. Jeuniaux. 1986. A comparative study of chitinase activity in digestive tract of *Serranus cabrilla* and *Serranus scriba*. *Biochem. Syst. Ecol.*, 14 (4): 435-437.
- Bergstedt, R.A., R.L. Eshenroder, C.B. Bowen, J.G. Seelye y J.C. Locke. 1990. Mass-marking of otoliths of lake trout sac fry by temperature manipulation. *Am. Fish. Soc.*, 7: 216-223.
- Bhattacharya, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- Bilton, H.T. 1974. Effects of starvation and feeding on circulus formation on scales of young sockeye salmon of four racial origins, and of one race of young kokanee, coho and chinook salmon. En: *Ageing of Fish*: 40-70. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers Limited, London.
- Bird, J.L., D.T. Eppler y D.M. Checkley Jr. 1986. Comparison of herring otoliths using Fourier series shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1228-1234.
- Blacker, R.W. 1974. Recent advances in otolith studies. En: *Sea Fisheries Research*: 67-90. F.R.H. Jones (ed.). Elek Science, London.
- Boehlert, G.W. 1985. Using objective criteria and multiple regression models for age determination in fishes. *Fish. Bull.*, 83 (2): 103-117.
- Bohnsack, J.A. y D.E. Harper. 1988. Length-weight relationships of selected marine reef fishes from the southeastern United States and the Caribbean. *NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC*, 215: 1-31.
- Bonnet Fernández-Trujillo, J. y A. Rodríguez-Fernández (eds.). 1992. *Fauna marina amenazada en las Islas Canarias*. ICONA, MAPA. Madrid: 296 pp.
- Bordes, F., A. Barrera, R. Castillo, J.A. Gómez, I.J. Santana, S. Hernández-León, F. Pérez, R. Ramírez, J. Arístegui, O. Llinás, M.J. Rueda, A. Ojeda y L. Medina. 1987. *Prospección hidroacústica para la evaluación del stock de peces pelágicos costeros de Canarias*. Informe del Gobierno de Canarias y Cabildo Insular de Gran Canaria: 95 pp.

- Bordes, F., A. Barrera, J. Carrillo, R. Castillo, J. Gómez, A. Ojeda y F. Pérez. 1994. *Cartografía y evaluación de los recursos pesqueros de la plataforma y talud de Fuerteventura (Islas Canarias)*. Consejería de Pesca y Transporte, Gobierno de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria: 57 pp.
- Bouain, A. 1981. Les serrans (téléostéens, serranidés) des côtes sud de la Tunisie. Taille de première maturité, période de reproduction. *Cybium* (3è sér), 5 (4): 65-75.
- Bouain, A. 1983. Croissance lineaire des serrans des côtes sud-est de la Tunisie. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 28: 87-90.
- Bouain, A. y Y. Siau. 1988. A new technique for staining fish otoliths for age determination. *J. Fish Biol.*, 32: 997-978.
- Bradford, M.J. 1991. Effects of ageing errors on recruitment time series estimates from sequential population analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 555-558.
- Brander, K. 1974. The effect of age reading errors on the statistical reliability of marine fishery modelling. En: *Ageing of Fish*: 181-191. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers Limited, London.
- Braun, J.G. 1980. Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. I. Hidrografía, nutrientes y producción primaria. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5 (4): 147-154.
- Braun, J.G. 1981. Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. II. Producción de zooplancton. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6 (1): 91-96.
- Brito, A. 1991. *Catálogo de los Peces de las Islas Canarias*. Edit. Francisco Lemus, La Laguna: 230 pp.
- Brito, A., et al. 1997. *Evaluación de las poblaciones de peces y macroinvertebrados de interés pesquero, análisis de la explotación de los recursos y obtención de parámetros para la gestión de la futura reserva marina de La Graciosa e islotes al norte de Lanzarote*. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de Canarias. La Laguna (Tenerife): 395 pp.
- Brothers, E.B. 1981. What can otolith microstructure tell us about daily and subdaily events in the early life history of fish. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Perm. int. Explor. Mer*, 178: 393-394.
- Brothers, E.B. 1984. Otolith studies. En: *International Symposium on Ontogeny and Systematics of Fishes*: 50-57. American Society of

- Ichthyologists and Herpetologists. La Jolla, California.
- Brothers, E.B. 1987. Methodological approaches to the examination of otoliths in aging studies. En: *Age and Growth in Fishes*: 319-330. R.C. Summerfelt y G.E. Hall (eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Brothers, E.B. 1995. Estimation of growth. En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 79-80. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- Brothers, E.B., C.P. Mathews y R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Fish. Bull.*, 74 (1): 1-8.
- Brothers, E.B., D.M.B. Williams y P.F. Sale. 1983. Length of larval life in twelve families of fishes at "One Tree Lagoon", Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Biol.*, 76: 319-324.
- Bruslé, J. 1985. Exposé synoptique des données biologiques sur les mérours *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint Hilaire, 1809) et *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) de l'Océan Atlantique et de la Méditerranée. *FAO Synop. Pêches*, 129: 64 pp.
- Bruslé, J. y S. Bruslé. 1975. Comparaison des périodes de maturité sexuelle de trois espèces de serrans méditerranéens. *Bull. Soc. Zool. France*, 100 (1): 115-116.
- Bullock, L.H., M.D. Murphy, M.F. Godcharies y M.E. Nitchell. 1992. Age, growth, and reproduction of jewfish *Epinephelus itajara* in the eastern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, 90: 243-249.
- Bullock, L.H. y M.D. Murphy. 1994. Aspects of the life history of the yellowmouth grouper, *Myctoperca interstitialis*, in the eastern Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 55 (1): 30-45.
- Busacker, G.P., I.R. Adelman y E.M. Goolish. 1990. Growth. En: *Methods for Fish Biology*: 363-387. C.B. Schreck y P.B. Moyle (eds.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

C

- Caddy, J.F. 1988. Comments of yield calculation presented at recent GFCM Technical Consultations on fish stock assessment. *FAO Fish. Rep.*, 412: 201-206.
- Camacho, J. 1995. Análisis multivariado con SPSS/PC+. Edit. EUB, Barcelona:

- ix + 348 pp.
- Campana, S.E. 1984a. Interactive effects of age and environmental modifiers on the production of daily growth increments of plainfin midshipman, *Porichthys notatus*. *Fish. Bull.*, 2 (1): 165-176.
- Campana, S.E. 1984b. Microstructural growth patterns in the otoliths of larval and juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*. *Can. J. Zool.*, 39: 1507-1512.
- Campana, S.E. 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 2219-2227.
- Campana, S.E. 1998. Quality Control in Ageing. [Http://www.mar.dfo-mpo.gc.ca/science/mfd/otolith/e/quality.htm](http://www.mar.dfo-mpo.gc.ca/science/mfd/otolith/e/quality.htm).
- Campana, S.E. y J.M. Casselman, 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 1062-1083.
- Campana, S.E. y C.M. Jones. 1992. Analysis of otolith microstructure data. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 117: 73-100.
- Campana, S.E. y J.D. Neilson. 1982. Daily growth increments in otoliths of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 937-942.
- Campana, S.E. y J.D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1014-1032.
- Campana, S.E. y C.T. Zwanenburg. 1990. ²¹⁰Pb/²²⁶Ra determination of longevity in redfish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 163-165.
- Carlander, K.D. 1981. Caution on the use of the regression method of back-calculating length from scale measurements. *Fisheries*, 6 (1): 2-4.
- Carrillo, J., J.A. González, R. Castillo y J.A. Gómez. 1985. Recursos demersales de Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias). En: *Simposio Internacional sobre las áreas de afloramiento más importantes del Oeste Africano (Cabo Blanco y Benguela)*, vol. II: 799-823. C. Bas, R. Margalef y P. Rubiés (eds.). Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona. Barcelona.
- Casselman, J.M. 1974. Analysis of hard tissue of pike *Esox lucius* L., with special reference to age and growth. En: *Ageing of Fish*: 158-166. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers Limited, London.
- Casselman, J.M. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures: techniques and tools. *NOAA Tech. Rep. NMFS*, 8: 1-17.

- Casselman, J.M. 1987. Determination of age and growth. En: *The Biology of Fish Growth*: 209-242. A.H. Weatherley y H.S. Gill (eds.). Academic Presss, London
- Casselman, J.M., J.J. Collins, E.J. Crossman, P.E. Ihssen y G.R. Spangler. 1981. Lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) stocks of the Ontario water of Lake Huron. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 1772-1789.
- Castonguay, M., P. Simard y P. Gagnon. 1991. Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 296-302.
- Cerrato, R.M. 1990. Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1416-1426.
- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproductibility of age determination. *Can. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1208-1210.
- Chauvelon, P. y P. Bach. 1993. Modelling the otolith shape as an ellipse: an attempt for back-calculation purpose. *ICES J. Mar. Sci.*, 50: 121-128.
- Chilton, D.E. y R.J. Beamish. 1982. Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.*, 60: 102 pp.
- Christensen, J.M. 1964. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. *J. Cons. Perm. int. Explor. Mer.*, 29: 73-81.
- Colman, J.A. 1995. Regional morphometric variation in ling (*Genypterus blacodes*) in New Zealand waters. *New Zealand J. mar. Freshwater Res.*, 29: 163-173.
- Colura, R.L. y T.L. King. 1995. Using scale and otolith morphologies to separate spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*). En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 617-628. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- Costa, G.M., H.M. Krug y R.S. Santos. 1998. Idade e crescimento da garoupa, *Serranus atricauda* (Günther, 1874), dos Açores. En: *Resúmenes del III Simpósio Fauna e Flora das Ilhas Atlânticas*, p. 192. J.C. Tavares (ed.). Universidade dos Açores.
- Cruz, T., M. Carrillo, A. Brito, V. Martín, I.J. Lozano, B. Torres, J.I. Bacallado, E. Sánchez, J. Barquín y F. García-Talavera. 1990. *Avance del Libro Rojo de la fauna marina de Canarias*. Informe realizado por

Macarotecnia para el ICONA: 279 pp.

D

- D'Ancona, U. 1949. Osservazioni sull'organizzazione della gonade ermafrodita di alcuni Serranidi. *Nova Thalassia*, 1: 1-15.
- D'Ancona, U. 1950. Détermination et différentiation du sexe chez les poissons. *Archs. Anat. Micros. Morph. Exp.*, 39: 274-294.
- Degens, E.T., W.G. Deuse y R.L. Haedritch. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. *Mar. Biol.*, 2: 105-113.
- De Pontual, H. y P. Prouzet. 1987. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stock discrimination by scale-shape analysis. *Aquat. Fish. Manage.*, 18: 227-289.
- De Pontual, H. y P. Prouzet. 1988. Numerical analysis of scale morphology to discriminate between Atlantic salmon stock. *Aquat. Living Resour.*, 1: 17-27.
- Dufossé, A. 1956. De l'hermaphrodisme chez certains vertébrés. *Annls. Sci. nat.*, 5: 295-334.
- Dunkelberger, D.G., J.M. Dean y N. Watabe. 1980. The ultrastructure of the otolithic membrane and otolith in the juvenile mummichog, *Fundulus heteroclitus*. *J. Morphol.*, 163: 367-377.

E

- Eltink, A. y C.J. Kuitert. 1989. Validation of ageing techniques on otoliths of horse mackerel (*Trachurus trachurus*, L.). *ICES J. Mar. Sci.*, 18 pp.
- Epperly, S.P., D.W. Ahrenholz y P.A. Tester. 1991. A universal method for preparing, sectioning and polishing fish otoliths for daily ageing: U.S. Dep. Commer. *NOAA Tech. Memor.* NMFS-SEFSC-283: 1-15.
- Eknath, A.E. y R.W. Doyle. 1985. Maximum likelihood estimation of "unobservable" growth and development rates using scale data: application to carp aquaculture in India. *Aquaculture*, 49: 55-71.
- Esteves, E., J. Aníbal, H. Krug y H. Marques da Silva. 1997. Aspects of age and growth of bluemouth, *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Delaroche, 1809) from the Azores. *Arquipélago*, 15: 83-95.
- Etxeberria, J., L. Joaristi y L. Lizasoain. 1990. Programación y análisis estadístico básicos con SPSS/PC +. Edit. Paraninfo, Madrid: 311 pp.

F

- Febvre, M., M. Michele y M. Lafaurie. 1975. Comparaison de la séquence ovogénétique chez des Téléostéens ovipares gonochoriques et hermaphrodites (*Mullus*, *Serranus*, *Boops*). *Pubbl. Stza. Zool. Napoli*, 39: 140-152.
- Ferreira, B.P. y G.R. Russ. 1994. Age validation and estimation of growth rate of the coral trout, *Plectropomus leopardus* (Lacepède, 1802), from Lizard Island, Northern Great Barrier Reef. *Fish. Bull.*, 46-57.
- Figueras, A. 1956. Consideraciones sobre la preparación y utilidad de los otolitos en el estudio de la edad y crecimiento de los peces. *Inv. Pesq*, 4: 25-45.
- FishBase. 1996. FishBase 96 CD-ROM. ICLARM, Manila.
- Fischer, W. y C.W. Petersen. 1987. The evolution of sexual patterns in the seabasses. Space use and behavior can predict whether a species has harems or is monogamous and hermaphroditic. *BioScience*, 37 (7): 482-489.
- Flecher, W.J. 1991. A test of the relationship between otolith weight and age for the pilchard *Sardinops neopilchardus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 35-38.
- Fowler, A.J. y P.J. Doherty. 1992. Validation of annual growth increments in the otoliths of two species of damelfish from the southern Great Barrier Reef. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 43: 1057-1068.
- Francis, R.I.C.C. y D.C. Smith. 1995. Mean length, age, and otolith weight as potential indicators of biomass depletion for orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*. *N.Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 29: 581-587.
- Francis, M.P., N.W. Williams, A.C. Price, S. Pollard y S.G. Scott. 1993. Uncoupling of otolith and somatic growth in *Pagrus auratus* (Sparidae). *Fish. Bull.*, 91: 159-164.
- Francis, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *J. Fish Biol.*, 36: 883-902.
- Francis, R.I.C.C. 1995. The analysis of otolith data — A mathematician's perspective (What, precisely, is your model?). En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 81-95. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- Francour, P. y J.G. Harmelin. 1988. Check-list of Port-Cros marine fishes

- (Western Mediterranean Sea). *Trav. Sci. Parc. Natl. Port. Cros.*, 14: 65-79.
- Franquet, F. y A. Brito. 1995. *Especies de interés pesquero de Canarias*. Consejería de Pesca y Transporte, Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife: 143 pp.
- Franqueville, C. y P. Freón. 1976. Relations poids-longueur des principales espèces de poissons marins au Sénégal. *Doc. Sci. Cent. Tech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 60: 33 pp.
- Friedland, K.D. y D.G. Reddin. 1994. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 91-98.
- Friedland, K.D., C. Esteves, L.P. Hansen y R.A. 1994. Discrimination of Norwegian farmed, ranched and wild-origin Atlantic salmon, *Salmo salar* L., by image processing. *Fish. Manage. Ecol.*, 1: 117-128.

G

- Gago, F.J. 1993. Morphology of the saccular otoliths of six species of lanternfishes of the genus *Symbolophorus* (Pisces: Myctophidae). *Bull. Mar. Sci.*, 52 (3): 949-960.
- Gállego, L. 1996. *La alimentación en los peces: aspectos a considerar*. En: *Resúmenes de IX Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino*: 10-11. J.M. Viéitez y J. Junoy (eds.). Universidad de Alcalá de Henares.
- Gamers, P.M. 1984. Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Neth. J. Zool.*, 34 (4): 566-595.
- García-Díaz, M.M. 2000. *Aplicación de técnicas histológicas para la determinación de parámetros reproductores en tres teleósteos marinos (Serranidae, Serranus)*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Universidad de La Laguna: 230 pp.
- García-Díaz, M.M., J.I. Santana, V.M. Tuset, V. Rico y J.A. González. 1996a. Aspectos reproductores de *Serranus atricauda* y *S. cabrilla* (Osteichthyes, Serranidae) en Canarias. En: *Resúmenes del IX Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino*: 90-91. J.M. Viéitez y J. Junoy (eds.). Universidad de Alcalá de Henares.
- García-Díaz, M.M., M.J. Lorente, J.A. González, J. Pertusa y V.M. Tuset.

- 1996b. Description of different stages of oogenesis and spermatogenesis in *Serranus atricauda* (Osteichthyes, Serranidae). *Ann. d'Endocrinol.*, 57 (4): 50-51.
- García-Díaz, M.M., V.M. Tuset, J.A. González y J. Socorro. 1997. Sex and reproductive aspects in *Serranus cabrilla* (Osteichthyes: Serranidae): macroscopic and histological approaches. *Mar. Biol.*, 127: 379-386.
- García-Díaz, M.M., M.J. Lorente, J.A. González y V.M. Tuset (1999). Comparative ultrastructure of spermatozoa of three marine teleosts of the genus *Serranus*: *S. atricauda*, *S. cabrilla* and *S. scriba*. *J. Submicrosc. Cytol. Pathol.*, 31 (4): 503-508.
- García-Díaz, M.M., M.J. Lorente, J.A. González y V.M. Tuset. (en revisión). Morphology of the ovotestis of *Serranus atricauda* (Pisces, Serranidae), studied by light and electron microscopy. *Environ. Biol. Fishes*.
- Gauldie, R.W. 1988. Function, form and time-keeping properties of fish otoliths. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91: 395-402.
- Gauldie, R.W. 1993. Ultrastructure morphology in otoliths. *J. Morphol.*, 175: 450-458.
- Gauldie, R.W. y D.G.A. Nelson. 1988. Aragonite twinning and neuroprotein secretion are the cause of daily growth rings in fish otoliths. *Comp. Biochem. Physiol.*, 90 (3): 501-509.
- González, J.A. 1991. Description générale des pêcheries artisanales aux Îles Canaries. En: *La Recherche Face à la Pêche Artisanale, Symposium International ORSTOM-IFREMER*, t. I: 365-370. J.R. Durand, J. Lemoalle y J. Weber (eds.). ORSTOM. Paris.
- González, J.A., J.I. Santana y J. Carrillo. 1991. *La pesca en el puerto de Mogán (Islas Canarias): flota, artes y análisis de las capturas entre 1980 y 1990*. Informe Técnico del Centro de Tecnología Pesquera (Pesquerías). Cabildo Insular de Gran Canaria, Telde (Las Palmas): 32 pp.
- González, J.A., J. Carrillo y J.I. Santana. 1992. *La pesca en el puerto de Mogán (Islas Canarias): análisis de las capturas en 1991*. Informe Técnico del Centro de Tecnología Pesquera (Pesquerías). Cabildo Insular de Gran Canaria, Telde (Las Palmas): 35 pp.
- González, J.A., I.J. Lozano, J.M. Lorenzo, L.J. López-Abellán, J.M. Bautista, D.M. Carvalho, M.J. Biscoito y G. Menezes. 1998. *Biology of some Macaronesian deep-sea commercial species*. Study Contract 95/032.

- Final report: 363 pp + 3 appendices.
- González, J.F., C.L. Hernández, P. Marrero y E.J. Rapp. 1993. *Peces de Canarias. Guía Submarina*. Edit. Francisco Lemus. La Laguna: 223 pp.
- Gordo, L.S. 1996. On the age and growth of bogue, *Boops boops* (L.) from the Portuguese coast. *Fish. Manage. Ecol.*, 3 (2): 157-164.
- Griffiths, M.H. y T. Hecht. 1995. Age and growth of South African dusky kob *Argyrosomus japonicus* (Scianidae) based on otoliths. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 16: 119-128.
- Gulland, J.A. 1987. Length-base methods in fisheries reseach: from theory to application. En: *Length-based Methods in Fisheries*, p. 335-342. Pauly, D. y G.R. Morgan (eds.). ICLARM Conference Proceedings.
- Guillén, J. 1997. *Crustáceos decápodos de lo fondos infralitorales del SE Ibérico: faunística, biología y ecología*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante: 526 pp.

H

- Härkönen, T. 1986. *Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic*. Edit. Danbiu ApS, Hellerup: 256 pp.
- Harmelin-Vivien, M.L., y P. Francour. 1992. Trawling or visual censuses?: metodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *Mar. Ecol.*, 13 (1): 41-51.
- Hasselblad, V. 1966. Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. *Technometrics*, 8: 431-444.
- Hastings, P.A. y S.A. Borbotone. 1980. Observations on the life history of the belted sandfish, *Serranus subligarius* (Serranidae). *Environ. Biol. Fish.*, 5 (4): 365-374.
- Hecht, T. 1987. A guide to the otoliths of Southern Ocean fishes. *S. Afr. J. Antarct. Res.*, 17 (1): 87 pp.
- Hecht, T. y A. Hecht. 1978. A descriptive systematic study of the otoliths of the neopterygean marine fishes of South-Africa. Part II: the delimitation of Teleosts orders, some systematic notes and a provisional new phyletic order sequence. *Trans. Royal Soc. South Africa*, 43 (2): 199-218.
- Heidinger, R.C. y K. Clodfelter. 1987. *Validity of the otolith for determining age and growth of walleye, striped bass, and smallmouth bass in power plant cooling ponds*. En: *Age and Growth of Fish*: 241-251. R.C.

- Summerfelt y G.E. Hall (eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Hightower, J.E. 1999. Ageing error. [Http://courses.ncsu.edu/classes/zo726001/AgeError.html](http://courses.ncsu.edu/classes/zo726001/AgeError.html).
- Hightower, J.E. y S.A. Heppell. 1998. Growth models. [Http://courses.ncsu.edu/classes/zo726001/GrowthCrv.html](http://courses.ncsu.edu/classes/zo726001/GrowthCrv.html).
- Hirschhorn, G. 1974. *The effect of different age ranges on estimated von Bertalanffy growth parameters in three fishes and one mollusc of the northeastern Pacific Ocean*. En: *Ageing of Fish*: 13-27. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers Limited, London.
- Hoenig, J.M., M.J. Morgan y C.A. Brown. 1995. Analysing differences between two age determination methods by tests of symmetry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 364-368.
- Huerta-Ramírez, F. y P. Arté. 1967. *Enciclopedia de la pesca*. Edit. Vergara, Barcelona: 800 pp.
- Hunt, J.J. 1992. Morphological characteristics of otoliths for selected fish in the Northwest Atlantic. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 13: 63-75.

I

- Iacumin, P., G. Bianucci y A. Longinelli. 1992. Oxygen and carbon isotopic composition of fish otoliths. *Mar. Biol.*, 113: 537-542.
- Isidro, E.J. 1996. *Biology and population dynamics of selected demersal fish species of the Azores Archipelago*. Tesis Doctoral. Universidad de Liverpool: 249 pp + apéndices.

J

- Jamieson, R. 1999. Otoliths. [Http://www.science.mcmaster.ca/Biology/4S03/Otoliths.html](http://www.science.mcmaster.ca/Biology/4S03/Otoliths.html).
- Janusz, J. 1990. Differences in the growth of otoliths of walleye pollock *Theragra chalcogramma* from the Bering Sea and the Gulf of Alaska. *Bull. Sea Fish. Inst.*, 5-6: 13-18.
- Jarvis, R.S., H.F. Klodowski y S.P. Sheldon. 1978. New method of quantifying scale shape and an application to stock identification in walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107: 528-434.
- Jiménez, S. 1997. *Taxonomía, biología y pesca de las especies de la familia*

- Muraenidae (Osteichthyes, Anguilliformes) en las islas Canarias*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Universidad de La laguna: 676 pp.
- Johnson, A.G. 1996. Use of otolith morphology for separation of king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) and Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*). *Gulf Mexico Sci.*, 1: 1-6.
- Johnson, A.G. y L.A. Collins. 1994. Age-size structure of red grouper (*Epinephelus morlo*) from the Eastern Gulf of Mexico. *Northeast Gulf Sci.*, 13 (2): 101-106.

K

- Kalish, J.M. 1989. Otolith microchemistry: validation of the effects of physiology, age and environment on otolith composition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 132: 151-178.
- Kalish, J.M. 1991. Oxygen and carbon stable isotopes in the otoliths of wild and laboratory-reared Australian salmon (*Arripis trutta*). *Mar. Biol.*, 110: 37-47.
- Kimura, D.K., R.R. Mandapat y S.L. Oxford. 1979. Method, validity and variability in the age determination of yellowtail rockfish (*Sebastes flavidus*), using otoliths. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 36: 377-383.
- Kimura, D.K. y J.J. Lions. 1991. Between-reader bias and variability in the age determination process. *Fish Bull.*, 89: 53-60.

L

- L'Abée-Lund, J.H. 1988. Otolith shape discriminates between juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout *Salmo trutta* L. *J. Fish Biol.*, 33: 899-903.
- L'Abée-Lund, J.H. y A.J. Jensen. 1993. Otoliths as natural tags in the systematics of salmonids. *Environ. Biol. Fishes*, 36: 389-393.
- Labropoulou, M., G. Tserpes y N. Tsimenides. 1998. Age, growth and feeding habits of the brown comber *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) on the Cretan shelf. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 46: 723-732.
- Lachenbruch, P. y R.M. Mickey. 1968. Estimation of error rates in discriminant analysis. *Technometrics*, 10: 1-11.
- Lagardère, F., G. Chaumillon, R. Amara, G. Heineman y J.M. Lago. 1995. Examination of otolith morphology and microstructure using laser

- scanning microscopy. En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 7-26. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- Lardeux, F. 1986. *Biologie, écologie et dynamique de population d l'éperlan (Osmerus eperlanus, L.) (Poisson, Clupeiforme, Osmeridé) dans l'estuaire de la Loire (France)*. Thèse Doctorat, Université de Bretagne Occidentale: 660 pp.
- Laur, R.M., R. Nishimoto y J.A. Wetherall. 1985. Frequency of increment formation on sagittae of North Pacific albacore (*Thunnus alalunga*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1552-1555.
- Leal, R., y R. Cano. 1995. *Contribución al conocimiento de la biología de la ictiofauna litoral asociada a fondos de fanerógamas marinas (familias Labridae, Scorpaenidae, Serranidae, Sparidae) del sureste Ibérico*. Informe del Instituto de Cultura Juan Gil-Albert: 107 pp.
- Lee, D.W. y E.D. Prince. 1995. Analysis of otoliths and vertebrae from nine tag-recaptures Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 361-374. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- Llinás, O., M.J. Rueda y E. Pérez-Martel. 1993. Variabilidad de parámetros oceanográficos en aguas de Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 9 (1): 89-100.
- Llinás O., M.J. Rueda y E. Pérez-Martell. 1994. Características termohalinas y nutrientes en aguas de las plataformas insulares canarias a finales de primavera. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 10 (2): 177-189.
- Lombarte, A. 1992. Changes in otolith area: sensory area ratio with body size and depth. *Environ. Biol. Fishes*, 33: 405-410.
- Lombarte, A., J. Rucabado, J. Matallanas y D. Lloris. 1991. Taxonomía numérica de Nototheniidae en base a la forma de los otolitos. *Sci. Mar.*, 55 (2): 413-418.
- Lorenzo, J.M. 1992. *Crecimiento de la caballa Scomber japonicus (Houttuyn, 1782) en aguas del Archipiélago Canario*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: 199 pp.
- Lorenzo, J.M. y J.G. Pajuelo. 1995. Population biology of the roudi escolar *Promethichthys prometheus* (Gempylidae) off the Canary Islands. *Sci. Mar.*, 59 (3-4): 235-240.

- Lorenzo, J.M. y J.G. Pajuelo. 1999. Biology of a deep benthopelagic fish, round escolar *Promethichthys prometheus* (Gempylidae) off the Canary Islands. *Fish. Bull.*, 97 (1): 92-99.
- Lorenzo, J.M., J.G. Pajuelo y A.G. Ramos. 1995. Growth of the chub mackerel *Scomber japonicus* (Pisces: Scombridae) off the Canary Islands. *Sci. Mar.*, 59 (3-4): 287-291.
- Lozano, I.J. (coord. principal). 1993. *Biología de especies comerciales profundas de Canarias*. Contrato de Estudio 1992/7. Informe final.
- Lozano, G., J.I. Santana, J.A. González, I.J. Lozano, J. Carrillo, M.A. Caldentey, S. Jiménez, M. Fanlo, C.M. Hernández, F. Lozano Soldevilla y A. Brito. 1990. Metodología y resultados de campañas de pesca experimental con nasas en las Islas Canarias (Proyecto 17/30.04.86). En: Bentos VI, *Actas del VI Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino*, p. 335-344. Edit. Bilbilis. Palma de Mallorca.
- Lozano y Rey, L. 1952. Peces fisoclistos. *Mems. R. Acad. Cienc. exac. fis. nat. Madrid*, 14: 613 pp.

M

- MacDonald, P.D.M. y T.J. Pitcher. 1979. Age-groups from size-frequency data: A versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 36: 987-1001.
- Macpherson, E. 1977. *Estudios sobre las relaciones tróficas en peces bentónicos de la costa catalana*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona: 336 pp.
- Magnússon, J. y J.V.V. Magnússon. 1987. *ICEIDA/Cape Verde Islands Fisheries Project. Survey of demersal fish resources in the waters off Cape Verde Islands. IV. Report: summary of information on species*. Icelandic International Development Agency/Marine Research Institute: 114 pp.
- Manocch, C.S. y F.C. Potts. 1997. Age, growth, and mortality of greater amberjack, *Seriola dumerili*, from the U.S. Gulf of Mexico Headboat Fishery. *Bull. Mar. Sci.*, 61 (3): 671-683
- Marshall, S.L. y S.S. Parker. 1982. Pattern identification in the microstructure of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 542-547.

- Martínez, V. y G. Monasterio de Gonzo. 1991. Clave de identificación de algunos peces siluriformes en base al estudio de sus otolitos. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 22 (2): 95-118.
- Mathews, C.P. 1974. An account of some methods of overcoming errors in ageing tropical and subtropical fish populations when hard tissues growth markings are unreliable and the data sparse. En: *Ageing of Fish*: 158-166. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers Limited, London.
- Messieh, S.N. 1972. Use of otoliths in identifying herring stocks in the Southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 29: 1113-1118.
- Morales-Nin, B. 1980. Incrementos de crecimiento diario en la *sagitta* de *Merluccius paradoxus* da Franca. *Inv. Pesq.*, 44 (2): 305-312.
- Morales-Nin, B. 1984. Aplicación del retrocálculo en la determinación del crecimiento de *Genypterus capensis* (Smith, 1847). *Colln. scient. Pap. int. Comm. SE. Atl. Fish.*, part. II: 7-12.
- Morales-Nin, B. 1986a. Chemical composition of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Pisces: Serranidae) otoliths. *Cybium*, 10 (2): 115-120.
- Morales-Nin, B. 1986b. Microestructura de los otolitos de *Calamus brachysomus* Lockington, 1880 (Pisces: Sparidae) al microscopio electrónico de barrido. *Inv. Pesq.*, 50 (4): 479-487.
- Morales-Nin, B. 1987a. Ultrastructure of the organic and inorganic constituents of the otoliths of the sea bass. En: *Age and Growth of Fish*: 331-343. R.C. Summerfelt y G.E. Hall (eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Morales-Nin, B. 1987b. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Téc. Inv. Pesq.*, 143: 3-30.
- Morales-Nin, B. 1989. Growth determination of tropical marine fishes by means of otolith interpretation and length frequency analysis. *Aquat. Living Resour.*, 2 (4): 241-253.
- Morales-Nin, B. 1991. Parámetros biológicos del salmonete de roca *Mullus surmulletus* (L., 1758) en Mallorca. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 7 (2): 139-147.
- Morales-Nin, B. 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. *FAO Doc. Téc. Pesca.*, 322: 58 pp.
- Morales-Nin, B. y J.P. Pertierra. 1990. Growth rates of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* in the northwestern

- Mediterranean Sea. *Mar. Biol.*, 107: 349-356.
- Morales-Nin, B. y S. Ralston. 1990. Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forskål) in Hawaiian waters. *J. Fish Biol.*, 36: 191-203.
- Morato, T. 1995. *Ecologia alimentar de Serranus atricauda (Günther, 1874) dos Açores*. Relatório de Estágio do Curso de Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas. Universidade do Algarve, Faro: 64 pp. + anexos.
- Moreno-López, A., V.M. Tuset, J.A. González y M.M. García-Díaz. (en revisión). Feeding ecology of *Serranus scriba* (Osteichthyes, Serranidae) in the marine reserve of Lanzarote (Canary Islands). *Bocagiana*.
- Mosegaard, H., H. Svedäng y K. Taberman. 1988. Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 1514-1524.
- Mugiya, Y. 1984. Diurnal rythm in otolith formation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*: seasonal reversal of the rythm in relation to plasma calcium concentrations. *Comp. Biochem. Physiol.*, 78 (2): 289-293.
- Mugiya, Y. 1986. Effects of calmodulin inhibitors and other metabolic modulators on in vitro otolith formation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 84 (1): 57-60.
- Mugiya, Y. y N. Watabe. 1977. Studies on fish scale formation and resorption II. Efect of estradiol on calcium homeostasis and skeletal tissue resorption in the goldfish, *Carassius auratus*, and the killifish, *Fundulus heteroclitus*. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 57: 197-202.
- Mugiya, Y., N. Watabe, J. Yamada, J.M. Dean, D.G. Dunkelberger y M. Shimizu. 1981. Diurnal rythm in otolith formation in the goldfish, *Carassius auratus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 68: 659-662.
- Munro, J.L. 1982. Estimation of the parameters of the von Bertalanffy growth equation from recapture data at variable time intervals. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 40: 199-200.
- Mulligan, T.J. y B.M. Leaman. 1992. Length-at-age analysis: can you get what you see? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 632-643.
- Murphy, M.D. y R.G. Taylor. 1990. Reproduction, growth, and mortality of red drum *Sciaenops ocellatus* in Florida waters. *Fish. Bull.*, 88: 531-542.

N

- Neilson, J.D. y G.L. Geen. 1982. Otoliths of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): daily growth increments and factors influencing their production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1340-1347.
- Neilson, J.D., G.H. Geen y B. Chan. 1985. Variability in dimensions of salmonid otolith nuclei: implications for stock identification and microstructure interpretation. *Fish. Bull.*, 83: 81-89.
- Nelson, J.J. 1994. *Fishes of the world*. Edit. J. Wiley & Sons, Inc., 3rd edit., New York: xvii + 600 pp.
- Newman, S.J., D.M.B. Williams y G.R. Russ. 1996. Age validation, growth and mortality rates of the tropoical snappers (Pisces: Lutjanidae) *Lutjanus adetii* (Castelnau, 1873) and *L. quinquelineatus* (Bloch, 1790) from the Central Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Freshwater Res.*, 47: 575-584.
- Nolf, D. 1995. Studies on fossil otoliths — The state of the art. En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 513-544. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- North, A.W. 1988. Age of Antarctic fish: validation of the timing of annuli formation in otoliths and scales. *Cybium*, 12 (2): 107-114.
- Norusis, M.J. 1993. *SPSS for Windows: base system user's guide, release 6.0*. Edit. SPSS Inc., Chicago: xviii + 828 pp.

O

- Oliver, G., Y. Pichot y P. Pichot. 1980. Contribution à l'étude des serrans, *Serranus* Cuvier, 1817 (Pisces, Serranidae) de la réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls (Pyrénées-Orientales, France). *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 44 (3): 213-219.

P

- Pajuelo, J.G. 1997. *La pesquería artesanal canaria de especies demersales: análisis y ensayo de dos modelos de evaluación*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: 347 pp.
- Pajuelo, J.G. y J.M. Lorenzo. 1995. Biological parameters reflecting the current

- state of the exploited pink dentex *Dentex gibbosus* (Pisces: Sparidae) population off the Canary Islands. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 16: 311-319.
- Pajuelo, J.G. y J.M. Lorenzo. 1996. Life history of red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae) in the Canary Islands, central-east Atlantic. *Fish. Res.*, 28: 163-177.
- Pannella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173: 1124-1127.
- Pannella, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. En: *Ageing of Fishes: 28-39*. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers Limited, London.
- Pannella, G. 1980. Growth patterns in fish sagittae. En: *Skeletal Growth of Aquatic Organisms: Biological Records of Environmental Change: 519-560*. D.C. Rhoads y R.A. Lutz (eds.). Plenum Press, New York.
- Parker, T.J. y W.A. Haswell. 1987. *Zoología, Cordados*. Vol. II. Edit. Reverté, Barcelona: xxxii + 981 pp.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 234: 52 pp.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use programmable calculators. *ICLARM*: xvii + 325 pp.
- Pauly, D. y J.L. Munro. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrate. *Fishbyte*, 2: 21-23.
- Pawson, M.G. 1990. Using otolith weight to age fish. *J. Fish. Biol.*, 36: 521-531.
- Pereda, P. y B. Villamor. 1991. Relaciones biométricas en peces de la plataforma cantábrica. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 92: 39 pp.
- Pérez-Barroso, F.I., S. Jiménez, I.J. Lozano, J.A. González y J.I. Santana. 1993. Estudio preliminar de la pesquería artesanal de *Serranus atricauda* Günther, 1974 y de *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes, Serranidae) en el archipiélago canario. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 11: 365-373.
- Petrakis, G. y K.I. Stergiou. 1995. Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fish. Res.*, 21: 465-469.
- Piñeiro, C. y J.J. Hunt. 1989. Comparative study on growth of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from southern stock using whole and sectioned otoliths, and length frequency distributions. *ICES J. Mar. Sci.*, 37: 1-16.

- Piñeiro, C.G^a. y A. Padín. 1995. Metodología y técnicas usuales en la preparación de piezas duras utilizadas en la determinación de la edad en peces. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 32: 19 pp.
- Pizarro, M. 1985. *Peces de Fuerteventura*. Consejería de Agricultura y Pesca. Gobierno de Canarias: 183 pp.
- Popper, A.N. 1980. Scanning electron microscopic study of the sacculus and lagena in several deep-sea fishes. *Amer. J. Anat.*, 157: 115-136.
- Popper, A.N. y S. Coombs. 1982. The morphology and evolution of the ear in actinopterygian fishes. *Am. Zool.*, 22: 311-328.
- Post, A. y T. Hecht. 1977. Results of the research cruises of the F.R.V. "Walther Herwig" to South America XLIX. *Mitt. hamburg. Zool. Mus. Inst.*, 74: 165-170.
- Proctor, C.H., R.E. Thresher, J.S. Gunn, D.J. Millis, I.R. Harrowfield y S.H. Sie. 1995. Stock structure of the southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*: an investigation based on probe microanalysis of otolith composition. *Mar. Biol.*, 122 (4): 511-526.

R

- Radtke, R.L. 1989. Larval fish age, growth, and body shrinkage: information available from otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 1884-1894.
- Radtke, R.L. y J.M. Dean. 1982. Increment formation in the otoliths of embryos, larvae, and juveniles of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*. *Fish. Bull.*, 80 (2): 201-215.
- Radtke, R.L. y T.F. Hourigan. 1990. Age and growth of the Antarctic fish *Nototheniops nudifrons*. *Fish. Bull.*, 88: 557-571.
- Radtke, R.L. y T.E. Targett. 1984. Rhythmic structural and chemical patterns in otoliths of the Antarctic fish *Notothenia larseni*: their application to age determination. *Polar Biol.*, 3: 203-210.
- Reddin, D.G. 1986. Discrimination between Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) of North American and European origin. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 43: 50-58.
- Reinboth, R. 1962. Morphologische und funktionelle Zweigeschlechtlichkeit bei marinen Teleostiern (Serranidae, Sparidae, Centranchidae, Labridae). *Zool. Jahrb. Art. Allg. Zool. Physiol. Tiere*, 69 (4): 409-480.
- Reznick, D., E. Linbeck y H. Bryga. 1989. Slower growth results in larger

- otoliths: an experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 108-112.
- Richards, L.J., J.T. Schnute, A.R. Kronlund y R.J. Beamish. 1992. Statistical models for the analysis of ageing error. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 1801-1815.
- Ricker, W.E. 1969. Effects of size-selective mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production and yield. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 26: 479-541.
- Richter, H. y J.G. McDermott. 1990. The staining of fish otoliths for age determination. *J. Fish. Biol.*, 36: 773-779.
- Ricker, W.E. 1973. Linear regressions in fishery research. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 30: 409-434.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, 191: 382 pp.
- Ricker, W.E. 1992. Back-calculation of fish lengths based on proportionally between scale and length increments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 1018-1026.
- Ricqlès, A. 1992. Exposé introductif. En: *Tissus Durs et Âge des Vertébrés*: 15-17. J.L. Bagliniere, J. Castanet, F. Conand y F.J. Meunier (eds.). Colloques et Séminaires ORSTROM-INRA, Paris.
- Rico, V., M.M. García-Díaz, V.M. Tuset, J.A. González y J.I. Santana. 1996. Régimen alimentario de los *Serranus* (Osteichthyes, Serranidae) en Canarias. Resultados preliminares. En: *Resúmenes del IX Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino*: 108-109. J.M. Viéitez y J. Junoy (eds.). Universidad de Alcalá de Henares.
- Robins, C.R. y W.A. Starck. 1961. Materials for revision of *Serranus* and related fish genera. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philad.*, 113 (11): 259-314.
- Rojo, A.L. 1988. Diccionario enciclopédico de anatomía de peces. *Monogr. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3: 566 pp.
- Russ, J.C. 1990. Computer-assisted microscopy: the measurement and analysis of images. Edit. Plenum Press, New York: 453 pp.

S

- Sanz-Echeverría, J. 1931. Investigaciones sobre otolitos de peces de España. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 31: 369-374.

- Schirripa, M.J. y K.M. Burns. 1997. Growth estimates for these species of reef fish in the Eastern Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 61 (3): 581-591.
- Schneppenheim, R. y G. Freytag. 1980. Age determination by staining otoliths of *Notothenia rosii marmorata* with ninhydrin. *Cybium*, 8: 13-15.
- Schwarcz, H.P., Y.M. Gao, S.E. Campana, D. Brown, M. Knyf y U. Brand. 1998. Stable carbon isotope variations in otoliths of cod (*Gadus morhua*): Effects of maturation and environmental change. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55: 1798-1806.
- Secor, D.H. y J.M. Dean. 1989. Somatic growth effects on the otolith-fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 113-121.
- Secor, D.H. y E.D. Houde. 1995. Larval mark-release experiments: potential for research on dynamics and recruitment in fish stocks. En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 423-444. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- Serafim, M.P.P. y H.M. Krug. 1995. Age and growth of the red porgy, *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Sparidae), in Azorean waters. *Arquipélago*, 13: 11-20.
- Seyama, H., J.S. Edmonds, M.J. Shibata, M. Soma y M. Morita. 1991. Periodicity in fish otolith Sr, Na, K corresponds with visual banding. *Experientia*, 47 (11-12): 1193-1196.
- Siau, Y. y A. Bouain. 1994. Variations in spawning of two species of coastal hermaphrodite fishes, genus *Serranus*, related to their bathymetric distribution. *Oebalia*, 10: 1-20.
- Simkiss, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. En: *Ageing of Fish*: 1-12. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers, London.
- Simoneaux, L.F. y S. Warlens. 1987. Occurrence of daily growth increments in otoliths of juvenile Atlantic menhaden. En: *Age and Growth of Fish*: 443-451. R.C. Summerfelt y G.E. Hall (eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Smale, M.J., G. Watson y T. Hecht. 1995. Otolith atlas of southern African marine fishes. *Ichthyological Monographs of the J.L.B. Smith Institute of Ichthyology*, 1: 253 pp. + 149 plates.
- Smith, C.L. 1965. The patterns of sexuality and classification of Serranid fishes. *Am. Mus. Novit.*, 2207: 20 pp.

- Smith, C.L. 1981. Serranidae. En: *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est; zones de pêche 34, 47 (en partie)*, vol. I: pag. var. W. Fischer, G. Bianchi y W.B. Scott (eds.). Minis. Pêch. Océans Canada. ONU-FAO. Ottawa.
- Smith, C.L. 1990. Serranidae. En: *Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic*, vol. II: 695-706. J.C. Quéro, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post y L. Saldanha (eds.). Unesco/ SEI/ JNICT-Portugal.
- Smith, M.K. 1992. Regional differences in otolith morphology of the deep slope red snapper *Etelis carbunculus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 795-804.
- Sparre, P. y S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Doc. Téc. Pesca.*, 306 (rev. 1): 440 pp.
- Spratt, J.D. 1972. The use of otoliths to separate groups of northern anchovies. *Calif. Dept. Fish Game Mar. Tech. Rep.*, 1: 25 pp.
- Stequert, B., J. Panfili y J.M. Dean. 1996. Age and growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from the western Indian Ocean, based on otolith microstructure. *Fish. Bull.*, 94 (1): 124-134.
- Summerfelt, R.C. 1987. Preface. En: *Age and Growth of Fish*. R.C. Summerfelt y G.E. Hall (eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa.

T

- Tablado, L. 1996. *Efectos de los campos magnéticos estáticos sobre el desarrollo del testículo y el epidídimo y sobre la formación de los espermatozoides en el ratón*. Tesis Doctoral. Facultat de Ciències Biològiques, Universitat de València: 170 pp.
- Templeman, W. y H.J. Squiers. 1956. Relationship of otolith length and weights in the haddock *Melanogrammus aeglefinus* (L.), to the rate of growth of the fish. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 13: 467-487.
- Thorrold, S.R., S.E. Campana, C.M. Jones y P.K. Swart. 1997. Factors determining $d^{13}C$ and $d^{18}O$ fractionation in aragonitic otoliths of marine fish. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61: 2909-2919.
- Titus, U., J.A. Mosher y B.K. Williams. 1984. Chance-corrected classification for use in discriminant analysis: ecological applications. *Am. Midl. Nat.*, 111: 1-7.

- Tortonese, E. 1975. *Fauna d'Italia. Vol. II: Osteichthyes (Pesci Ossei)*. Edit. Calderini, Bologna: 636 pp.
- Tortonese, E. 1986. Serranidae. En: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, vol. II: 780-792. P.J.P. Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen y E. Tortonese (eds.). Unesco. U.K.
- Trout, G.C. 1957. The Bear Island cod: migrations and movements. *Fish. Invest.*, 2: 51 pp.
- Tuset, V.M., J.A. González, M.M. García-Díaz y J.I. Santana. 1996. Feeding habits of *Serranus cabrilla* (Serranidae) in the Canary Islands. *Cybium*, 20 (2): 161-167.
- Tuset, V.M., J.A. González, M.M. García-Díaz y J.I. Santana. 1997. Régimen alimentario de *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes, Serranidae) en el Atlántico oriental y Mediterráneo occidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 23: 181-185.
- Tyler, A.V., R.J. Beamish y G.A. MacFarlane. 1989. Implications of age determination errors to yield estimates. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 108: 27-35.

U

- Uiblein, F., F. Bordes, R. Castillo y A.G. Ramos. 1998. Spatial distribution of shelf- and slope-dwelling fishes collected by bottom longline off Lanzarote and Fuerteventura, Canary Islands. *Mar. Ecol.*, 19 (1): 53-66.

V

- Victor, B.C. y E.B. Brothers. 1982. Age and growth of the fallfish *Semolitus corporal* with daily otolith increments as a method of annulus verification. *Can. J. Zool.*, 60: 2543-2550.
- Volk, E.C., D.G. Mortensens y A.C. Wertheimer. 1995. Nondaily otolith increments and seasonal changes in growth of a pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) population in Auke Bay, Alaska. En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 211-225. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.
- Von Bertalanffy, L. 1934. Untersuchungen iiber die Gesetzlichkeiten des

Wachtstumus.1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. *Roux'Arch. Enwickugdnench. Org.*, 131: 613-653.

W

- Watabe, N., K. Tanaka, J. Yamada y J.M. Dean. 1982. Scanning electron microscope observations of the organic matrix in otolith of the teleost fish *Fundulus heteroclitus* (Linnaeus) and *Talapia nilotica* (Linnaeus). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 58: 127-134.
- Weisberg, S. 1986. A linear model approach to backcalculation of fish length. *J. Am. Statistical Ass.*, 81 (396): 922-929.
- Wheeler, A. 1968. The fishes of the British Isles and North-West Europe. Macmillan. London: 613 pp.
- Williams, T. y B.C. Bedford. 1974. The use of otolith for age determination. En: *Ageing of Fish*: 114-123. T.B. Bagenal (ed.). Unwin Brothers, London.
- Williams, R. y A. McEldowney. 1990. A guide to the fish otoliths from waters off the Australian Antarctic Territory, Heard and Macquarie Islands. *ANARE Research Notes*, 75: v + 173 pp.
- Wilson, C.A., J.M. Dean, E.D. Prince y D.W. Lee. 1991. An examination of sexual dimorphism in Atlantic and Pacific blue marlin using body weight, sagittae weight, and age estimates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 151: 209-225.
- Wysonkinski, A. 1983. Photographic guide for the determination from otoliths of the age of young hake *Merluccius capensis* from South West Africa (Namibia). *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 1: 19-55.
- Wootton, R.J. 1990. *Ecology of teleost fishes*. Chapman and Hall, London: 404 pp.
- Worthington, D.G., P.J. Doherty y A.J. Fowler. 1995. Variation in the relationship between otolith weight and age: implications for the estimation of age of two tropical damselfish (*Pomacentrus moluccensis* and *P. wardi*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 233-242.

X

- Xiao, Y. 1996. How does somatic growth rate affect otolith size in fishes? *Can. J. Fih. Aquat. Sci.*, 53: 1675-1682.

Y

Yosef, T.G. y J.M. Casselman. 1995. A procedure for increasing the precision of otolith age determination of tropical fish by differentiating biannual recruitment. En: *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 247-269. D.H. Secor, J.M. Dean y S.E. Campana (eds.). University of South Carolina Press, South Carolina.

Z

- Zanuy, S. 1977. Inducción a la puesta y estudio de la ovogénesis en un teleósteo marino: *Paracentropistis cabrilla* L. *Inv. Pesq.*, 41 (2): 337-384.
- Zanuy, S. y M. Carillo. 1973. Estudio histológico del ovario de cabrilla (*Paracentropistis cabrilla*) (L.) en relación con la ovogénesis. *Inv. Pesq.*, 37 (1): 147-165.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall International, 3rd edit., New Jersey: 662 pp.
- Zhang, Z. y N.W. Runham. 1992. Temporal deposition of incremental and discontinuous zones in the otoliths of *Oreochromis niloticus* (L.). *J. Fish Biol.*, 40: 333-359.
- _ivkov, M.T., T.A. Trichkova y G.N. Raikova-Petrova. 1999. Biological reasons for the unsuitability of growth parameters and indices for comparing fish growth. *Environ. Biol. Fish.*, 54: 67-76.