

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



**TESIS DOCTORAL**

**ESTUDIO DEL CICLO BIOLÓGICO DE LA SALEMA *SARPA*  
*SALPA* (LINNAEUS, 1758) EN AGUAS DE GRAN CANARIA**

**MARÍA MÉNDEZ-VILLAMIL MATA**

Las Palmas de Gran Canaria, 2001

45/2000-01

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
UNIDAD DE TERCER CICLO Y POSTGRADO

Reunido el día de la fecha, el Tribunal nombrado por el Excmo. Sr. Rector Magfco. de esta Universidad, el/a aspirante expuso esta TESIS DOCTORAL.

Terminada la lectura y contestadas por el/a Doctorando/a las objeciones formuladas por los señores miembros del Tribunal, éste calificó dicho trabajo con la nota de *Sobresaliente cum laude p. v.*

Las Palmas de Gran Canaria, a 13 de junio de 2001.

El/a Presidente/a: Dr. D. Joandomenec Ros Aragones,

El/a Secretario/a: Dra. Dña. Lidia Medina Falcón,

El/a Vocal: Dr. D. Ángel Luque Escalona,

El/a Vocal: Dr. D. Ignacio Lozano Soldevilla,

El/a Vocal: Dr. D. José Antonio González Pérez,

La Doctoranda: D<sup>a</sup>. María Méndez-Villamil Mata,

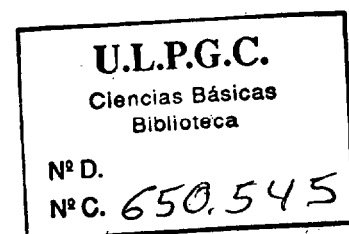


UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DEL CICLO BIOLÓGICO DE LA SALEMA *SARPA*  
*SALPA* (LINNAEUS, 1758) EN AGUAS DE GRAN CANARIA**



MARÍA MÉNDEZ-VILLAMIL MATA

2001

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
PROGRAMA DE ECOSISTEMAS LITORALES

**ESTUDIO DEL CICLO BIOLÓGICO DE LA SALEMA *SARPA*  
*SALPA* (LINNAEUS, 1758) EN AGUAS DE GRAN CANARIA**

Tesis Doctoral presentada por Dña. María Méndez-Villamil Mata

Dirigida por el Dr. D. José María Lorenzo Nespereira

Dirigida por el Dr. D. José Mario González Pajuelo

Dr. ~~José María Lorenzo Nespereira~~  
Director

Dr. ~~José Mario González Pajuelo~~  
Director

Dña. María Méndez-Villamil Mata  
Doctoranda

Las Palmas de Gran Canaria, mayo del 2001



*A vosotros que me lo disteis todo*

Vuestra hija

*De vez en cuando es bueno  
ser consciente  
de que hoy, de que ahora,  
estamos fabricando las nostalgias  
que descongelarán  
algún futuro*

Mario Benedetti

## **AGRADECIMIENTOS**

---

Son las 00:30 h. Estoy en el aeropuerto de Gran Canaria esperando un vuelo que, como es habitual últimamente, llega con retraso. Ya me leí el Marca e hice unos cuantos autodefinidos. Sospechando lo peor me traje también un artículo de Votros *et al.* (1985) que habla acerca de la biometría de la boga *Boops boops* (L.). Como no tengo otro papel aprovecho las fotocopias del artículo para intentar escribir los agradecimientos de esta larga aventura que estoy viviendo y no acabo de ver su fin, la TESIS. Quiero escribir los agradecimientos a modo de carta porque creo que así estoy más cerca de vosotros, todas esas personas que estuvisteis ahí apoyándome, empujándome, animándome a seguir, a no tirar la toalla, enseñándome a saborear el premio de la constancia y la paciencia.

En primer lugar, quiero daros las gracias a mis directores, José María Lorenzo Nespereira y José Mario González Pajuelo, por el tiempo que me habéis dedicado. Por vuestra paciencia, vuestra tenacidad y vuestra desesperación, en muchas ocasiones estoy segura, me encuentro hoy aquí escribiendo el último capítulo de mi Tesis.

Agradezco a la Dirección General XIV (Pesca) de la Comisión Europea el haberme concedido una beca en el marco del proyecto "*Biology of some Macaronesian deep-sea commercial species*".

A toda la gente del Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, especialmente a todos los que compartimos la "envidiable" situación de becarios. Desde dentro o desde fuera fuisteis partícipes de mis altibajos a lo largo de estos cuatro años. No sé disimular, el careto me delata. Cuántos cafés, cuántos cigarros, cuántas comidas y cenas arreglando el mundo y, en ocasiones, desvariando un poco. Ese día a día, una sonrisa o una palmadita de ánimo y ¡venga, a seguir!, para mí es fundamental. Gracias.

Al grupo de Recursos Pesqueros del Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, por vuestro compañerismo, por resolver todas las dudas que me fueron surgiendo, por vuestra colaboración, por vuestra amistad. Gracias.

---

Gracias Antonio por tu amistad y por tu apoyo logístico.

Gracias Pili por ser tan buena amiga, por disfrutar enseñando, por intentar que la gente que está a tu lado se sienta a gusto y por conseguirlo, por introducirme en el mundo de la histología, de la fotografía y enseñarme mucho, muchísimo sobre la vida.

Edurne, qué te puedo decir a ti que tú no sepas. Amiga dentro, amiga fuera. Amiga. Pues eso, que te quiero mucho.

Josep, gracias por tus billones de favores, por tu paciencia, por estar siempre dispuesto a escuchar, por compartir, quizá más que nadie, todos los momentos que pasamos durante cuatro años entre estos muros de hormigón, por tus consejos, casi siempre sabios, y por hacerme ver que la cordura también puede resultar interesante. A veces.

A todo el personal de Conserjería, Biblioteca y Secretaría de la Facultad de Ciencias del Mar por resolver los mil problemillas que van surgiendo día a día.

A la gente del Taliarte (Solea, Pepe Ignacio, Nacho, Chano, Quiqui, Vicente, Mercedes, Víctor, etc...). Desde aquella primera campaña, recuerdo especialmente una noche en La Restinga, ocupáis un lugar especial en mi corazón. Contagiáis alegría combinada con el trabajo bien hecho. El otro día Solea, decías en la tesis de Mercedes y de Víctor que el sentido del humor era indispensable en la vida y en el trabajo. Yo también lo creo. Os quiero mucho a todos. Siempre que os necesité estuvisteis ahí y ahora que me alejé un poco, estoy segura de que seguís estando ahí. Gracias. Vicente, te recuerdo en el Taliarte y sonrío.

A mis amigas Loli y a Leo por proporcionarme la materia prima necesaria para la realización de este estudio, los peces, y por hacer que las mañanas de escaqueo en busca de muestras me llenaran de aire marineró.

---

Quiero dedicaros éste, mi primer libro, a vosotros, los mejores padres del mundo, mis padres, Ana y Mané. No os podéis imaginar lo que os quiero y lo que os debo. Os lo debo todo, la vida, el cariño, las facilidades que siempre me disteis para cualquier empresa, arriesgada o no, que se me haya pasado por la cabeza. El mimo. Para mí fundamental. El apoyo constante. Los millones que os habréis gastado en teléfono y sólo para oír, muchas veces, muchísimas, llantinas y más llantinas de esta hija que, aunque os quiere con locura, no deja de ser un poco desastre. Muchísimas gracias por ser como sois.

María, Totoya, Sara, mis compañeras de piso favoritas, mis ayudantes en los muestreos, mis informáticas, mis amigas. A Sara Carla por aquel paseo en Las Canteras. Quizá vosotras hayáis sido la más pacientes del mundo mundial. Gajes de vivir con una persona que está haciendo una tesis. A vosotras os tocó todo, lo bueno, lo malo, lo regular. Tantos y tantos momentos especiales. Por todo eso y mucho más, gracias.

A mis amigos de aquí. Da gusto tener amigos, amigos de verdad. Quizá vosotros seáis los principales culpables de que hoy, ahora, me encuentre escribiendo esta carta que ojalá algún día ocupe su lugar. Os quiero muchísimo. Gracias a vosotros soy lo que soy hoy. Durante estos años, casi diez, me ayudasteis a moldear una persona. Una persona con defectos y virtudes. Creo que una buena persona, por lo menos con buenas intenciones. No voy a ir uno por uno porque creo que me alargaría demasiado. Además, cada uno de vosotros sabe lo que os quiero decir, conoce los momentos que pasamos juntos en todo este tiempo, muchos de ellos muy especiales, ¿verdad?. Es difícil llevar la vida tan lejos de casa. Pero como dice mi amigo Bernardo, vosotros sois mi familia aquí. Me estoy emocionando y todavía no leí la Suficiencia Investigadora.

A Eduardo y Marisa por el ánimo que siempre me transmitisteis y a Pablo y a Sara por ese “mamá ya” que escuché tantas veces al otro lado del teléfono.

No puedo olvidar a mis amigos de Boal. Aunque estemos a 2000 km, y no

hablemos muy a menudo, yo os siento aquí. También a vosotros os tocó aguantarme tres veces al año. Ojalá hubiesen sido más.

Miguel, gracias por dar ese toque gigantesco de felicidad a mi vida, por quererme tanto y por regalarme mil futuros.

## ÍNDICE



---

1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Justificación y objetivos	2
1.2. Antecedentes	4
1.3. La especie	5
1.3.1. Nomenclatura	5
1.3.2. Taxonomía	6
1.3.3. Diagnósis y descripción	6
1.3.4. Distribución geográfica	11
1.3.5. Hábitat	12
1.3.6. Características generales	13
1.3.7. Interés pesquero	14
1.4. El área de estudio	16
1.4.1. Localización	16
1.4.2. Características oceanográficas	17
2. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES	22
2.1. Metodología de campo	23
2.1.1. Procedencia de las muestras	23
2.1.2. Descripción de los puertos	24
2.1.3. Diseño del muestreo	26
2.2. Metodología de laboratorio	29
3. SEXUALIDAD Y REPRODUCCIÓN	33
3.1. Introducción	34
3.2. Materiales y métodos	34
3.3. Resultados	40
3.3.1. Sexualidad	40
3.3.2. Reproducción	43

Índice	viii
3.4. Discusión	50
4. CRECIMIENTO	54
4.1. Introducción	55
4.2. Materiales y métodos	57
4.3. Resultados	63
4.3.1. Relación Talla-Peso	63
4.3.2. Edad y Crecimiento	65
4.4. Discusión	78
5. MORFOMETRÍA	83
5.1. Introducción	84
5.2. Materiales y métodos	85
5.3. Resultados	89
5.3.1. Modelo de Regresión de Huxley	89
5.3.2. Análisis de Componentes Principales	98
5.4. Discusión	111
6. ALIMENTACIÓN	114
6.1. Introducción	115
6.2. Materiales y métodos	116
6.3. Resultados	119
6.4. Discusión	125
7. CONCLUSIONES	128
BIBLIOGRAFÍA	133

# **1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

## 1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En Gran Canaria ha existido siempre una importante tradición pesquera que, debido a la reducida plataforma insular y a la escasa abundancia de las poblaciones marinas, ha tenido que desarrollarse, en gran parte, de forma artesanal y familiar (González, 1991; Pajuelo, 1997).

Entre las explotaciones de carácter artesanal que se desarrollan en aguas litorales de Gran Canaria, la que está dirigida hacia la captura de especies de peces demersales es la que, sin duda, ocupa a mayor número de personas y reporta mayores rendimientos económicos. El número de especies de peces que se explotan en la pesquería artesanal demersal grancanaria es elevado, aproximadamente una centena, la mayoría de las cuales son muy apreciadas en los mercados locales, donde alcanzan precios considerables. La flota pesquera que explota estos recursos de fondo está conformada por numerosas embarcaciones de bajura que se distribuyen a lo largo del litoral de la Isla y ejercen su actividad en la franja costera, entre 0 y 250 m de profundidad. Los sistemas de pesca que se utilizan en esta pesquería, muy diversos, se caracterizan por ser, en general, poco selectivos. El diseño y el manejo de las técnicas de pesca se transmite, por lo común, de padres a hijos. Los puntos de descarga de las capturas son muy numerosos, pudiendo ser desde simples playas o calas hasta pequeños puertos. La comercialización de los productos se realiza de muy diversas formas, teniendo lugar en muchas ocasiones a pie de playa. Los canales de comercialización son, en general, inadecuados, llegándose incluso al monopolio (Pajuelo y Lorenzo, 1995; Pajuelo, 1997).

En la pesquería artesanal grancanaria de especies de peces demersales, el grupo taxonómico más importante, en cuanto se refiere a volumen de capturas, es con diferencia la familia Sparidae (Pajuelo y Lorenzo, 1995; Pajuelo, 1997). Entre los espáridos más frecuentes en las capturas demersales efectuadas por la flota artesanal en aguas de Gran Canaria se encuentra la salema *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), especie

que está sometida a una intensa explotación en el área, habiéndose observado en los últimos años síntomas de agotamiento –descenso del volumen de las capturas y disminución de la talla media en las capturas– en su stock (Pajuelo, *com. pers.*). Esta situación obliga a los responsables de la Administración Pesquera competente a gestionar adecuadamente la pesquería de esta especie, a fin de garantizar la conservación del stock y, con ello, evitar desequilibrios en los ecosistemas en que se integra.

Para compatibilizar de forma racional la actividad humana de la pesca con la conservación de los recursos sometidos a explotación, es decir para conseguir la producción máxima sostenible de la pesquería, es preciso implantar estrategias de pesca apropiadas mediante la adopción de medidas técnicas de gestión y, por supuesto, la vigilancia del eficaz cumplimiento de las mismas. La adopción de esas medidas técnicas exige de un conocimiento exhaustivo de la biología de los individuos, pues muchos parámetros biológicos son requeridos como datos de entrada en los modelos de evaluación y algunos de ellos, además, constituyen por sí solos un instrumento básico para organizar y regular la pesca (González, 1991).

En este sentido, pues, el presente trabajo pretende contribuir al conocimiento del ciclo biológico de la salema *S. salpa* de Gran Canaria. Es preciso señalar, al respecto, que este estudio constituye la primera aportación sobre la biología de dicha especie en Gran Canaria.

En concreto, en este trabajo se analiza la forma del cuerpo de los individuos y sus variaciones a lo largo del ciclo de vida, se estudian las características sexuales y reproductoras, se determina el crecimiento y se describen los hábitos alimenticios para la salema *S. salpa* en Gran Canaria.

## 1.2. ANTECEDENTES

Los estudios que tratan sobre aspectos biológicos de la salemas *S. salpa* se refieren a stocks localizados en el Mar Mediterráneo, en el Océano Atlántico y en el Océano Índico.

La mayoría de los trabajos relativos a las características biológicas de la salemas corresponden al Mediterráneo y se refieren a diferentes stocks. Para el stock que se localiza en el Adriático, Antolic *et al.* (1994) determinaron el período reproductor y las características tróficas de la especie y Dulcic y Kraljevic (1996) analizaron las relaciones talla-peso. En el Golfo de Túnez, Anato y Ktari (1983a) y Anato *et al.* (1983) determinaron el período reproductor y Anato y Ktari (1983b) establecieron las características tróficas de *S. salpa*. Para la salemas del Golfo de León, Reinboth (1962), Atz (1964), Lissia-Frau (1966, 1968), Lissia-Frau y Casu (1968), Michèle (1972, 1977), Michèle y Lafaurie (1974), Febvre *et al.* (1975) y Sellami y Brusslé (1975) establecieron la tipología sexual y Verlaque (1990) y Havelange *et al.* (1997) determinaron las características tróficas de la especie.

Sólo en un trabajo se hace mención a la biología de la salemas en el Océano Atlántico. En él, Bauchot *et al.* (1981) informan acerca de la tipología sexual y la época de puesta del stock que se localiza al norte de Cabo Verde.

Los trabajos que tratan acerca de las características biológicas de la salemas en aguas del Océano Índico son escasos y se refieren exclusivamente al stock de KwaZulu-Natal (Sudáfrica). Para los individuos de ese stock, Joubert (1981) y van der Walt y Mann (1998) determinaron el tipo sexual, la proporción de sexos, el período reproductor y las tallas medias de primera madurez y de maduración masiva, van der Walt y Beckley (1997) establecieron la relación talla-edad y estimaron los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy, Gerking (1984) elaboró un estudio

completo sobre el proceso digestivo, y Christensen (1978), Joubert y Hanekom (1980), Whitfield (1985) y Bennett (1989) establecieron la tipología trófica.

No existen estudios previos que hagan referencia a la biología de la salema *S. salpa* en aguas del Archipiélago canario.

### 1.3. LA ESPECIE

#### 1.3.1. NOMENCLATURA

##### **Nombre Científico**

El nombre científico de la salema es *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758).

##### **Sinonimias**

Otros nombres científicos utilizados para esta especie han sido *Sparus salpa* Linnaeus, 1758, *Box goreensis* Valenciennes, 1830, *Box salpa* Valenciennes, 1843, *Boops goreensis* Duméril, 1858, *Eusalpa salpa* Chabanaud y Monod, 1927, y *Salpa salpa* Cadenat, 1951 (Bauchot y Hureau, 1990).

##### **Nombres Comunes**

El nombre común oficial utilizado para designar a esta especie en España es salema (Bauchot y Hureau, 1986; Bauchot y Hureau, 1990). En las Islas Canarias, según las localidades, a esta especie se le conoce como salema, macho de salema, panchona o machete. El nombre común más extendido en el Archipiélago es salema, utilizándose panchona para designar a los juveniles (Brito, 1991; Franquet y Brito, 1995; González *et al.*, 1995).

En la tabla 1.1 se relacionan los nombres comunes oficiales de *S. salpa* en otros países.

### 1.3.2. TAXONOMÍA

A *S. salpa* le corresponde, de acuerdo con la clasificación de los peces óseos propuesta por Nelson (1994), la siguiente posición taxonómica:

#### SUPERCLASE GNATHOSTOMATA

Grado Teleostomi

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

División Teleostei

Subdivisión Euteleostei

Superorden Acanthopterygii

Serie Percomorpha

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Superfamilia Percoidea

Familia Sparidae

Género *Sarpa* Bonaparte, 1831

### 1.3.3. DIAGNOSIS Y DESCRIPCIÓN

#### Orden Perciformes

Cuerpo casi siempre oblongo, algunas veces comprimido y alto y en algún caso acintado. Escamas bien desarrolladas, generalmente grandes y ctenoideas. Mandíbula superior bordeada por los premaxilares, que son protráctiles. Línea lateral recta o algo encorvada hacia su origen. Dos aletas dorsales, una espinosa y otra blanda, generalmente unidas para formar una sola, casi siempre con la porción espinosa bien definida. Aleta anal con tres radios espinosos en su origen, raras veces con dos o uno, siempre incluidos en la membrana de la aleta, como en la primera aleta dorsal. Aletas pectorales redondeadas, agudas o falciformes, siempre flexibles y fácilmente plegables. Aletas ventrales en posición torácica, con un radio espinoso y cinco blandos. Aleta



caudal escotada, truncada o redondeada. Pedúnculo caudal ancho, sin quillas laterales. Cintura escapular sin mesocoracoides, suspendida del cráneo por medio de un postemporal ahorquillado y unida a la cintura pelviana. Huesos parietales separados por el supraoccipital. Huesos radiales de la cintura escapular con forma de reloj de arena, el inferior, y a veces algún otro, inserto en el coracoides. Pseudobranquias presentes. Vejiga natatoria sin conducto neumático (Lozano y Rey, 1952).

**Tabla 1.1.** Nombres comunes de *Sarpa salpa* en diferentes países.

Pais	Nombre común
Albania	Salpe
Alemania	Goldstriemme
Angola	Salema
Cabo Verde	Boga
Dinamarca	Okseojefisk
Eslovenia	Salpa
Estados Unidos de América	Goldline, salpa
Finlandia	Boga
Francia	Saupe
Ghana	Otoe
Gran Bretaña	Goldline, salema
Grecia	Sálpa-sárpa
Holanda	Gestreepte
Italia	Salpa
Líbano	S'olboûn
Mauritania	Saupes
Mozambique	Salema
Namibia	Strepie
Noruega	Okseoyefisk
Polonia	Salpa
Portugal	Salema, salenca
Rusia	Sal'pa
Sudáfrica	Strepie
Suecia	Oxógonfisk
Turquía	Çitari, zarpan
Yugoslavia	Salpa

Casi todos son marinos, algunos viven en los estuarios de los ríos e incluso, permanentemente, en las aguas dulces. Abundan, sobre todo, en la región litoral, pero

también pueden encontrarse en los fondos de la plataforma continental, sin alcanzar grandes profundidades (Lozano y Rey, 1952).

### **Familia Sparidae**

Cuerpo comprimido, frecuentemente alto. Escamas adherentes, generalmente ctenoideas y grandes. Boca pequeña y poco protráctil. Paladar sin dientes. Mandíbulas con dientes incisivos, caninos o molares. Suborbitarios muy desarrollados, el primero cubriendo al maxilar en gran parte. Un par de aberturas nasales a cada lado. Cuatro arcos branquiales, el cuarto con una abertura detrás. Una pseudobranquia. Línea lateral única y aparente. Una sola aleta dorsal, con la porción anterior sostenida por radios espinosos, y el resto por radios blandos. Aleta anal con los tres primeros radios espinosos. Aletas pectorales delicadas y falciformes. Aletas ventrales insertas en posición torácica, con un radio espinoso y cinco blandos. Aleta caudal bastante escotada. Vejiga natatoria presente. Ciegos pilóricos poco numerosos (Lozano y Rey, 1952; Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986).

Coloración generalmente viva y variada, siendo frecuente la existencia de fajas transversales. Color, por lo general, plateado, rojo o rosado (Lozano y Rey, 1952; Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986).

La mayoría de las especies son carnívoras, alimentándose de crustáceos y moluscos. También hay especies herbívoras y omnívoras (Lozano y Rey, 1952).

Es una de las familias más importantes de peces marinos. Sus numerosos géneros (37) comprenden muchas especies (121), las cuales se encuentran repartidas por los mares templados y cálidos. Casi todas las especies son litorales, no alejándose demasiado de la costa, sin llegar a vivir en profundidades de consideración, aunque sus costumbres suelen ser, como en la mayoría de las especies litorales, predominantemente

bentónicas. Sus fondos preferidos son los de roca. Algunas especies frecuentan los fondos de la plataforma continental e incluso a los pelágicos.

### **Género *Sarpa***

Cuerpo oblongo, comprimido, con la altura máxima contenida generalmente menos de tres veces en la longitud precaudal. Aleta dorsal con once o doce radios espinosos. Porción frontal de ambas mandíbulas con una sola serie de numerosos dientes incisivos en la mandíbula superior con el borde escotado en el centro, y en la inferior son lanceolados y de tamaño menor (Lozano y Rey, 1952; Bauchot y Hureau, 1990).

Flancos recorridos por una docena de estrechas bandas, doradas, bastante visibles (Lozano y Rey, 1952; Bauchot y Hureau, 1990).

Hasta el momento, sólo se ha descrito una especie en este género, que es *S. salpa*.

### **Especie *Sarpa salpa***

Cuerpo oblongo y moderadamente comprimido (figura 1.1). Cabeza pequeña, contenida alrededor de cuatro veces en la longitud precaudal. Hocico romo. Ojo mediano, de diámetro contenido de algo más de tres veces a cerca de cinco veces en la longitud cefálica y de algo menos a algo más de una vez en la longitud preorbitaria. Borde posterior de la pupila en el centro de la longitud de la cabeza y el inferior orbitario cortando al eje longitudinal del cuerpo. Huesos preorbitarios muy estrechos. Boca pequeña y subterminal. Labios gruesos. Mandíbula superior ligeramente proyectada. Una sola serie de dientes incisivos en cada mandíbula, los de la superior recortados en el borde y los de la inferior, de menor tamaño, deprimidos en la cara externa; todos los incisivos con las raíces expuestas, bien visibles. Preopérculo sin escamas. De doce a catorce branquiespinas en la parte inferior del primer arco y de seis a siete en la superior. Aletas relativamente pequeñas, de consistencia muy delicada y

transparentes, salvo la caudal, que es más consistente y opaca. Aleta dorsal con once o doce radios espinosos y de catorce a diecisiete radios blandos. Cuarto o quinto radio espinoso de la aleta dorsal, que viene a ser el más largo, de longitud contenida más de dos veces en la longitud cefálica. Aleta anal con tres radios espinosos y de trece a quince radios blandos. Radio blando más largo de la anal de longitud contenida más de tres veces en la longitud cefálica. Aletas pectorales cortas. Base de la aleta anal de longitud contenida menos de dos veces y media en la longitud de la dorsal. Aleta caudal con borde posterior escotado, estando la longitud de sus radios centrales contenida aproximadamente dos veces y media en la longitud de los marginales mayores. De setenta a ochenta escamas en la línea lateral (Lozano y Rey, 1952; Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986).



**Figura 1.1.** Salema *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758).

Color gris azulado, más oscuro en la cabeza y más claro en el vientre (figura 1.1). Diez u once bandas longitudinales de color dorado en los flancos. Ojo amarillo. Espacio

interorbital y línea lateral gris oscuro. Un pequeño lunar en la parte superior de la base de la aleta pectoral. Aletas dorsal, anal, pectorales y ventrales azuladas, con los radios de un color ocre rojizo. Aleta caudal parda, menos pigmentada hacia el extremo (Lozano y Rey, 1952; Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986).

Talla máxima de 45 cm de longitud estándar. Talla común de 30 a 35 cm de longitud estándar (Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986).

#### 1.3.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

*S. salpa* se distribuye en los océanos Atlántico e Índico (figura 1.2). En el Océano Atlántico, se encuentra a lo largo de las costas europeas y africanas, desde el Mar del Norte (52° N) hasta Sudáfrica (35° S), incluyendo los archipiélagos de Madeira, Canarias y Cabo Verde. También se localiza en el Mar Mediterráneo y en el Mar

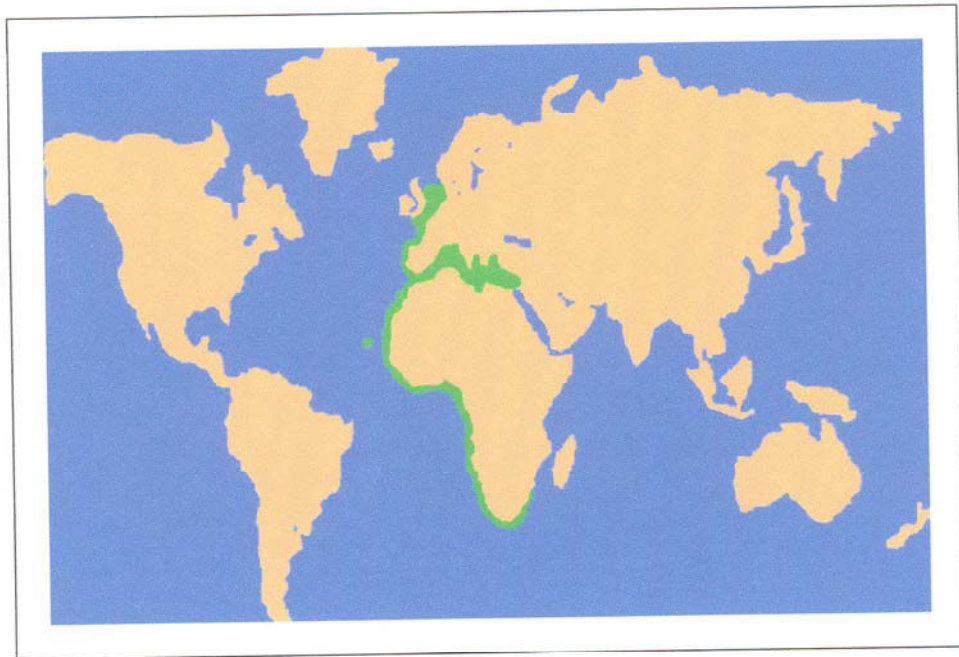


Figura 1.2 . Distribución geográfica de la salemá *Sarpa salpa*.



Negro (Bini, 1968; Tortonese, 1975; Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986; Bauchot y Hureau, 1990). En el Índico, se localiza desde Sudáfrica (35° S) hasta el sur de Mozambique (28° S) (Joubert y Hanekom, 1980; Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986; Smith y Heemstra, 1986; Bauchot y Hureau, 1990).

### 1.3.5. HÁBITAT

*S. salpa* es una especie epibentónica que habita sobre diversos tipos de fondo, principalmente sobre sustratos rocosos y arenosos, así como en áreas cubiertas de abundante vegetación algal. Por lo general, se localiza sobre la plataforma, hasta 100 m de profundidad (Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986).

En Canarias, se encuentra en sustratos rocosos y en praderas de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1805, principalmente sobre fondos rocosos con densa vegetación algal (figura 1.3) (Brito, 1991; Franquet y Brito, 1995; González *et al.*, 1995).



**Figura 1.3 .** Hábitat característico de la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria.

### 1.3.6. CARACTERÍSTICAS GENERALES

*S. salpa* es una especie gregaria que forma bancos constituidos mayoritariamente por individuos de la misma clase de talla (figura 1.4), situándose los cardúmenes de tallas más pequeñas a menor profundidad que los de tallas mayores (Verlaque, 1990). Su dieta está constituida principalmente por algas, aunque de manera ocasional preda sobre pequeños crustáceos (Christensen, 1978; Whitfield, 1985). Los tipos sexuales descritos para esta especie son varios, a saber, hermafroditismo proterándrico (Lissia-Frau, 1966, 1968; Lissia-Frau y Casu, 1968; Michèle, 1972, 1977; Michèle y Lafaurie, 1974; Febvre *et al.*, 1975; Bauchot y Hureau, 1990), hermafroditismo rudimentario o gonocorismo tardío (Reinboth, 1962; Atz, 1964; Michèle, 1972, 1977; Michèle y Lafaurie, 1974; Febvre *et al.*, 1975; Joubert, 1981) y diginia con proterandria parcial (van der Walt y Mann, 1998). La fertilización es externa. La puesta ocurre, en general, una vez al año (Joubert, 1981; Anato y Ktari, 1983; Anato *et al.*, 1983; Antolic *et al.*,

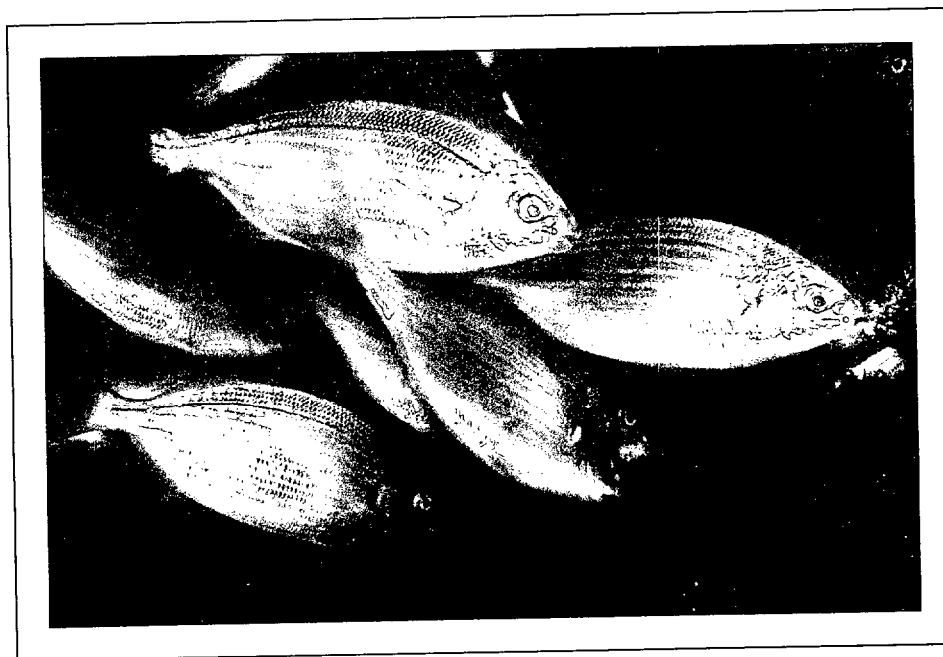


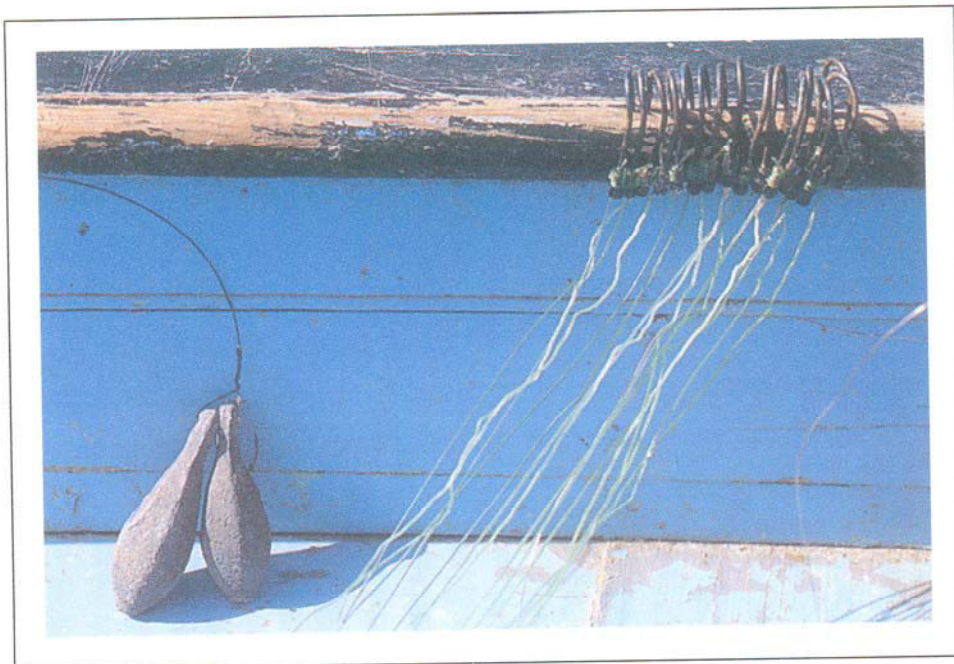
Figura 1.4 . Cardúmen de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria.

1994; van de Walt y Mann, 1998), aunque puede presentar dos períodos de freza en una misma anualidad (Bauchot *et al.*, 1981).

### 1.3.7. INTERÉS PESQUERO

En general, *S. salpa* es una especie apreciada de forma diferente según su área de distribución. Sus capturas no son, en general, muy importantes. Se pesca principalmente con liñas, redes de arrastre de fondo y trampas. Se comercializa en fresco y seca; también se utiliza para elaborar piensos de pescado y aceites (Bauchot y Hureau, 1990).

En las Islas Canarias, es diferentemente apreciada según zonas debido a que tiene un fuerte sabor a algas. Posee una gran importancia en cuanto a las capturas se refiere. Se captura con liñas (figura 1.5), nasas (figura 1.6), trasmallos (figura 1.7) y encerronas o salemeras (figura 1.8) desde embarcaciones de litoral o de bajura con alto grado



**Figura 1.5** . Liñas utilizadas por la flota artesanal de Gran Canaria (foto cedida por Vicente Rico).

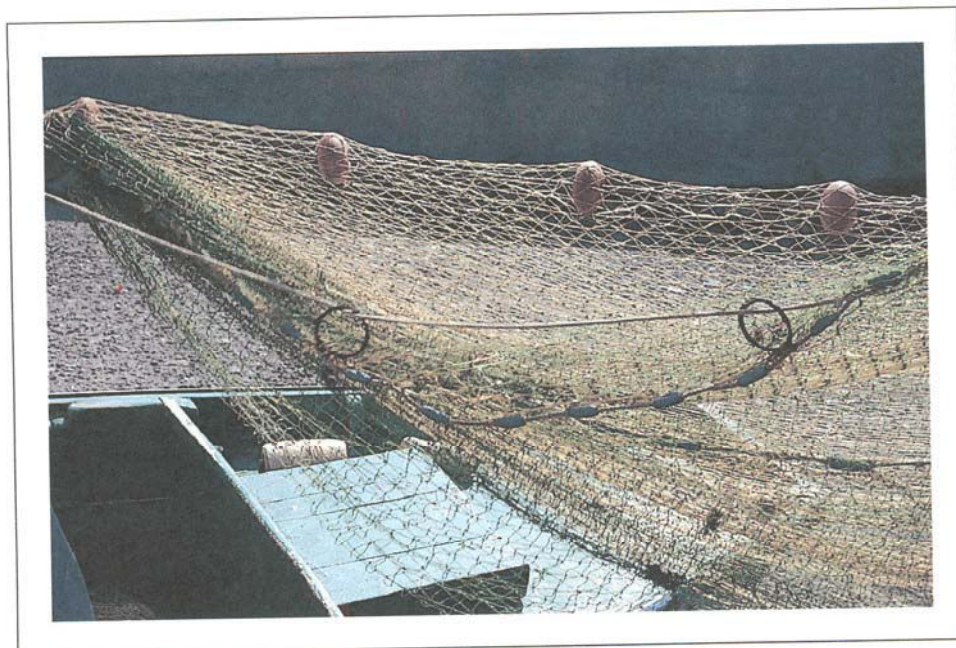




**Figura 1.6** . Nasas para peces utilizadas por la flota artesanal de Gran Canaria (foto cedida por Vicente Rico).



**Figura 1.7** . Redes de enmalle utilizadas por la flota artesanal de Gran Canaria (foto cedida por Vicente Rico).



**Figura 1.8** . Salemera utilizada por la flota artesanal de Gran Canaria (foto cedida por Vicente Rico).

de polivalencia y escaso poder de desplazamiento, en aguas comprendidas entre 0 y 50 m de profundidad. Se comercializa en fresco y, cuando hay excedente en la pesquería, también “jareada”, esto es abierta y seca (Franquet y Brito, 1995).

## 1.4. EL ÁREA DE ESTUDIO

### 1.4.1. LOCALIZACIÓN

Las Islas Canarias constituyen un archipiélago atlántico africano situado entre 27° 40' y 29° 25' N y entre 13° 25' y 18° 16' O, a unos 115 km de la costa de Marruecos (figura 1.9).

Entre las siete islas principales que conforman el Archipiélago se encuentra Gran Canaria, que ocupa el área central.



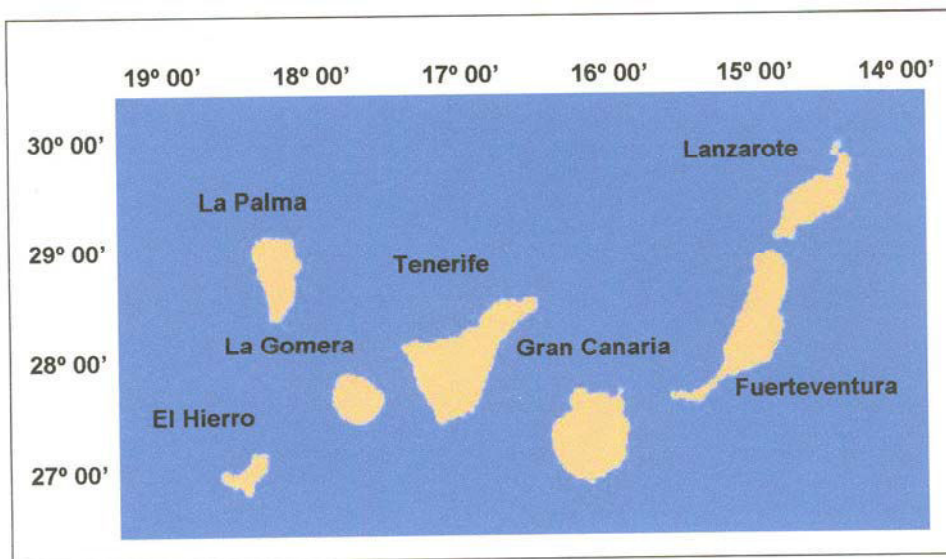


Figura 1.9. Localización del Archipiélago canario.

#### 1.4.2. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

Las Islas Canarias, de origen volcánico, se elevan de forma brusca desde el fondo oceánico, alcanzándose profundidades de, aproximadamente, 3000 m entre algunas de ellas. La naturaleza volcánica de las Islas se traduce en la ausencia de plataformas insulares amplias. Éstas se caracterizan por ser, por lo general, estrechas y estar seguidas de un talud que alcanza los 200 m de profundidad cerca de la costa. En el caso concreto de Gran Canaria, el área donde la plataforma es más extensa se localiza al sur-suroeste de la Isla.

Los fondos marinos de Canarias se caracterizan, en general, por ser rocosos, aunque también aparecen zonas arenosas, fangosas y de grava.

Uno de los principales factores que condiciona las características oceanográficas del mar canario es la situación geográfica de las Islas. Éstas se hallan situadas al sureste del giro subtropical del Atlántico Norte que se extiende desde la Corriente del Golfo, vía la Corriente de Azores (CA) y la Corriente de Canarias (CC), hasta la Corriente Nor-

Ecuatorial (CNE). Una rama del giro se encuentra al oeste de Canarias. Otra rama se acerca a Madeira, cruza el Archipiélago canario y se une con la Corriente de Canarias que fluye hacia el sur a lo largo de la costa africana (Stramma y Siedler, 1988; Maillard y Käse, 1989). En suma, por la región marítima de Canarias, entre la superficie y la cota de 800 m de profundidad, fluyen tres corrientes marinas (CA, CC y CNE) –las dos primeras, en dirección sur, se reencuentran con la tercera, en dirección norte– y a lo largo de sus desplazamientos, resultan desviadas hacia el oeste (Medina, 1995). Como resultado de este esquema general de circulación, las aguas que llegan a Canarias desde latitudes más septentrionales, fundamentalmente la Corriente de Canarias, discurriendo en dirección sur-suroeste, generan un ambiente marino global más frío que el que cabría esperar en virtud de la latitud geográfica, con temperaturas de características cálido-templadas y sin grandes variaciones estacionales.

Las aguas superficiales (hasta 150 m de profundidad) de Canarias están muy influenciadas por las condiciones atmosféricas y por la dinámica de la capa de mezcla. Bajo estas aguas superficiales es conocida la presencia de cuatro masas de agua: Agua Central del Atlántico Norte, Agua Antártica Intermedia, Agua Mediterránea y Agua Profunda Noratlántica. Estas masas de agua presentan características de temperatura, salinidad, oxígeno y nutrientes muy diferentes (Medina, 1995).

La temperatura superficial del agua oscila a lo largo del año entre 17 °C en marzo-abril y 24 °C en septiembre-octubre (Bordes, 1993; Franquet y Brito, 1995; Medina, 1995). En profundidad, la temperatura disminuye desde 16-17 °C, a 200 m, hasta 2 °C, a 1500 m (Braun, 1980; Llinás *et al.*, 1993). La salinidad oscila muy poco en los primeros metros de la columna de agua. Llinás *et al.* (1993) han observado valores de salinidad que oscilan entre los 36,54 y 36,64 USP en los primeros 100 m. La salinidad disminuye con la profundidad, alcanzando valores que van desde 36,54 hasta 36,25 USP entre 100 y 200 m. A 1000 m de profundidad, los valores oscilan en torno a 35,13 USP.

Desde el punto de vista de los nutrientes, los resultados obtenidos por Llinás *et al.*

(1993) ponen de manifiesto el carácter oligotrófico de las aguas superficiales. Los autores determinaron valores de fosfatos en superficie de 0,18  $\mu\text{moles/l}$ , con un mínimo a 20 m de profundidad (0,13  $\mu\text{moles/l}$ ) y un máximo profundo localizado a 900 m (1,71  $\mu\text{moles/l}$ ). Los valores conjuntos de nitritos y nitratos presentan una tendencia decreciente con un mínimo subsuperficial a 30 m (0,45  $\mu\text{moles/l}$ ) y, a partir de esta profundidad, la concentración tiende a aumentar hasta alcanzar un máximo a 900 m (26,30  $\mu\text{moles/l}$ ). Los silicatos presentan una distribución semejante, con valores comprendidos entre los 0,27  $\mu\text{moles/l}$  a 30 m y 18,62  $\mu\text{moles/l}$  a 1000 m.

Los valores de la biomasa estimada como clorofila *a* son también muy bajos (0,15-0,25 mg  $\text{Cl}/\text{m}^3$ ), como muestran los resultados de los contenidos pigmentarios realizados en aguas de Canarias (Bordes *et al.*, 1987; Arístegui, 1990), aunque durante el florecimiento primaveral pueden detectarse valores de hasta 1 mg  $\text{Cl}/\text{m}^3$  (Braun y Real, 1981; Medina, 1995).

En cuanto se refiere a la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el área de estudio, cabe señalar que, en las estaciones situadas sobre la plataforma, suele estar concentrada en los primeros 15 m (Bordes *et al.*, 1987; Bordes, 1993). Bordes (1993) observó que los máximos valores de productividad aparecen en los sectores litorales donde se producen como consecuencia de la dinámica marina costera. En cuanto a la composición, en tamaño, del fitoplancton, se ha observado que el 80% corresponde a la fracción menor de 10  $\mu\text{m}$  y el 77% de la clorofila *a* pertenece al ultraplancton (Braun *et al.*, 1985; Bordes, 1993). Por lo general, esta fracción inferior a 45  $\mu\text{m}$  es la principal responsable, o contribuye hasta en un 85% en la producción primaria (Medina, 1995). El fitoplancton de red tiene escasa representación, incluso durante el período de florecimiento primaveral, circunstancia que puede asociarse con la ausencia de nutrientes (Braun y Real, 1981).

En aguas costeras, la producción planctónica puede ser elevada debido a la acción de los alisios, que actúan mezclando el agua superficial de forma continua. La

distribución vertical de zooplancton en el área ha sido estudiada por Hernández-León *et al.* (1984) en tres niveles, hasta 1000 m de profundidad. Los autores observaron que en los 200 m iniciales de la columna de agua sólo se encuentra, en valor medio, el 51,1% de la biomasa zooplanctónica y apuntaron una sucesión de máximos en profundidad que, según ellos, podría estar relacionada con la migración del zooplancton hacia capas profundas. El máximo estacional de biomasa se encuentra a finales de invierno y principios de primavera (Braun, 1981; Hernández-León *et al.*, 1984; Hernández-León, 1988a). Sobre la composición del plancton animal, Hernández-León (1988a) observó que los copépodos conforman el grupo más abundante de esta comunidad.

En la dinámica oceanográfica de las Islas Canarias, dada su proximidad al continente africano, hay que destacar la influencia del afloramiento, especialmente en las islas orientales (Molina y Laatzén, 1986, 1989; Arístegui, 1990; Hernández-Guerra, 1993). La intensidad del fenómeno determina las variaciones espacio-temporales en las condiciones oceanográficas superficiales, que genera un gradiente este-oeste en la región canario-africana.

La presencia del Archipiélago canario supone una barrera a la circulación general oceánica (Corriente de Canarias) y, por la configuración de algunas de las islas, como es Gran Canaria entre otras, se origina un fenómeno hidrodinámico de relevancia con la formación de núcleos de vorticidad diferente que cambian con el régimen de vientos, los cuales tienen una gran repercusión en la formación de frentes oceánicos y, consecuentemente, en la estructura físico-química y trófica de la columna de agua (Naya, 1967, 1982). Posteriores trabajos resaltan su importancia, tanto desde el punto de vista hidrográfico (Arístegui *et al.*, 1994) como biológico, dado que este tipo de giros pueden concentrar a los organismos de zooplancton y a las larvas de peces (Lobel y Robinson, 1986; Crawford *et al.*, 1990; Gómez-Cabrera, 1991), que justifican la localización de áreas de mayor captura de peces asociados a dichos frentes (Naya, 1983).

Otra peculiaridad en las aguas que circundan la Isla, como consecuencia de su propia orografía, es la presencia de una zona resguardada en el sector sur-suroeste de la misma (Hernández-León, 1986, 1988b; Arístegui *et al.*, 1989). Esta zona se genera por el efecto de los vientos alisios, que causan la formación de frentes marinos que separan dos áreas, una turbulenta y otra de calma. Ésta última se caracteriza por tener una mayor temperatura, registrándose un gradiente térmico superficial de hasta 1 °C (Medina, 1995). Además, se advierte la existencia de diferencias significativas en las concentraciones de fitoplancton entre las áreas, siendo inferiores en la turbulenta y superiores en productividad (Arístegui *et al.*, 1989; Medina, 1995).

En la zona de cizallamiento, lugar donde el viento es cortado por la Isla, se produce un fenómeno de acumulación de plancton animal y, posteriormente, debido a la variación de la dirección e intensidad de los mismos y al consiguiente desplazamiento del área de sotavento, el zooplancton tiende a acumularse en el área central de calma, por lo que las concentraciones de biomasa son superiores que en el norte de la Isla (Bordes *et al.*, 1987; Bordes, 1993). La diferencia zonal ha sido explicada por la presencia de plataforma al sur de la Isla por Hernández-León *et al.* (1984), Hernández-León (1986, 1988a, 1988c), Hernández-León y Miranda-Rodal (1987) y Gómez-Cabrera (1991) en la comparación de los valores medios de biomasa zooplantónica con los obtenidos por Braun (1981). Arístegui *et al.* (1989), por su parte, indicaron que, como consecuencia de ese proceso, los valores de concentración de nutrientes, productividad y biomasa del mesozooplancton medidos al suroeste de Gran Canaria son más altos que los dados para las aguas oceánicas del Archipiélago.

La situación geográfica dentro de la circulación general atmosférica y oceánica, su disposición y los estrechos canales entre las islas marcará las características generales del entorno global de la zona, con un importante impacto sobre la estructura geomorfológica y bioecológica marina.

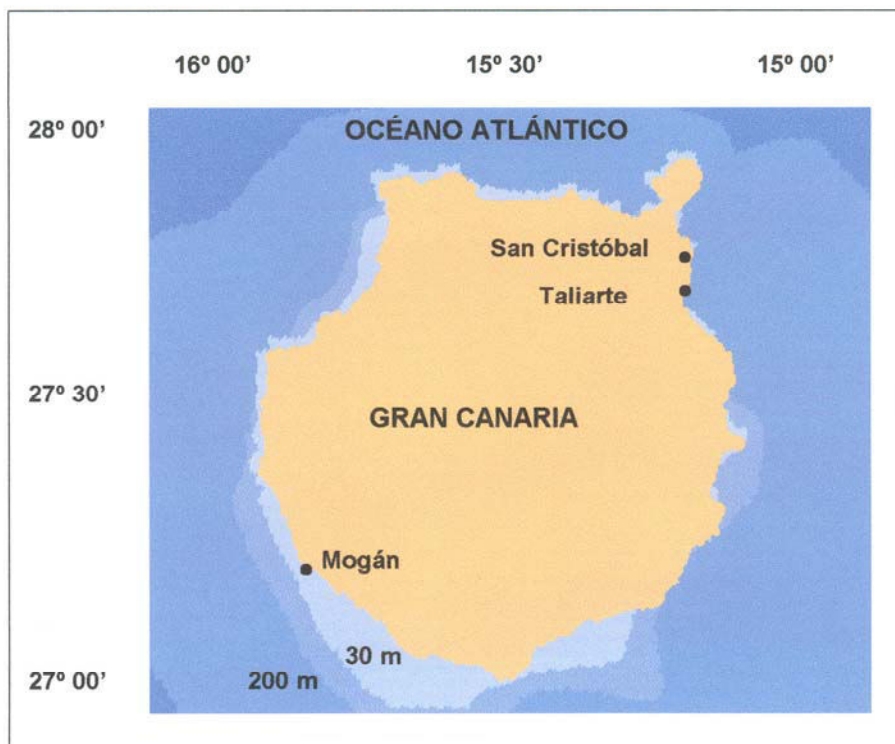
## **2. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES**



## 2.1. METODOLOGÍA DE CAMPO

### 2.1.1. PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS

En el presente estudio se dispuso de 1125 ejemplares procedentes de las capturas comerciales desembarcadas por la flota artesanal grancanaria entre enero de 1998 y diciembre de 1999. En concreto se analizaron 985 ejemplares obtenidos en el puerto de Mogán, 110 en el puerto de San Cristóbal y 30 en el puerto de Taliarte (figura 2.1). La totalidad de los individuos fueron seleccionados en base a muestreos estratificados por rangos de tallas, tratando de cubrir el espectro de longitudes más amplio posible.



**Figura 2.1.** Localización de los puertos de muestreo en la isla de Gran Canaria.

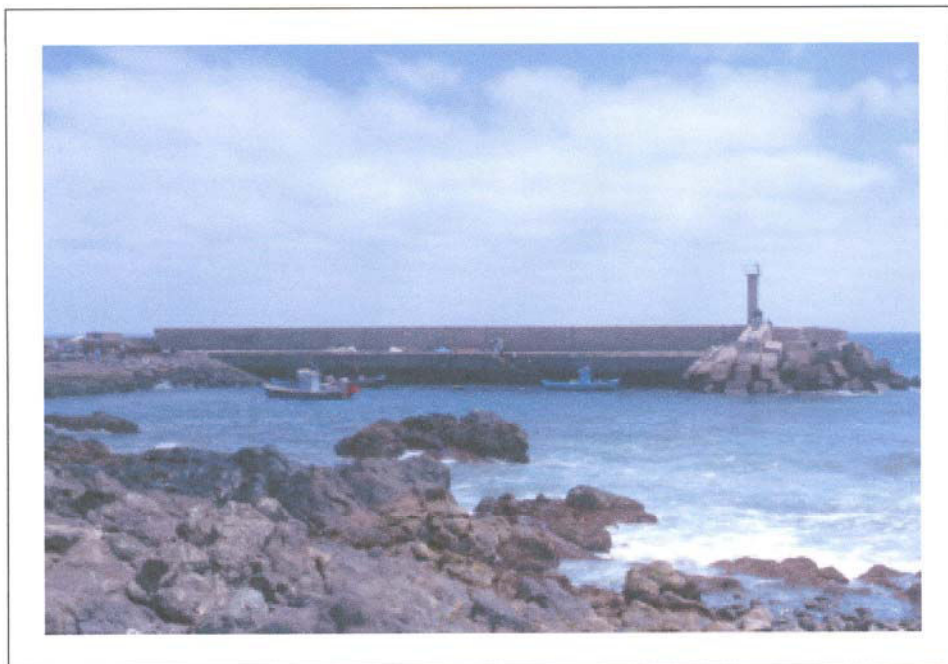
### 2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PUERTOS

El puerto de Mogán, que se encuentra situado en suroeste de la isla de Gran Canaria (figura 2.1), ocupa una posición preponderante en cuanto a la actividad pesquera artesanal desarrollada en el Archipiélago canario (Gafo Fernández *et al.*, 1984). En la actualidad es un puerto de pesca y recreo (figura 2.2). La flota pesquera de este puerto la constituyen unos 50 barcos, casi todos con motor dentro-borda y eslora de más de 8 m. La característica fundamental de esta flota es su elevado grado de polivalencia, empleando técnicas distintas y alternantes, dirigidas a especies objetivo diferentes, en función de la disponibilidad de los recursos pesqueros en sus caladeros habituales (Carrillo *et al.*, 1996; Pajuelo, 1997). La gran mayoría de las embarcaciones dedican su esfuerzo a la captura de especies demersales de alto valor económico y, en la época de zafra, a la del atún. Entre los sistemas de pesca empleados destacan la nasa, el palangre, la liña y la caña (Barrera *et al.*, 1983; Pajuelo, 1997).



**Figura 2.2.** Puerto de Mogán (Gran Canaria).

San Cristóbal, situado en la costa noreste de la isla de Gran Canaria (figura 2.1), es un barrio eminentemente pescador de Las Palmas de Gran Canaria. Posee una playa de piedra y arena y un pequeño refugio pesquero (figura 2.3). La flota pesquera está compuesta por unos 32 barcos de muy pequeñas dimensiones, aunque solamente la mitad de ellos faenan habitualmente y poseen motor. Estas embarcaciones están destinadas, principalmente, a la pesca de especies demersales con nasa y trasmallo. También es frecuente el uso de artes de cerco y arrastre (*chinchorros*) desde la playa (Barrera *et al.*, 1983).

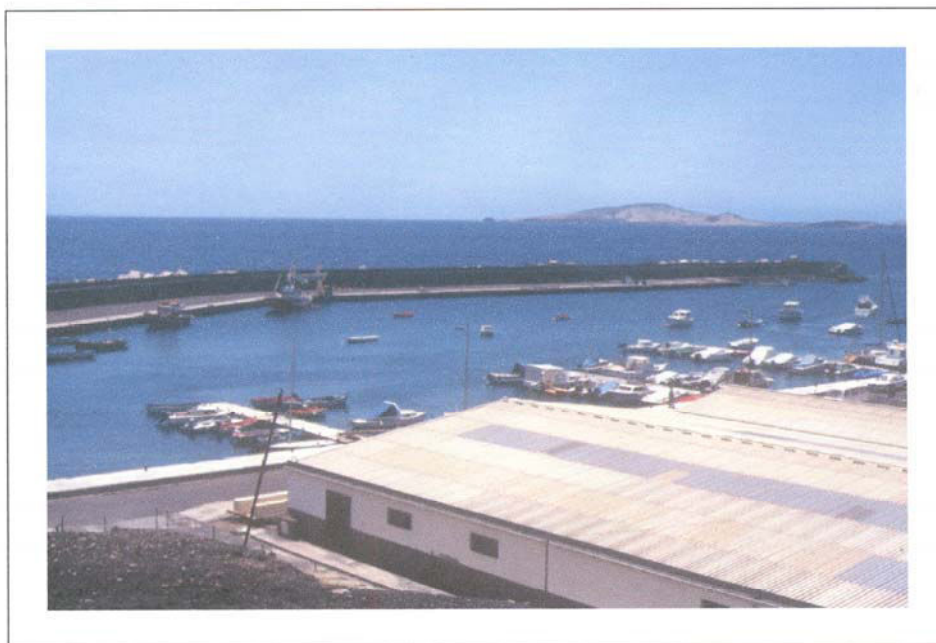


**Figura 2.3.** Puerto de San Cristóbal (Gran Canaria).

El puerto de Taliarte se encuentra situado en la costa noreste de la isla de Gran Canaria (figura 2.1). Se trata de un pequeño puerto en el que coexisten embarcaciones de recreo y barcos pesqueros (figura 2.4). La flota pesquera está conformada por aproximadamente 30 unidades que faenan alrededor del litoral grancanario. Los sistemas de pesca empleados son muy diversos en función de las especies objetivo y de



la época del año, destacando la nasa, el palangre, el trasmallo, la traíña, el cordel y la potera.



**Figura 2.4.** Puerto de Taliarte (Gran Canaria).

### 2.1.3. DISEÑO DEL MUESTREO

Durante el período de estudio, con el fin de adquirir el material necesario para desarrollar el presente estudio, se efectuaron, con periodicidad quincenal, muestreos en el puerto de Mogán. Además, debido a que el número de ejemplares obtenidos en el puerto de Mogán en los meses correspondientes resultó escaso, en una ocasión (marzo de 1998) se colectaron muestras en el puerto de Taliarte y en tres (diciembre de 1998, mayo y diciembre de 1999) en el puerto de San Cristóbal. En la tabla 2.1 se relacionan, según orden cronológico, los muestreos efectuados, indicándose la fecha de recolección de las muestras, el puerto de procedencia y el número de individuos seleccionados.

Los individuos analizados fueron capturados con trampas denominadas nasas pequeñas o de orilla para peces y, sobre todo, mediante la modalidad de cerco y arrastre denominada encerrona o salemera, en aguas cuya profundidad osciló entre 0 y 50 m.

**Tabla 2.1.** Relación de muestreos biológicos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

Fecha	Procedencia	Número	Fecha	Procedencia	Número
15/01/98	Mogán	17	09/01/99	Mogán	26
27/01/98	Mogán	20	22/01/99	Mogán	19
05/02/98	Mogán	25	03/02/99	Mogán	32
18/02/98	Mogán	23	22/02/99	Mogán	30
06/03/98	Taliarte	30	03/03/99	Mogán	12
20/03/98	Mogán	30	17/03/99	Mogán	38
08/04/98	Mogán	10	01/04/99	Mogán	14
30/04/98	Mogán	5	15/04/99	Mogán	16
11/05/98	Mogán	22	01/05/99	Mogán	43
27/05/98	Mogán	19	26/05/99	Mogán	9
08/06/98	Mogán	24	28/05/99	San Cristóbal	14
18/06/98	Mogán	42	12/06/99	Mogán	11
15/07/98	Mogán	32	23/06/99	Mogán	10
20/08/98	Mogán	54	15/07/99	Mogán	20
07/09/98	Mogán	14	20/08/99	Mogán	21
23/09/98	Mogán	21	10/09/99	Mogán	23
08/10/98	Mogán	30	08/10/99	Mogán	24
28/10/98	Mogán	20	21/10/99	Mogán	7
09/11/98	Mogán	29	03/11/99	Mogán	93
23/11/98	Mogán	16	16/11/99	Mogán	35
04/12/98	Mogán	30	30/11/99	Mogán	9
16/12/98	San Cristóbal	38	02/12/99	Mogán	10
			16/12/99	San Cristóbal	58

La nasa pequeña o de orilla para peces tiene forma, por lo general, cilíndrica y está constituida por un armazón o estructura rígida, a base de varillas de metal soldadas entre

sí, recubierto por una tela metálica que presenta una o dos entradas en forma de cono invertido denominadas bocas o mataderos. Sus dimensiones oscilan por lo general entre 100 y 125 cm de diámetro y entre 40 y 50 cm de altura. La malla es hexagonal generalmente, con una luz de unos 3,5 cm. Pesca al encerrar en su interior, sin posibilidad de escapar, a los individuos que han entrado atraídos por medio de distintos cebos. Se cala sobre el fondo, generalmente unidas a otras dos o tres formando una tanda, y lleva un cabo con una boya que indica su situación en superficie. Permanece calada, por lo común entre 5 y 18 días.

La salemera está compuesta por redes que se calan verticalmente, mediante una relinga de plomos y otra de flotadores, formando un cerco alrededor de la pesca previamente localizada o concentrada. El cuerpo principal de la red está formado: en los extremos, por largos paños rectangulares sujetos; en la parte superior por boyas; y en la parte inferior por plomos. Dichas redes pueden ser de multifilamentos con nudos de múltiples modalidades y normalmente se usan de los excedentes de las redes que se emplean en la pesca de arrastre. A continuación vienen diferentes paños, disminuyendo la luz de malla, desde 120 a 40 mm, hasta llegar al copo. Las dimensiones de los paños varían entre 150 y 250 m de longitud. La malla del copo tiene en la parte inferior jaretas para cerrarla o bien un hilo corredizo que cierra el saco.

Aunque hay artes especialmente diseñadas para esta modalidad de pesca, el término “encerrona” no sólo designa aquéllas en concreto, sino una serie de técnicas pesqueras con características comunes que las hacen semejantes. Las encerronas se pueden llevar a cabo, por tanto, con diferentes artes, bien de forma individual, bien combinados entre sí.

La encerrona consiste en la operación de calar un arte que abarca toda la columna de agua y, al virar, arrastrar la relinga de plomos por el fondo con la ayuda de buceadores y de una o varias embarcaciones auxiliares.

Atendiendo a las características de la zona de pesca, se pueden observar dos

modalidades de encerrona, las realizadas en una cala o rada (el arte es calado en pleamar y recogido en bajamar), hoy en día difícil de observar, y las efectuadas en una baja o roque (el arte es calado y virado desde una embarcación, normalmente aprovechando la bajamar).

Cuando la pesca se realiza en una baja, roque o meseta submarina a poca profundidad, la encerrona presenta múltiples variantes y utiliza artes de diversa índole. Suelen participar dos o tres barcas con unos siete tripulantes apoyados por dos o más buceadores. En estos casos, el arte más habitual es la “salemera”, descrita anteriormente (figura 1.8). En esta modalidad de encerrona, el primer paso consiste en la realización de un cerco abarcando toda la columna de agua. La tripulación de una de las barcas, a veces fondeada, es la encargada de virar la red, mientras que la de la otra, levantando el arte, facilita el arrastre. Los buceadores se ocupan de levantar y desenganchar la relinga de plomos cuando el arte se enroca. Cuando el cerco llega a ser reducido, la pesca se produce hacia el saco, cerrado hasta este momento, y se iza a bordo. Todas las maniobras se realizan a mano, incluyendo el desplazamiento de las embarcaciones. La operación descrita suele durar unas 2 horas y tiene lugar a plena luz del día.

## 2.2. METODOLOGÍA DE LABORATORIO

El estudio biológico de las muestras se realizó en el Laboratorio de Recursos Pesqueros del Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Los análisis fueron efectuados siempre por los dos mismos observadores, uno de los cuales tomó los datos convenidos y el otro los registró en los estadillos diseñados a tal efecto. La forma de proceder en los diferentes lotes examinados fue exactamente la misma siempre.

En primer lugar, se midió, en todos los ejemplares, la longitud total (LT); esto es, la distancia desde el extremo anterior del hocico, con la boca cerrada, hasta el extremo de los lóbulos caudales situados en posición normal. Esta medida fue tomada

cuidadosamente sobre un ictiómetro sencillo, colocando el animal sobre su costado derecho y siguiendo una dirección paralela al eje antero-posterior del cuerpo. La apreciación en la toma de esta medida fue de 1 mm.

A continuación, en los mismos individuos, se tomó el peso total o peso con vísceras (PT). Este peso, que se mide en los animales enteros, fue tomado con el máximo cuidado en una balanza electrónica de precisión (Cobos Precision, Modelo DC-3600-SX). La apreciación en la toma de esta medida fue de 0,1 g.

Además, en todos los individuos analizados, se tomaron una serie de medidas consideradas significativas para el estudio morfométrico. Estas medidas fueron tomadas con un calibrador o pie de rey, colocando cada ejemplar apoyado sobre su costado derecho y siguiendo la dirección paralela al eje antero-posterior del cuerpo (figura 2.5). La apreciación en la toma de estas medidas fue de 1 mm. Estas medidas fueron las siguientes:

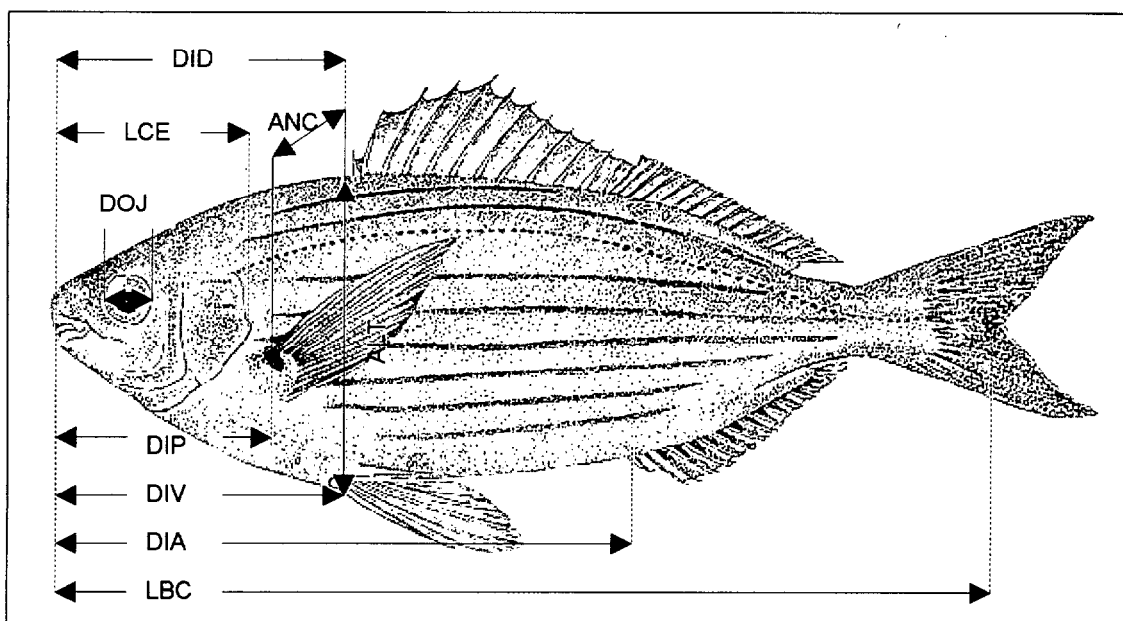


Figura 2.5. Esquema de las medidas tomadas para el estudio morfométrico.



- Longitud a la bifurcación caudal (LBC): Distancia desde el extremo del hocico, con la boca cerrada, al extremo de los radios centrales de la aleta caudal.
- Distancia a la inserción de la aleta anal (DIA): Distancia desde el extremo del hocico, con la boca cerrada, a la inserción del borde anterior de la aleta anal.
- Distancia a la inserción de la aleta ventral (DIV): Distancia desde el extremo del hocico, con la boca cerrada, a la inserción del borde anterior de la aleta ventral.
- Distancia a la inserción de la aleta dorsal (DID): Distancia desde el extremo del hocico, con la boca cerrada, a la inserción del primer radio de la aleta dorsal.
- Distancia a la inserción de la aleta pectoral (DIP): Distancia desde el extremo del hocico, con la boca cerrada, hasta el punto central de la base de inserción de la aleta pectoral.
- Longitud cefálica (LCE): Distancia desde el extremo del hocico, con la boca cerrada, al borde más posterior del hueso opercular.
- Altura del cuerpo (ALT): En la cintura pélvica y por delante de las aletas ventral y primera dorsal, la mayor distancia entre el dorso y el vientre.
- Anchura del cuerpo (ANC): En la cintura pélvica y por delante de las aletas ventral y dorsal, la mayor distancia entre ambos flancos.
- Diámetro del ojo (DOJ): Diámetro horizontal de la parte visible del ojo, medida entre los bordes anterior y posterior.

Posteriormente, esos mismos animales fueron abiertos con cuidado por la línea media abdominal, haciendo una incisión desde el orificio anal hasta la región gular.

Entonces, en cada ejemplar, se determinó macroscópicamente el sexo y el estado de madurez sexual. Luego, con ayuda de tijeras y pinzas finas, a cada animal le fueron extraídas las gónadas, las cuales fueron pesadas (PG) con una precisión de 0,01 g en la balanza antes mencionada y almacenadas en frascos debidamente etiquetados con formol al 10% tamponado (el tampón se obtiene mezclando 4 g de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  y 6 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  para un litro de conservante) para su posterior análisis.

Seguidamente, a cada individuo, le fue extraído el estómago con ayuda de tijeras y

pinzas finas. Los estómagos fueron almacenados en frascos convenientemente etiquetados, con alcohol al 70%, para su posterior análisis.

Por último, a los individuos les fueron extraídos los otolitos. Para ello, en cada pez se realizó un corte transversal, entre el borde posterior de los ojos y el anterior de las branquias, que permitió acceder a las cámaras óticas. Tras eliminar la masa encefálica, se sacaron los otolitos con ayuda de unas pinzas finas de punta aguda. Siempre se obtuvo el par *sagitta*, dado que su mayor tamaño lo hace más fácilmente manejable. Los otolitos, una vez extraídos, fueron limpiados de los restos orgánicos que llevaban adheridos mediante frotación entre los dedos. Para facilitar esta operación, se tuvieron previamente inmersos en agua durante un corto período de tiempo (5-10 minutos) a fin de reblandecer los tejidos. Una vez secos y limpios, los otolitos fueron almacenados dentro de pequeños sobres debidamente etiquetados para su posterior examen.

### **3. SEXUALIDAD Y REPRODUCCIÓN**

### 3.1. INTRODUCCIÓN

La reproducción es el proceso, en el ciclo de vida de cualquier ser vivo, que permite asegurar la continuidad de la especie. De ahí, pues, la importancia que el estudio de los aspectos reproductores tiene, en particular, en el campo de la Biología Pesquera y, en general, en cualquier área de la Biología (Lorenzo, 1992). En el campo de la Investigación Pesquera, además, para abordar el estudio de la dinámica de las poblaciones de peces sometidas a explotación, resulta indispensable conocer algunas de las cuestiones relacionadas con la reproducción de las especies implicadas. La información referente a algunos aspectos reproductores puede incluso constituir, por sí sola, un instrumento básico para organizar y regular la pesca (González, 1991).

El presente capítulo contempla la realización de un estudio pormenorizado de las características sexuales y reproductoras de la salema en aguas de Gran Canaria. En concreto, se considera el análisis de la tipología sexual, la proporción de sexos, el período reproductor y la madurez, aspectos cuyo examen resulta esencial desde el punto de vista del conocimiento biológico y desde la perspectiva de la gestión del recurso.

### 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de la sexualidad y reproducción se llevó a cabo considerando un total de 1125 ejemplares de tallas comprendidas entre 119 y 452 mm de longitud total y pesos comprendidos entre 24,9 y 1491,7 g.

El sexo se determinó mediante observación macroscópica de la gónada. La notación empleada para el registro de esta variable fue la siguiente: I, indiferenciado; M, macho; H, hembra; o S, intersexual.

El estado de madurez también se determinó por observación directa de la gónada. En la asignación del estado de madurez se utilizó la escala de madurez sexual de 5 valores propuesta por Holden y Raitt (1975) para el caso de reproductores parciales o heterocronos (tabla 3.1).

Además se realizó un análisis histológico de las gónadas femeninas para ilustrar microscópicamente los diferentes estados de madurez sexual. La descripción microscópica de la gónada se realizó en base a la clasificación modificada de cuatro grados dada por Kurita *et al.* (1995) y Takashima e Hibiya (1995) (tabla 3.2).

El primer paso en la preparación de los cortes histológicos consistió en colocar la gónada sobre un papel de filtro. Con ayuda de un bisturí se realizaron varios cortes transversales, tanto en el área central como en los extremos de los lóbulos de la misma, por ser éstas las zonas más representativas del estado funcional en los espáridos (Garratt, 1993). Seguidamente, estos fragmentos fueron fijados sumergiéndolos, durante 4 horas a temperatura ambiente, en una disolución al 5% de glutaraldehído (v/v) en tampón de cacodilato sódico 0,1 M con sacarosa 0,25 M a pH 7,4. A continuación, se procedió a realizar 4 lavados de 30 minutos cada uno y agitación periódica, en soluciones tamponadas de concentración decreciente en sacarosa (0,25 M, 0,125 M, 0,0625 M y 0 M). Después de la fijación, el material fue sometido a un proceso de pre-infiltración e infiltración. La solución de pre-infiltración se preparó disolviendo 0,5 g de activador en 50 ml de *Basic Resin* (Historesin embedding kit). El material, sumergido en esta disolución, se trató durante 10 minutos con vacío y se mantuvo en el desecador entre 12 y 15 h a temperatura ambiente. El material fue incluido posteriormente en glicol metacrilato (GMA, Historesin. La solución polimerizó a los 60-70 minutos a 60° C. Para su observación al microscopio óptico, se obtuvieron secciones seriadas de 5  $\mu\text{m}$  de grosor cortadas con cuchilla de tungsteno, en un microtomo marca Reichert-Jung, modelo 2050. Los cortes se depositaron en un baño de agua destilada para su

**Tabla 3.1.** Escala de madurez sexual de Holden y Raitt (1975) para el caso de reproductores heterocronos.

Estado de madurez	Descripción
I. Inmaduro	Gónada pequeña y firme, ocupando cerca de la tercera parte de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios y testículos transparentes o de color claro. Ovocitos invisibles a simple vista. Sexos no diferenciables a simple vista.
II. Reposo o crecimiento lento	Gónada firme, ocupando cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosados, translúcidos; testículos blanquecinos, más o menos simétricos. Ovocitos invisibles a simple vista.
III. Maduración, prefreza o prepuesta	Gónada gruesa, ocupando cerca de dos terceras partes de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios más o menos cilíndricos, de color anaranjado; testículos más o menos romboidales, blanquecinos o crema. Ovocitos visibles a simple vista a través de la membrana ovárica, dando aspecto granular a la superficie del ovario.
IV. Maduro, freza o puesta	Gónada gruesa, ocupando cerca de dos terceras partes de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja rosado con vasos sanguíneos superficiales; testículos lechosos y brillantes. Óvulos maduros, transparentes, de gran talla y perfectamente visibles a simple vista, con membrana ovárica muy fina. Los productos sexuales son expulsados a la menor presión ejercida sobre el abdomen del individuo.
V. Postfreza o postpuesta	Gónada contraída, ocupando cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes gonadales con aspecto de saco vacío. Ovario completamente colapsado, muy flácido, de color rojo debido a una gran vascularización; testículo oscurecido. Ovocitos en vías de necrosis, pudiendo quedar algunos maduros residuales.

**Tabla 3.2.** Grados de maduración de los ovocitos en base a la clasificación modificada de Kurita *et al.* (1995) y Takashima e Hibiya (1995).

Grado de maduración	Descripción
Grado I. Ovocitos previtelogénicos	Comprenden 3 tipos de células: ovogonias, ovocitos previtelogénicos primarios y ovocitos previtelogénicos secundarios. Las ovogonias son células de formas isodiamétricas, dispuestas en las lamelas ováricas. Los ovocitos previtelogénicos primarios y secundarios están compuestos por un núcleo central, con uno o varios nucleolos evidentes.
Grado II. Ovocitos vitelogénicos	Están formados por los ovocitos vitelogénicos primarios, ovocitos vitelogénicos secundarios y ovocitos vitelogénicos terciarios. Se caracterizan por un citoplasma de apariencia granular, haciéndose patente la presencia de granos de vitelo y la formación de la zona radiada a medida que avanza el desarrollo. El núcleo o vesícula germinal de los ovocitos vitelogénicos secundarios sufre una migración desde el centro hasta uno de los polos de la célula y llega a desaparecer en los ovocitos vitelogénicos terciarios.
Grado III. Ovocitos hidratados	Se componen de ovocitos hidratados primarios y ovocitos hidratados. A medida que avanza la maduración, el tamaño de estos ovocitos se incrementa y los granos de vitelo se fusionan con las gotas de lípidos, formándose placas de apariencia uniforme.
Grado IV. Folículos postovulatorios	Son ovocitos inviables, los cuales no han completado su desarrollo. Se caracterizan por presentar formas irregulares y contenido citoplasmático amorfo.

estiramiento y se recogieron en portas desengrasados, manteniéndose a 60° C durante 20 minutos. Una vez adheridos, los cortes se tiñeron con hematoxilina-eosina para revelar

el estado general del tejido, realizándose preparaciones permanentes con el medio de montaje EUKITT. La tinción con hematoxilina-eosina se preparó según la tabla 3.3, tiñéndose los cortes durante 15 y 5 minutos respectivamente.

**Tabla 3.3.** Componentes químicos de la hematoxilina-eosina por cada 100 ml.

Hematoxilina	Eosina
0,60 g hematoxilina	0,50 g eosina
0,06 g iodato sódico	100,00 ml etanol 96%
5,28 g sulfato de aluminio	2,00 gotas ácido acético glacial
69,00 ml agua destilada	
25,00 ml ethylene glycol	
6,00 ml ácido acético	

En la tabla 3.4 se muestra la correspondencia de los estadios de madurez sexual macroscópicos y microscópicos.

**Tabla 3.4.** Correspondencia de los estadios de maduración macroscópicos y microscópicos.

Estado macroscópico	Estado microscópico
I. Inmaduro	Grado I. Ovogonias
II. Reposo o crecimiento lento	Grado I. Ovocitos previtelogénicos primarios y secundarios
III. Maduración, prefreza o prepuesta	Grado II. Ovocitos vitelogénicos primarios, secundarios y terciarios
IV. Maduro, freza o puesta	Grado III. Ovocitos hidratados
V. Postfreza o postpuesta	Grado IV. Folículos postovulatorios y ovocitos atrésicos

En cuanto a la sexualidad, se determinó la tipología sexual, se estimó la proporción



de sexos y se analizó la variación de sexos según las tallas. En lo referente a la reproducción, se estableció el período reproductor y se estimaron las tallas medias de primera madurez y de maduración masiva.

El tipo sexual se estableció considerando el sexo de los individuos, determinado macroscópicamente, y la distribución de sexos según tallas. Además, se realizó el análisis histológico de las gónadas de los ejemplares intersexuales.

La proporción de sexos (machos:hembras) se estimó simplemente contabilizando el número total de machos y de hembras y calculando la relación entre ambas cantidades.

La distribución de sexos por tallas se analizó contabilizando el número de individuos de cada sexo por clase de talla, incluidos los indiferenciados e intersexuales, y calculando las frecuencias correspondientes.

El período reproductor se determinó utilizando dos métodos estándar. El primero, cualitativo, consiste en el seguimiento de las variaciones mensuales de los valores de frecuencia, en porcentaje, de individuos en cada estado de madurez. El otro, cuantitativo, se basa en el análisis de la evolución del valor medio mensual del índice gonadosomático (IGS), que se calcula, para cada ejemplar, como la relación entre el peso de la gónada (PG) y el peso total (PT) del individuo (Anderson y Gutreuter, 1983):

$$\text{IGS} = \left( \frac{\text{PG}}{\text{PT}} \right) \cdot 100.$$

Las tallas medias de primera madurez y de maduración masiva, es decir, las longitudes medias a las cuales el cincuenta y el noventa y cinco por ciento de los individuos presentan actividad gonadal respectivamente (Batts, 1972; Shung, 1973; Connand, 1977; Pérez y Pereiro, 1985; entre otros), se estimaron a partir de las ojivas de madurez sexual, las cuales se construyeron calculando el porcentaje de individuos maduros (estados III, IV y V) por clase de talla y ajustando a los datos obtenidos una

curva sigmoideal simétrica mediante un análisis de regresión no lineal iterativo (Saila *et al.*, 1988). La expresión matemática de la curva ajustada es la siguiente (Prager *et al.*, 1987):

$$P = \frac{a}{1 + \left(\frac{a-b}{b}\right) \cdot e^{\frac{-c \cdot L'}{10}}},$$

donde: P es la proporción de individuos maduros en cada uno de los intervalos de talla; L' es la longitud media de cada intervalo; y a, b y c son los coeficientes de la relación entre P y L'.

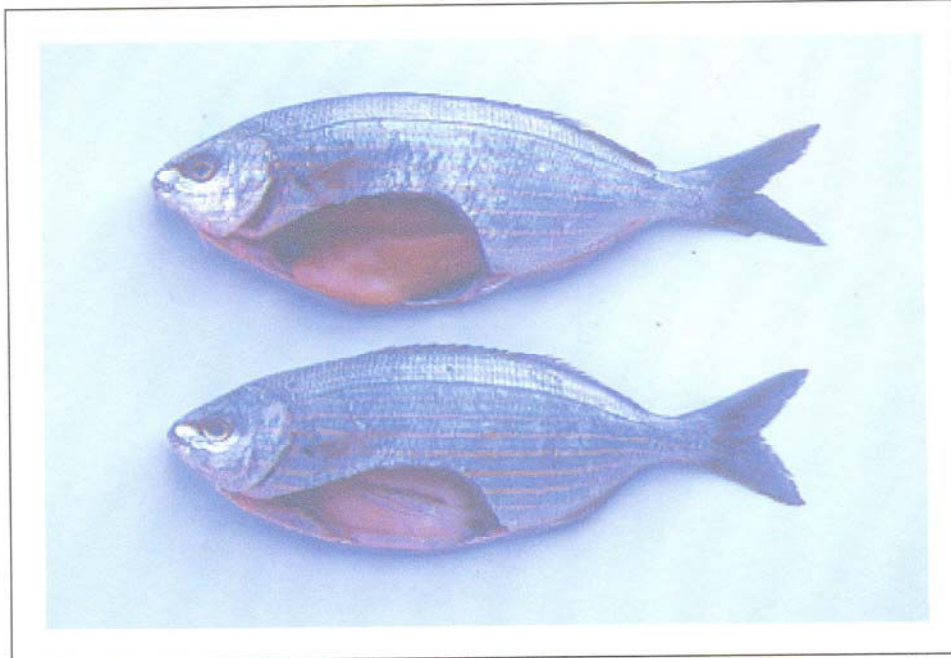
### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1. SEXUALIDAD

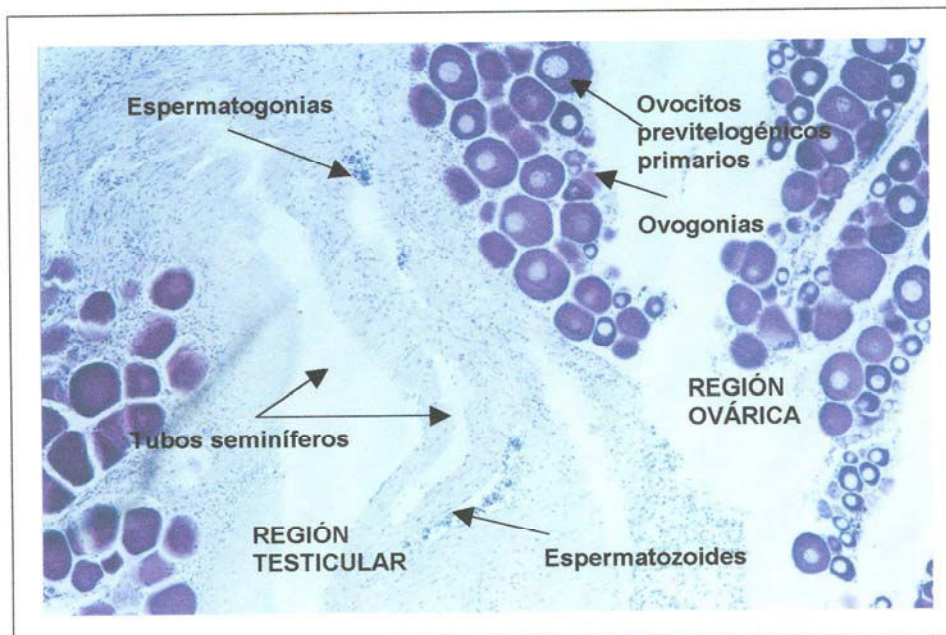
##### Tipología Sexual

Las gónadas de la salema tienen aspecto tubular y se encuentran unidas a la pared abdominal dorsal, ocupando gran parte de la cavidad en los ejemplares maduros (figura 3.1).

La observación de las gónadas permite distinguir individuos machos, hembras e intersexuales. Los ejemplares machos poseen tejido testicular desarrollado y, separado mediante una pared de tejido conectivo, tejido ovárico no funcional. Las hembras presentan tejido ovárico desarrollado y, en ocasiones, separado por una pared de tejido conectivo, tejido testicular degenerado. Los individuos intersexuales poseen ambos tejidos, el ovárico en desarrollo y el testicular en regresión. En la figura 3.2, donde se muestra un corte histológico de la gónada de un ejemplar intersexual de salema, se observan los tejidos testicular y ovárico. En la región ovárica, se observa la presencia de



**Figura 3.1.** Aspecto y localización de las gónadas en una hembra (superior) y en un macho (inferior) de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria.



**Figura 3.2.** Corte histológico de la gónada de un ejemplar intersexual de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria.

células previtelogénicas (ovogonias y ovocitos previtelogénicos primarios y secundarios). El tejido testicular presenta células sexuales germinales denominadas espermatogonias, los tubos seminíferos o conductos espermáticos vacíos de esperma y bien desarrollados, característica típica de tejido testicular que ha sido funcional. La presencia de áreas vacuolizadas indica la regresión de dicho tejido.

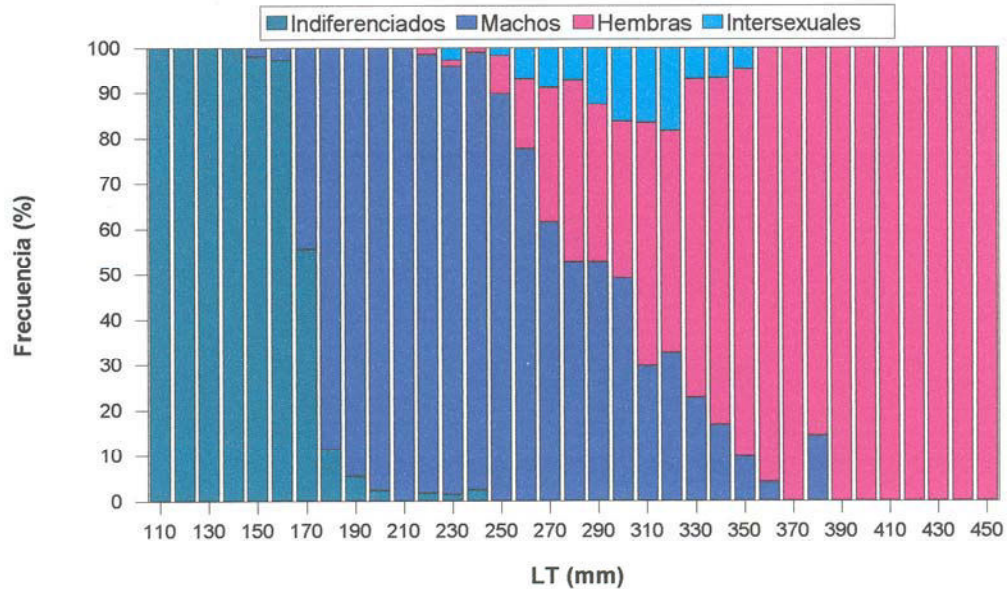
### Tallas y Pesos

El rango de tallas de los machos varía entre 157 y 380 mm y el de pesos desde 57,3 hasta 798,0 g. En las hembras, las tallas se distribuyen entre 221 y 452 mm y los pesos entre 152,6 y 1491,7 g. En los intersexuales, las tallas varían entre 237 y 353 mm y los pesos entre 188,1 y 600,6 g. Los ejemplares indiferenciados presentan tallas comprendidas entre 119 y 245 mm y pesos que oscilan entre 24,9 y 218,9 g.

### Proporción de Sexos

De los 1125 individuos examinados, 649 (57,7%) son machos, 267 (23,7%) son hembras, 54 (4,8%) son intersexuales y 155 (13,8%) son indiferenciados. La proporción entre machos y hembras durante el período estudiado es claramente favorable a los primeros (1:0,41). El test de ji-cuadrado indica que la diferencia entre el número de machos y de hembras es significativa ( $\chi^2 = 159,65 > \chi_{1,0,05,916}^2 = 3,84$ ).

La proporción de individuos de cada sexo varía en función de la longitud (figura 3.3). Los machos son más abundantes que las hembras en las tallas pequeñas, aumentando considerablemente la frecuencia de éstas a medida que se incrementa la longitud. A partir de los 390 mm de longitud total, todos los ejemplares son hembras. El test de ji-cuadrado muestra la existencia de diferencias significativas entre el número de machos y de hembras para todos los grupos de tallas excepto para los intermedios (280-320 mm). Los individuos intersexuales son poco frecuentes y se distribuyen en longitudes intermedias entre las de los machos y las de las hembras (230-350 mm). Los individuos indiferenciados se distribuyen en las tallas más pequeñas (110-240 mm).



**Figura 3.3.** Proporción de sexos por clase de tallas para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

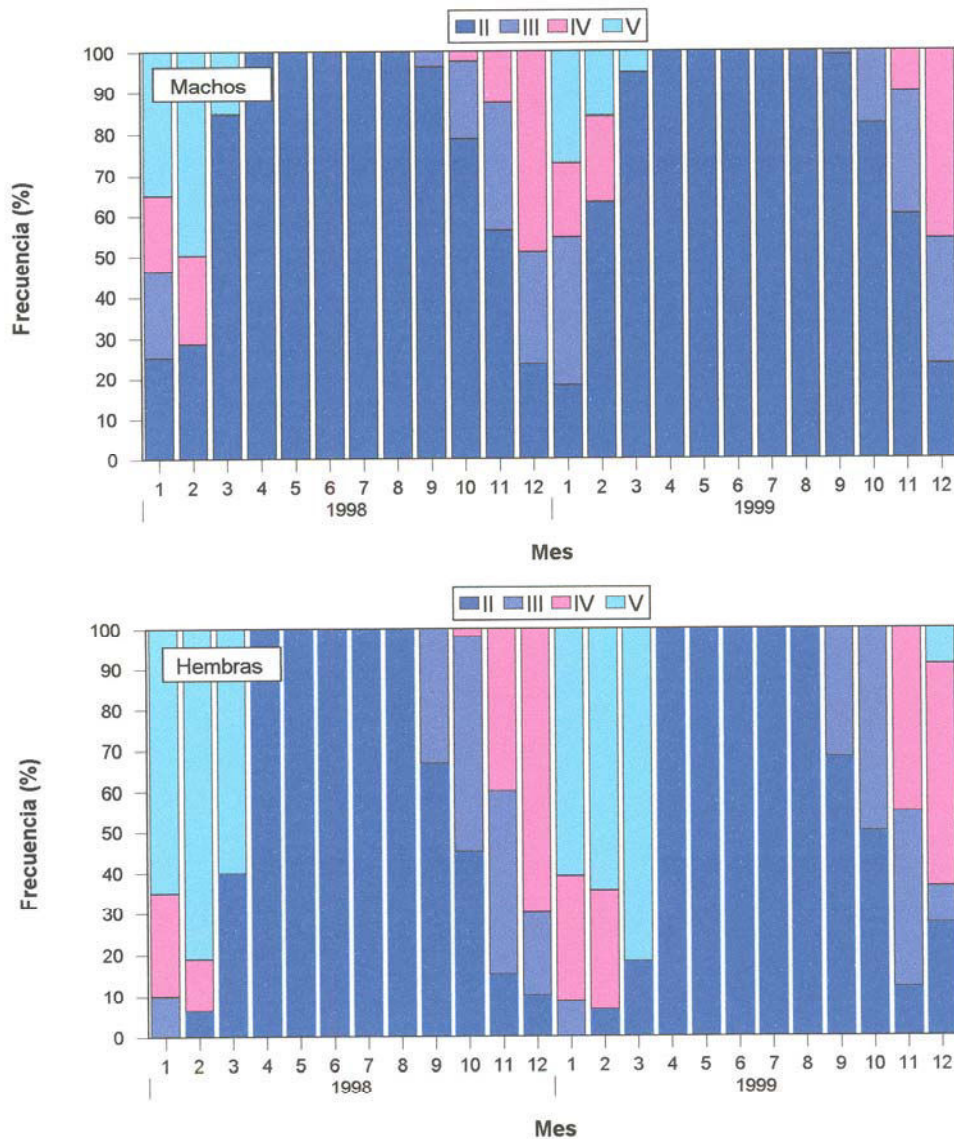
### 3.3.2. REPRODUCCIÓN

#### Período Reproductor

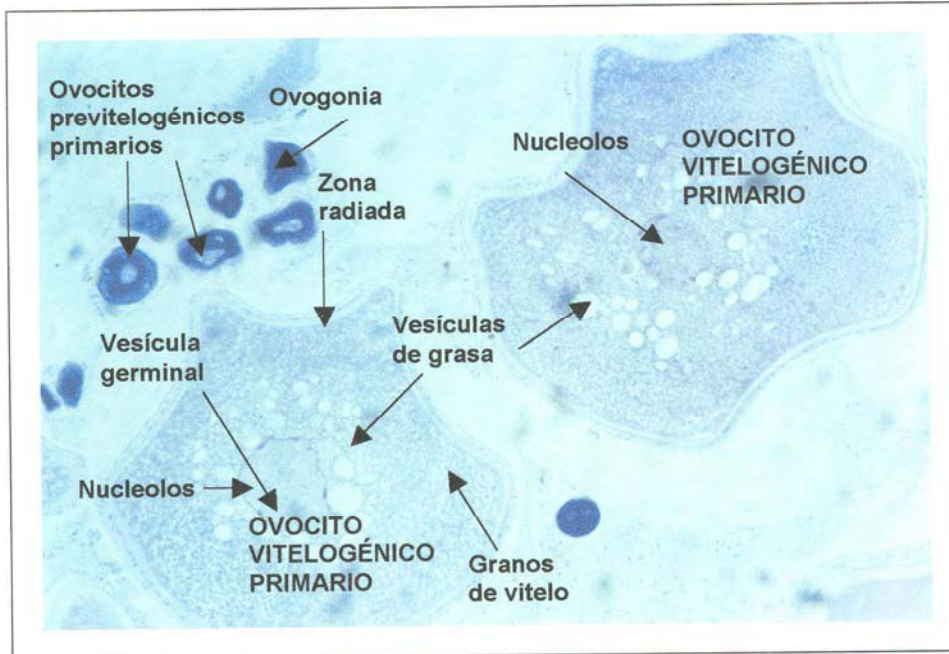
Los valores mensuales de los porcentajes de los estados de madurez sexual II, III, IV y V muestran, para ambos sexos, claras variaciones a lo largo del período de estudio (figura 3.4). Tanto en los machos como en las hembras se observa el mismo patrón. La presencia de individuos en estado de maduración o de prepuesta (estadío III) se advierte entre los meses de septiembre y enero. Microscópicamente, en las hembras de estos ejemplares se aprecia la presencia de los tres tipos de ovocitos vitelogénicos (grado II) (figuras 3.5 y 3.6). Los ejemplares en estado de puesta (estadío IV) aparecen principalmente entre noviembre y febrero. Las hembras en este estadío, desde el punto de vista microscópico muestran ovocitos hidratados (grado III) (figuras 3.7 y 3.8). Los individuos en postpuesta (estadío V) se localizan mayoritariamente entre los meses de enero y marzo. En estas gónadas, para las hembras (figura 3.9), se aprecia la presencia



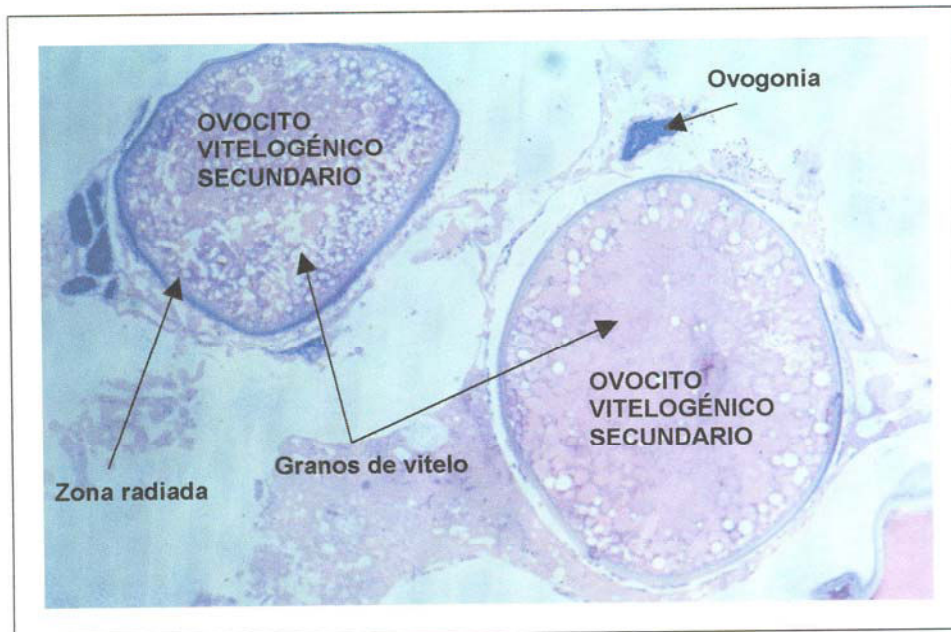
de folículos postovulatorios (grado IV). Entre abril y agosto sólo se observan individuos en estado de reposo o de crecimiento lento (estadio II). Los ejemplares hembras en este estadio presentan ovogonias y ovocitos previtelogénicos primarios y secundarios (grado I) (figura 3.10).



**Figura 3.4.** Variación mensual de los porcentajes de los estados de madurez sexual para los machos y las hembras de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 3.5.** Ovocitos vitelogénicos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 3.6.** Ovocitos vitelogénicos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



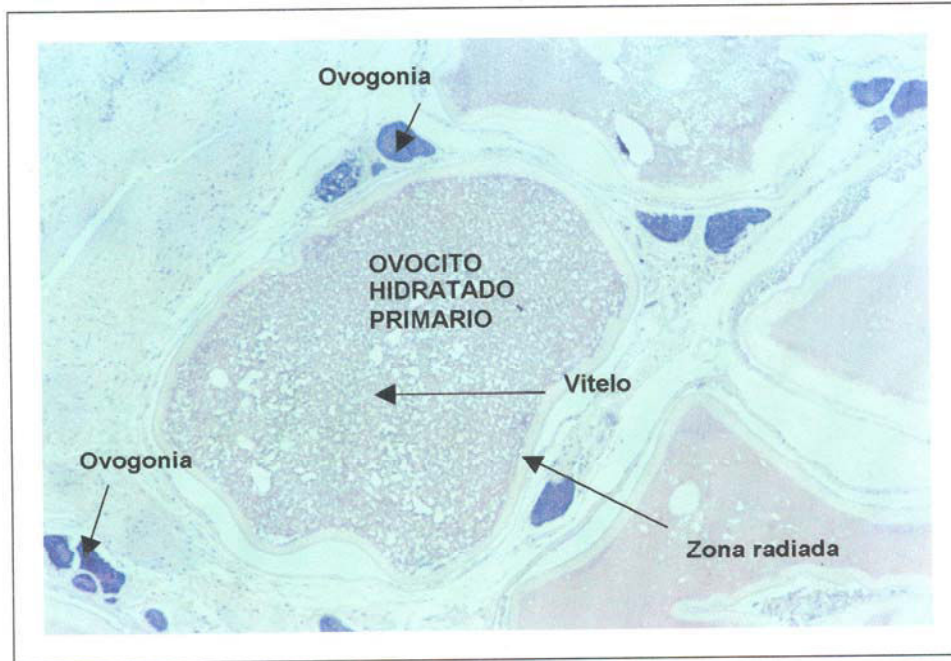


Figura 3.7. Ovocito hidratado de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

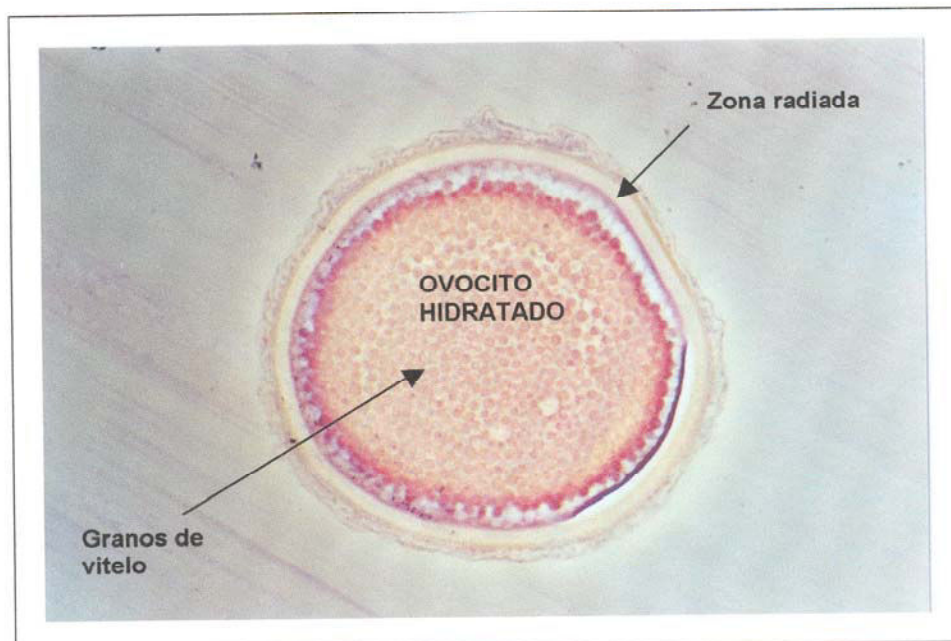
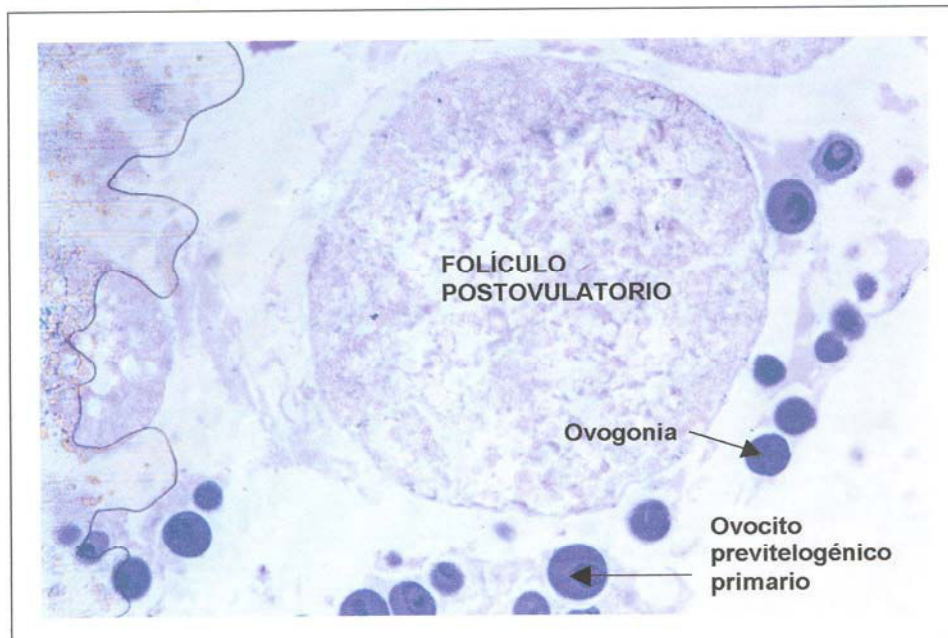
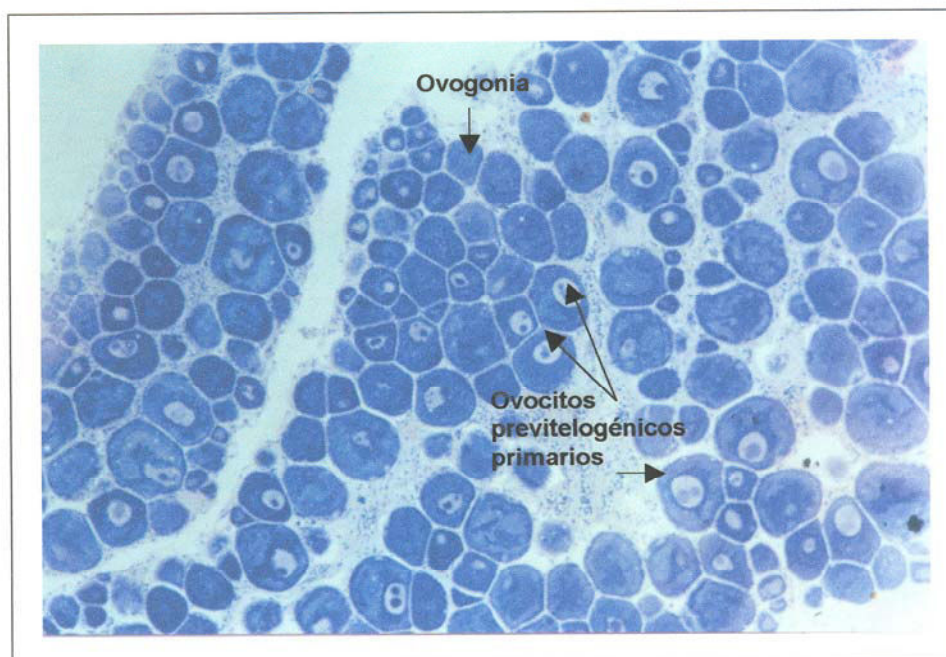


Figura 3.8. Ovocito hidratado de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



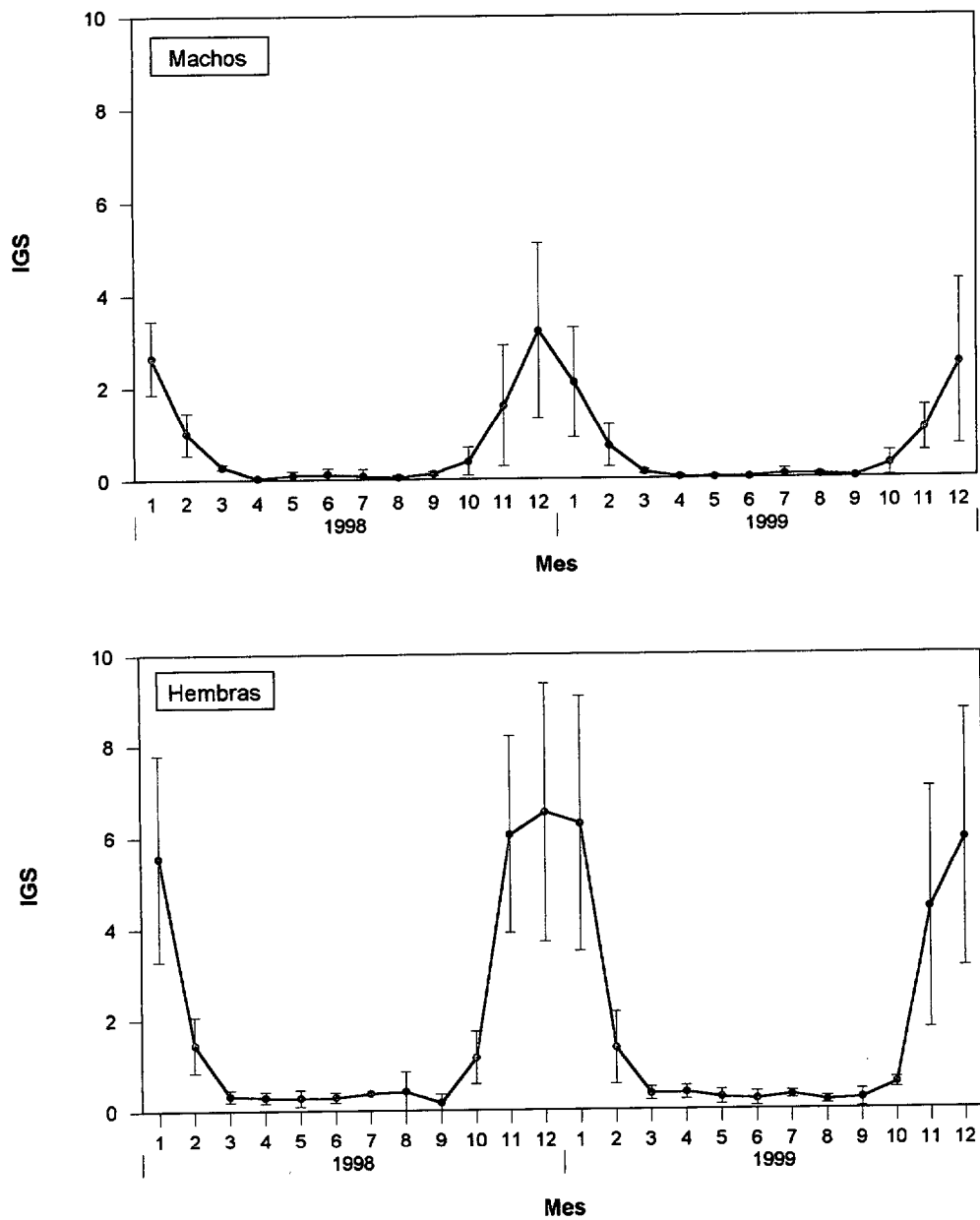


**Figura 3.9.** Folículo postovulatorio de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 3.10.** Ovocitos previtelogénicos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

El índice gonadosomático muestra claras variaciones mensuales tanto para los ejemplares machos como para las hembras (figura 3.11). Aunque, en general, los valores correspondientes a los machos son menores que los de las hembras, en ambos



**Figura 3.11.** Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) para los machos y las hembras de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

sexos el índice se comporta de igual modo en los dos años analizados. Los valores más altos se alcanzan en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero, especialmente entre noviembre y enero. Entre abril y septiembre los valores son muy bajos, próximos a cero.

### Madurez Sexual

La talla media de primera madurez se alcanza a los 266 y 294 mm de longitud total en machos y hembras, respectivamente (figura 3.12). La talla media de maduración masiva se alcanza a los 304 mm en los machos y a los 345 mm en las hembras (figura 3.12). Los valores de los parámetros de las ojivas de madurez sexual para los machos y las hembras se presentan en la tabla 3.5. El análisis estadístico muestra que las

**Tabla 3.5.** Valores de los parámetros de las ojivas de madurez sexual para los machos y las hembras de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>r</i>
Machos	100,4	0,000000299	0,739	23	0,995
Hembras	102,0	0,000023901	0,518	24	0,989

diferencias entre machos y hembras en las tallas medias de primera madurez ( $t=7,28 > t_{0,05;45}=2,03$ ) y de maduración masiva ( $t=8,42 > t_{0,05;45}=2,03$ ) son significativas.

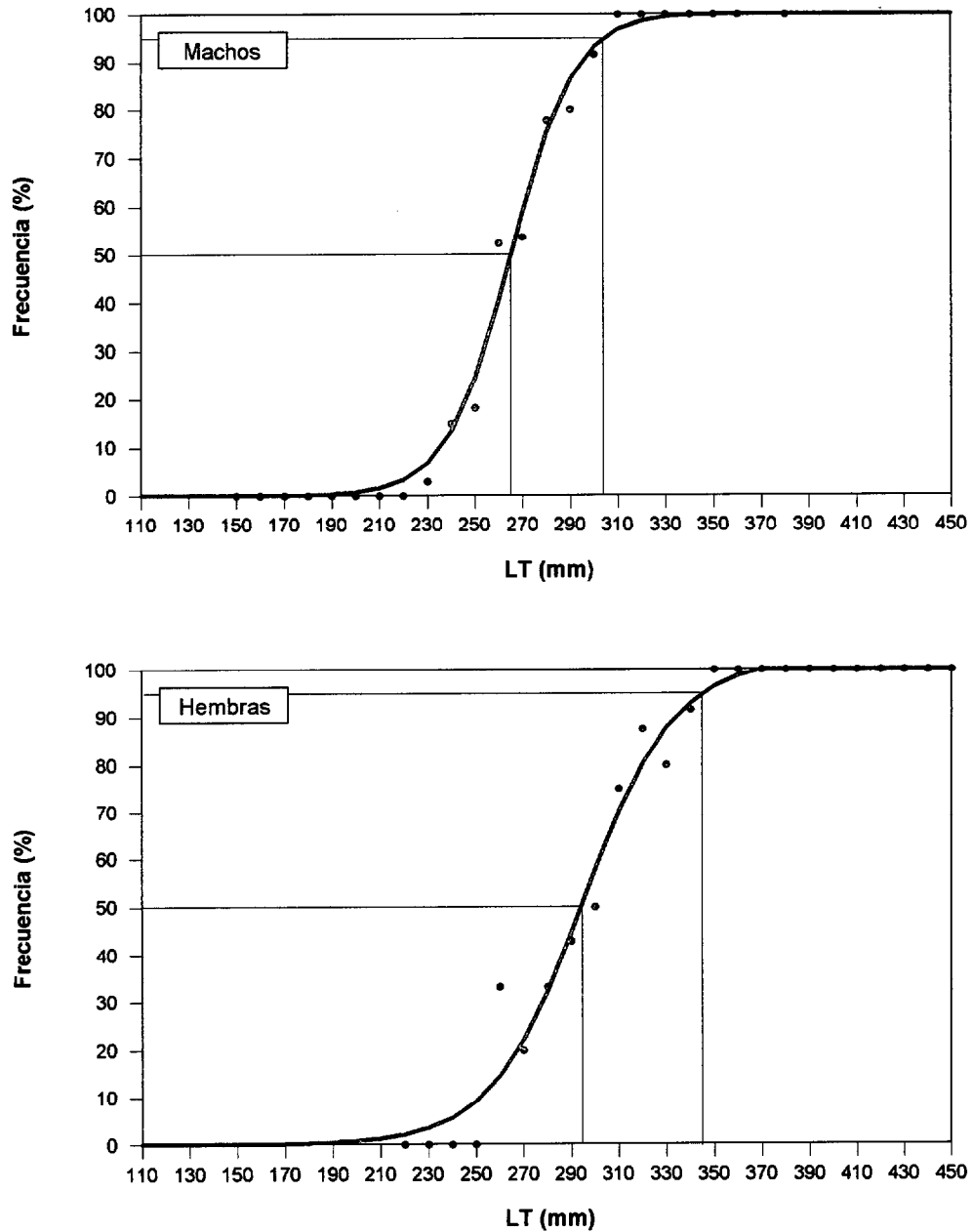


Figura 3.12. Ojivas de madurez sexual para los machos y las hembras de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

### 3.4. DISCUSIÓN

La presencia de individuos con tejido ovárico y testicular simultáneamente parece

evidenciar que la salema de Gran Canaria es hermafrodita. Esta característica, que es común entre los espáridos (Reinboth, 1969; Alekseev, 1983; Garratt, 1986; Buxton y Garratt, 1990), ha sido apuntada para la especie en todos los estudios que tratan sobre su sexualidad (Reinboth, 1962; Atz, 1964; Lissia-Frau, 1966, 1968; Lissia-Frau y Casu, 1968; Michèle, 1972, 1977; Michèle y Lafaurie, 1974; Febvre *et al.*, 1975; Sellami y Bruslé, 1975; Bauchot *et al.*, 1981; Joubert, 1981; van der Walt y Mann, 1998).

En los espáridos, y en los peces en general, la expresión más común del hermafroditismo funcional es el secuencial, en el cual el individuo desarrolla primero un sexo y después el otro (Reinboth, 1969; Choat y Robertson, 1975; Warner y Robertson, 1978; Shapiro, 1981; Garratt, 1986; Buxton, 1987; Buxton y Garratt, 1990). La presencia de individuos con tejido ovárico y testicular de forma simultánea, la distribución bimodal de tallas, con el predominio de los machos en las tallas más pequeñas y de las hembras en las mayores, y la predominancia de un sexo sobre otro parecen indicar que el hermafroditismo de la salema de Gran Canaria es de tipo proterándrico. Si bien estos indicadores han sido utilizados extensamente para diagnosticar el fenómeno de inversión sexual proterándrica en peces (Pollock, 1985), es preciso tener en consideración que esas circunstancias pueden acontecer como consecuencia de otros mecanismos diferentes del proceso de inversión, tales como el crecimiento diferencial, la maduración diferencial, la mortalidad diferencial y/o la captura selectiva. Sadovy y Shapiro (1987) y Shapiro (1987) señalan, a este respecto, que una prueba concluyente a efectos de verificar el proceso de inversión proterándrica en peces es la observación de individuos intersexuales cuyas gónadas contengan tejido testicular en degeneración y tejido ovárico en desarrollo. En este sentido, en el caso estudiado, el análisis histológico de gónadas intersexuales permite corroborar que el proceso de inversión sexual sigue un esquema proterándrico.

El hermafroditismo proterándrico también ha sido descrito como estilo reproductor para *S. salpa* por otros autores (Lissia-Frau, 1966, 1968; Lissia-Frau y Casu, 1968; Bauchot *et al.*, 1981; van de Walt y Mann, 1998). En otros estudios relativos a la

sexualidad de la especie se apuntan como estilos reproductores el hermafroditismo rudimentario (Reinboth, 1962; Atz, 1964; Joubert, 1981) o la coexistencia del hermafroditismo proterándrico con el rudimentario (Michèle, 1972, 1977; Michèle y Lafaurie, 1974; Febvre *et al.*, 1975; Sellami y Bruslé, 1975).

El cambio gradual de machos a hembras, con unos pocos hermafroditas en las tallas intermedias, sugiere que la fase de transición entre un sexo y el otro es breve. La ausencia de machos en las tallas mayores y de hembras en las menores parece indicar que la inversión de sexo es esencial en todos los individuos (Alekseev, 1982).

El predominio de los machos sobre las hembras observado para la salema en el presente estudio también ha sido observado por Joubert (1981) y van der Walt y Mann (1998) para la misma especie. Esta predominancia de los machos se explica por ser éstos más frecuentes en las tallas que son más abundantes.

La presencia de células sexuales en diferentes estados de desarrollo pone de manifiesto que la salema que habita en aguas de Gran Canaria es un reproductor parcial o heterocrono. Este comportamiento, que es característico de los espáridos (Mann y Buxton, 1998) y, en general, de especies que viven en zonas donde la variabilidad medioambiental es grande, aprovechando las épocas más favorables para la freza, también ha sido apuntado para la especie por van der Walt y Mann (1998). La presencia de células germinales sin desarrollo en los ovarios de todas las hembras, independientemente de su estado de madurez, pone de manifiesto que la salema es una especie iterópara, esto es, realiza más de un proceso de puesta a lo largo de su vida.

En Gran Canaria, la época reproductora de la salema comprende un período único a lo largo del año, entre los meses de septiembre y marzo. Esto coincide bien con lo observado para diferentes stocks mediterráneos de la especie (Anato *et al.*, 1983; Anato y Ktari, 1983; Antolic *et al.*, 1994) y para el stock de KwaZulu-Natal, en la costa oriental de Sudáfrica (Joubert, 1981; van der Walt y Mann, 1998), donde la puesta

acontece en los meses invernales. Bauchot *et al.* (1981) indican que la puesta de esta especie en aguas de Cabo Verde acontece entre septiembre y noviembre y entre marzo y abril. Aunque estos autores señalan dos períodos de puesta para ese stock, no disponen de información referente a la reproducción durante los meses de diciembre a febrero, lo que no descarta la posibilidad de un único período.

En Gran Canaria, la puesta de la salema ocurre cuando la temperatura del agua toma valores más bajos, entre 17 y 19° C, y la disponibilidad de alimento es mayor (Hernández-León, 1988a, 1988c). Esta relación de la puesta con temperaturas bajas y máxima disponibilidad de alimento también ha sido apuntada para otros espáridos presentes en Canarias, tales como el besugo *Pagellus acarne* (Pajuelo y Lorenzo, 1994, 2000), el bocinegro *Pagrus pagrus* (Pajuelo y Lorenzo, 1996) y la chopa *Spondyliosoma cantharus* (Pajuelo y Lorenzo, 1999).

En Gran Canaria, la salema presenta maduración diferencial entre sexos como consecuencia del carácter proterándrico, alcanzándose la madurez en los machos a los 266 mm (2 años) y en las hembras a los 294 mm (3 años). Estas tallas son notablemente superiores a las estimadas para el stock de KwaZulu-Natal por Joubert (1981) y van der Walt y Mann (1998), quienes establecieron que la mitad de los machos alcanzan la madurez sexual aproximadamente al primer año y la mitad de las hembras al segundo. La diferencia entre los stocks de Gran Canaria y KwaZulu-Natal en las edades de maduración se explica por las diferencias entre sus niveles de explotación. La intensa explotación a la que se encuentra sometido el stock de KwaZulu-Natal, no en vano ocupa el segundo lugar en importancia en las capturas de la pesquería con anzuelo (Joubert, 1981; van der Walt y Govender, 1996; Brouwer *et al.*, 1997), provoca una maduración más temprana.

## **4. CRECIMIENTO**



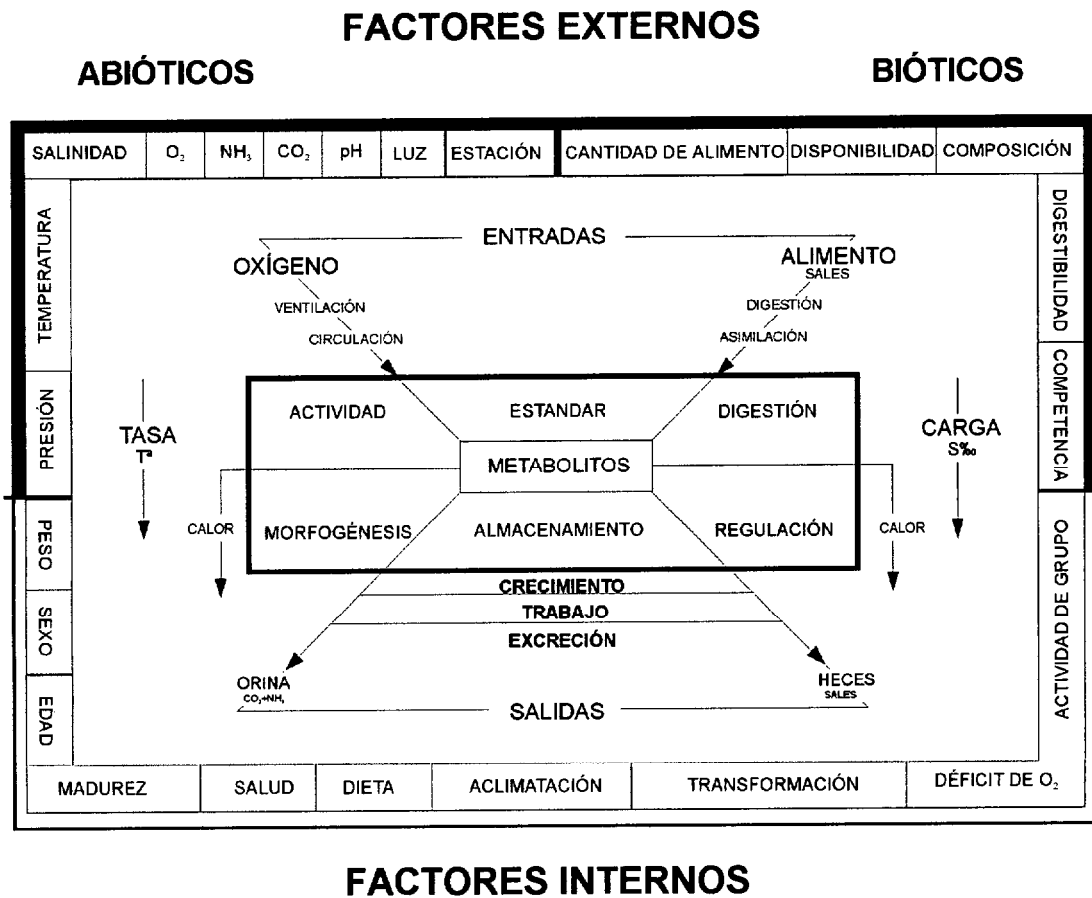
## 4.1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento ha sido y continúa siendo uno de los aspectos más ampliamente tratados en el estudio de las poblaciones marinas debido, básicamente, a su importancia en el conocimiento de la biología de las especies y en la ordenación de los recursos pesqueros. Aunque los primeros trabajos referidos al estudio del crecimiento de poblaciones marinas datan de tiempos lejanos, no fue hasta comienzos del presente siglo cuando la investigación en este campo de la biología adquirió verdadero auge.

El crecimiento se puede definir, en términos sencillos, como el aumento de las dimensiones, habitualmente medidas en talla o en peso, de un organismo con el tiempo. Ahora bien, el crecimiento constituye una de las actividades más complejas del organismo. En realidad, el crecimiento representa el resultado neto de una serie de procesos, fisiológicos y de conducta, que comienzan con la ingestión del alimento y finalizan con la deposición de los excrementos. En la figura 4.1 se representa el sistema metabólico general implicado en el crecimiento de los organismos marinos (Brett, 1979), desde las fuentes de entrada (alimento y oxígeno) a los productos de salida (crecimiento, trabajo y excrementos), mostrando algunos de los factores internos y externos que afectan al sistema. La temperatura se muestra como el principal factor controlador del metabolismo y la salinidad como el factor que demanda energía para la regulación. Brett (1979) describe ampliamente el efecto de los factores principales, tanto bióticos como abióticos, sobre el crecimiento.

En este capítulo se determinan la edad y el crecimiento de la salema de Gran Canaria mediante interpretación, por lectura directa, de las marcas de crecimiento que se forman en los otolitos. Además, los resultados que se obtienen por aplicación de esa metodología, se validan utilizando la técnica de retrocálculo. También se estima la relación entre la talla y el peso.

En los peces teleósteos, la metodología más frecuentemente utilizada para determinar el crecimiento es la interpretación de las marcas presentes en los tejidos calcificados, por lo general en los otolitos (Nikolsky, 1963; Ricker, 1979; Jearld, 1983; Royce, 1984; Morales-Nin, 1987; Lorenzo, 1992; entre otros). El primer apunte serio sobre la base teórica y empírica de este método fue publicado en 1759 por el reverendo danés Hans Hederström, quien demostró que la edad de un pez podía ser determinada a partir de los anillos observables en sus vértebras (Jearld, 1983). Este método, basado en el recuento de los anillos, parte del supuesto de que esos anillos se forman con frecuencia constante y que la distancia entre dos consecutivos es proporcional al crecimiento del pez (Lux, 1971; Pereiro, 1982; Gulland, 1983; Jearld, 1983; Casselman, 1987; Morales-Nin, 1987; Lorenzo, 1992; entre otros).



**Figura 4.1.** Sistema metabólico general implicado en el crecimiento de los organismos marinos (de Brett, 1979).

## 4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Como ya se ha indicado en el capítulo segundo, la longitud total y el peso total fueron medidos en 1125 ejemplares de salema a lo largo de todo el período de estudio. Dichas medidas fueron tomadas siguiendo las pautas descritas en el mencionado capítulo.

La relación entre la longitud total y el peso total se calculó para machos, hembras y todos los individuos conjuntamente. Dicha relación viene descrita por una función potencial que se ha mostrado como un modelo válido para expresar el peso en función de la longitud (Ricker, 1973; Anderson y Gutreuter, 1983; entre otros):

$$PT = a \cdot LT^b,$$

siendo  $a$  y  $b$  los coeficientes de la relación entre  $LT$  y  $PT$ . Para determinar estos coeficientes se ajustó, en cada caso, el modelo a las series de datos transformados a logaritmos. Para ello, se realizó un análisis de regresión lineal, utilizando el método de los mínimos cuadrados (Ricker, 1973, 1975).

Los otolitos *sagitta* fueron extraídos, siguiendo las pautas descritas en el segundo capítulo, en los 1125 ejemplares de salema recolectados durante el período de estudio (enero 1998-diciembre 1999).

A fin de realizar una descripción detallada de la morfología de los otolitos, se examinaron 960 piezas correspondientes a ejemplares de un amplio rango de tallas (120-450 mm de longitud total) con ayuda de una lupa binocular OLIMPUS SZ60 (12x).

La edad de los individuos se determinó mediante interpretación de las marcas de crecimiento observables en los otolitos. Para la lectura de los otolitos, se siguieron las

pautas dadas para *S. salpa* por van der Walt y Beckley (1997) a fin de garantizar la obtención de resultados comparables. Así, los otolitos fueron situados en una pequeña cubeta de cristal, sumergidos en agua, y examinados con la lupa binocular reseñada utilizando luz reflejada (directa) sobre fondo negro. Siempre que fue posible, se observaron, para cada pez, ambos otolitos, derecho e izquierdo simultáneamente. Las lecturas se realizaron en los otolitos enteros y siempre por su cara externa o cóncava, por ser en ésta más visibles los anillos de crecimiento. La edad se determinó por recuento de los anillos de crecimiento lento y crecimiento rápido y se consideró que cada par de anillos correspondía a un período anual. Sólo fueron considerados como anillos anuales verdaderos aquellos que eran visibles alrededor de una parte sustancial de la pieza.

En cada otolito se realizaron dos lecturas, siguiendo las pautas descritas en líneas anteriores. Todas las lecturas fueron efectuadas por el mismo observador y la repetición de las mismas se realizó en tiempos espaciados, a fin de evitar interpretaciones subjetivas. Las lecturas se efectuaron siguiendo el orden cronológico de los lotes y sin conocer ningún detalle acerca del pez correspondiente, con el objeto de evitar la influencia de unos datos sobre otros. Los resultados de las dos lecturas se tomaron en listas distintas, utilizándose, para ello, la terminología y notaciones dadas por Morales-Nin (1987).

De la totalidad de otolitos examinados, para este estudio sólo se consideraron aquellos en los que, habiéndose contabilizado anillos de crecimiento, las dos lecturas habían resultado coincidentes. Los demás otolitos, es decir, tanto aquellos en los que las dos lecturas resultaron diferentes como los que no mostraron zonas de crecimiento reconocibles, fueron desechados y considerados ilegibles. Bajo la consideración de esos criterios, se calcularon el porcentaje de otolitos legibles y el porcentaje medio de error (APE), que es un índice de la precisión en la determinación de la edad. Este índice se caracteriza por ser dependiente de la edad y se expresa de la siguiente manera (Beamish y Fournier, 1981; Libby, 1985):

$$APE = \left( \frac{1}{N} \right) \cdot \sum \left[ \frac{\left( \frac{1}{R} \right) \cdot \sum |X_{ij} - X_j|}{X_j} \right],$$

siendo: N el número de otolitos leídos, R el número de lecturas realizadas en cada uno,  $X_{ij}$  la determinación i para el pez j, y  $X_j$  la edad asignada al pez j.

Una vez establecida la edad de cada individuo, para validar el método de determinación, es decir, para verificar si cada par de anillos correspondía a un período anual tal y como se había considerado, se analizó la evolución del valor medio mensual de los incrementos marginales. El incremento marginal (IM; 0,01 mm) fue medido como la distancia desde el margen externo del anillo hialino más externo hasta la periferia del otolito. Las medidas siempre fueron tomadas a lo largo del eje más largo de la pieza.

Habiéndose establecido la edad de cada ejemplar y demostrado la validez del método, a continuación se clasificó cada pez en su grupo o clase de edad correspondiente, pues, como es sabido, la edad por sí sola no constituye información suficiente para poder estimar el crecimiento (Williams y Bedford, 1974; ICSEAF, 1983, 1986; Morales-Nin, 1987; entre otros). Para ello, se asignó arbitrariamente como fecha de nacimiento el 1 de enero y se consideró la fecha de captura y los períodos de formación de los anillos de crecimiento. Bajo estas consideraciones, los otolitos de peces capturados antes del 1 de enero (1 de julio-31 de diciembre) se atribuyeron a un grupo de edad igual al número de bandas hialinas anuales rodeadas por una zona opaca; mientras que los capturados después del 1 de enero (1 de enero-30 de junio) se asignaron a un grupo de edad igual al número de bandas hialinas contabilizadas.

Tras ser asignado cada individuo a su grupo de edad correspondiente, se elaboró la clave talla-edad. Los datos correspondientes se ordenaron en una tabla de doble entrada en la que se presentaron las tallas, agrupadas en clases de 10 mm, y los grupos de edad

en años. Además, para cada clase de edad se determinó la longitud media y su desviación típica, así como el número de individuos.

A continuación, se ajustó a los datos de talla-edad la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy (Beverton y Holt, 1957), cuya expresión matemática es como sigue:

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

donde  $L_t$  es la longitud del pez en cualquier instante  $t$ ,  $L_\infty$  la longitud asintótica o longitud teórica máxima,  $k$  la tasa o constante de crecimiento y  $t_0$  la edad a la cual la longitud del individuo es 0. La estimación de los parámetros se realizó mediante un análisis de regresión no lineal iterativo, utilizando el algoritmo de Madquart (Saila *et al.*, 1988).

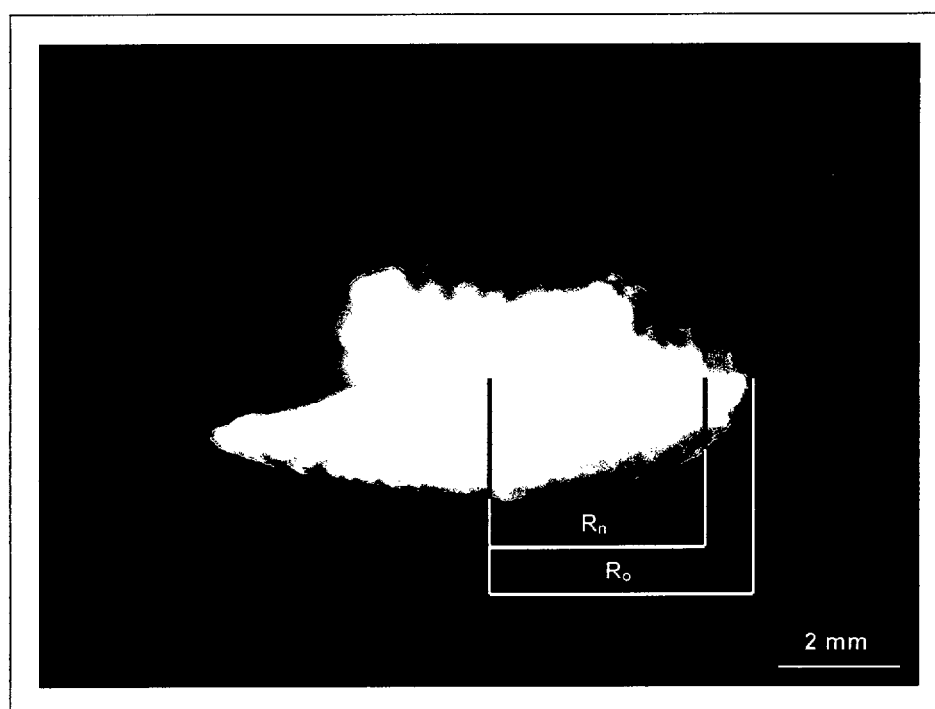
A fin de establecer comparaciones entre las curvas de crecimiento obtenidas para esta especie en distintas localidades, incluyendo las Islas Canarias, se calculó en cada caso el índice de actividad del crecimiento ( $\theta$ ) (Pauly y Munro, 1984; Pauly, 1991). Este índice se define de la siguiente manera:

$$\theta = 2 \cdot \log_{10} L_\infty + \log_{10} k.$$

Para validar los resultados de crecimiento obtenidos por lectura directa de los otolitos se utilizó el método de retrocálculo. Esta técnica permite estimar las longitudes teóricas en edades anteriores a la de captura en base a la relación que exista entre el tamaño de la estructura que se considere y la talla del pez. La condición para utilizar el retrocálculo es que exista una alta correlación entre la talla del pez y el tamaño de la estructura de crecimiento y, además, se pruebe la validez de ésta a efectos de determinación de la edad. Francis (1990), en un amplio trabajo de recopilación, presentó

una revisión crítica muy profunda sobre la metodología empleada por diferentes investigadores que han utilizado el retrocálculo.

En cada uno de los otolitos se tomaron una serie de medidas características de los estudios de retrocálculo. Se midió, en primer lugar, el radio total del otolito,  $R_o$  (distancia desde el centro o núcleo hasta el margen posterior del otolito), y sobre éste se midieron, a continuación, los radios de los respectivos anillos anuales,  $R_1, R_2, \dots, R_n$  (distancias desde el centro del núcleo del otolito al borde externo de cada anillo hialino) (figura 4.2). Solamente se consideraron bandas anuales completamente formadas, pues en caso contrario, para efectos de retrocálculo, podría subestimarse la talla. Todas las medidas se tomaron a lo largo del mismo eje, a fin de hacerlas comparables.



**Figura 4.2.** Esquema de las medidas realizadas en el otolito de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

Las medidas siempre fueron tomadas en los otolitos enteros y por su cara externa o cóncava. Para ello, las piezas fueron situadas en una pequeña cubeta de cristal sumergidos en alcohol y se utilizó luz reflejada sobre fondo negro.

Todas las mediciones fueron realizadas siempre por el mismo observador. Dada la precisión que se requiere en este tipo de trabajos, las distancias se expresaron en mm, teniendo en consideración que, para la combinación de objetivo y ocular utilizados, cada división del micrómetro correspondía a 0,0869 mm.

Una vez realizadas las mediciones descritas, se calculó, para cada clase de edad, el valor medio de la longitud del radio de cada anillo anual y su desviación típica. Para ello se consideraron, conjuntamente, todas las medidas efectuadas. De los otolitos seleccionados, las medidas sólo fueron tomadas, obviamente, en aquellos que presentaban al menos un anillo anual completamente formado (859 en total).

Seguidamente, se estableció la relación entre el crecimiento del otolito y el del pez, para lo cual se representó el radio de cada otolito,  $R_o$ , (en mm) frente a la longitud total del pez correspondiente y se buscó la expresión que mejor describiera la relación entre ambas variables. Para ello se probaron varios modelos (lineal, potencial, exponencial y logarítmico) y, entre ellos, se seleccionó aquél que mejor describía la relación, teniendo en cuenta para ello, la representatividad de las líneas de regresión (Galindo, 1984; Lorenzo, 1992). Para ajustar los modelos a los datos, en cada caso se realizaron las transformaciones oportunas a fin de reducir el problema al de la función lineal para todos los casos. Las correspondientes regresiones se realizaron mediante el método de los mínimos cuadrados. Se consideró la talla como variable dependiente, porque es a partir del radio del otolito que se desea encontrar la longitud del pez (Bagenal y Tesch, 1978; Francis, 1990).

Una vez establecida la relación entre el crecimiento del otolito y el del pez y conocidas, para cada individuo, las medidas de los radios de los anillos anuales presentes en sus otolitos, se estimaron, siguiendo las pautas recomendadas por Bagenal y Tesch (1978) y Francis (1990), las longitudes en las edades correspondientes a cada uno de esos anillos (retrocálculo). Con los datos obtenidos, se calculó, seguidamente, el



valor medio de talla por edad dentro de cada cohorte y su desviación típica.

Los datos de talla-edad resultantes del retrocálculo fueron utilizados, entonces, para calcular los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy (Beverton y Holt, 1957). Dichos parámetros fueron estimados para todo el período de muestreo. Para estimar el valor de los parámetros de crecimiento, se ajustó el modelo de von Bertalanffy a la serie de datos correspondiente, efectuándose para ello un análisis de regresión no lineal iterativo mediante el algoritmo de Madquart (Saila *et al.*, 1988).

Todos los análisis fueron realizados en un ordenador PENTIUM 200 MMX. Para estimar los parámetros de crecimiento se empleó el programa FISHPARM (Prager *et al.*, 1987). Los cálculos restantes se efectuaron utilizando el paquete estadístico SPSS versión 8.0 para Windows.

### 4.3. RESULTADOS

#### 4.3.1. RELACIÓN TALLA-PESO

En la tabla 4.1 se muestran los valores de los parámetros de la relación longitud total-peso total para los machos, las hembras y todos los individuos muestreados. En las figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran las curvas de la relación talla-peso para los machos, las hembras y todos los individuos, respectivamente. Se aprecian diferencias significativas entre los coeficientes de alometría de machos y hembras ( $t\text{-test } t=9,23 > t_{0,05;378}=1,64$ ).

**Tabla 4.1.** Valores de los parámetros de la relación talla-peso para los machos, las hembras y todos los individuos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999) \* ( $t\text{-test} < t_{0,05;n>250}=1,64$ ).

	<i>a</i>	<i>b</i>	SB	n	<i>r</i>	t-test
Machos	0,0000164	2,976	0,0204	649	0,985	1,17*
Hembras	0,0000183	2,957	0,0461	267	0,969	0,93*
Total	0,0000134	3,011	0,0098	1125	0,994	1,12*

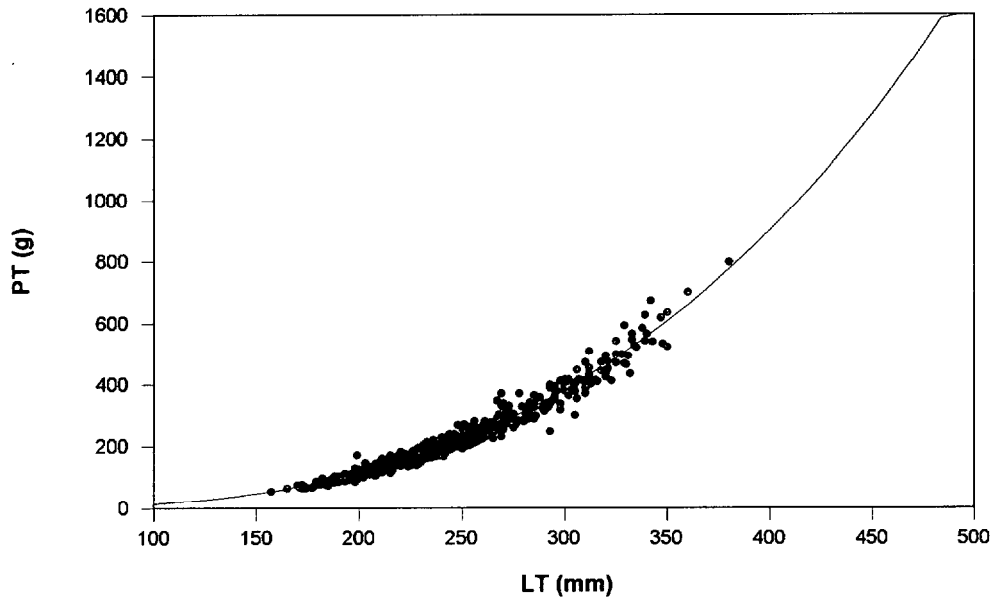


Figura 4.3. Relación longitud total-peso total para los machos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

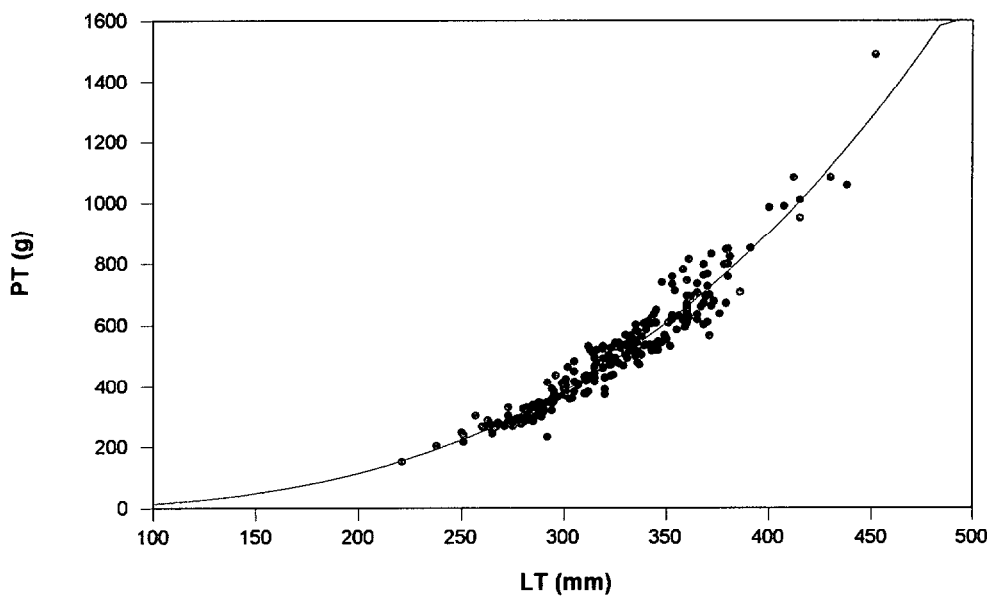
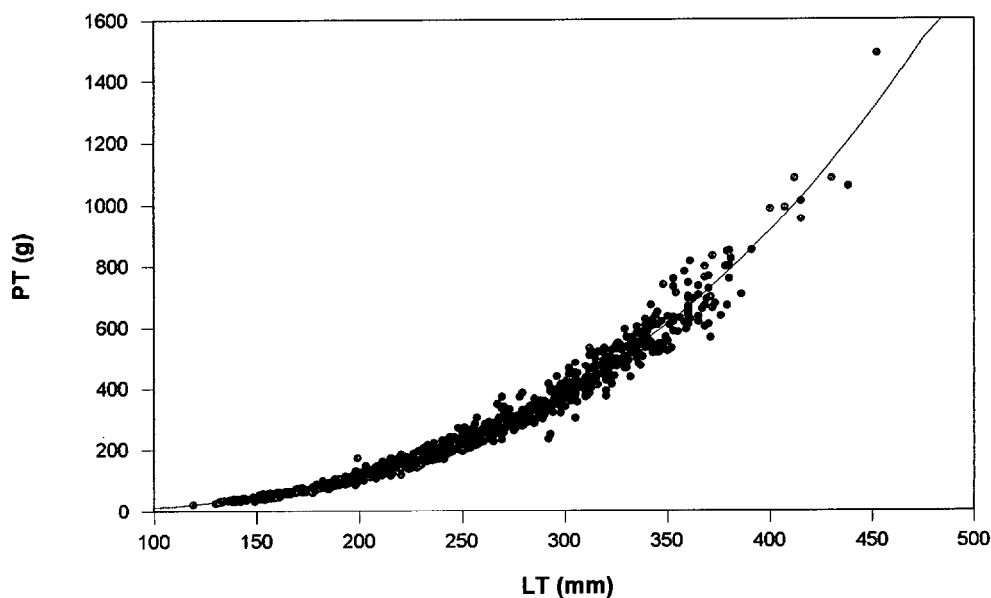


Figura 4.4. Relación longitud total-peso total para las hembras de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



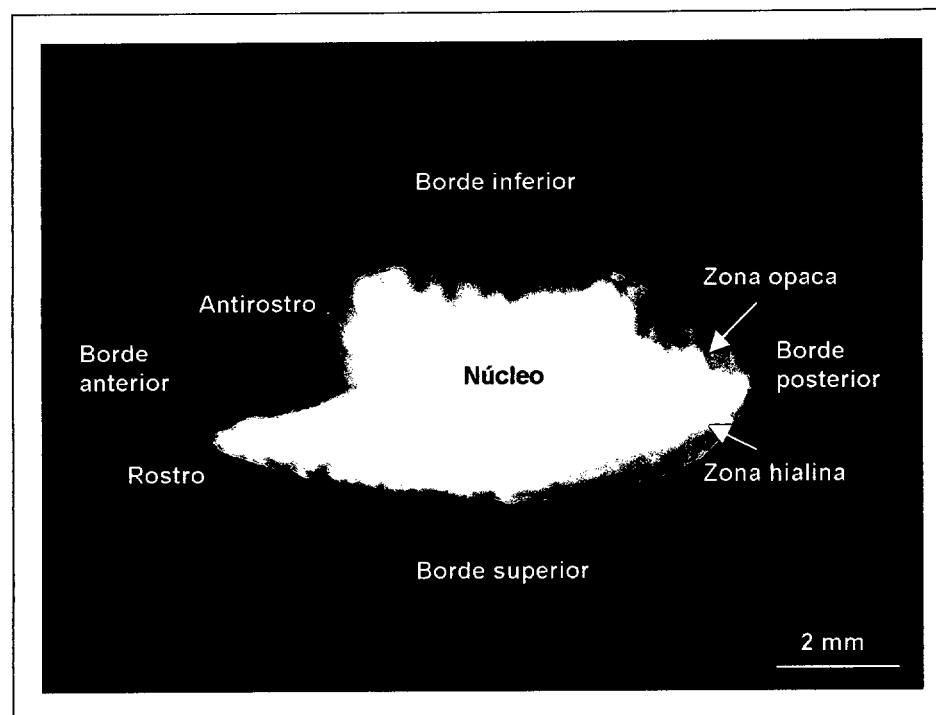


**Figura 4.5.** Relación longitud total-peso total para todos los individuos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

#### 4.3.2. EDAD Y CRECIMIENTO

##### Descripción de los Otolitos

El otolito *sagitta* de *S. salpa* es alargado y delgado (figura 4.6). En el borde anterior presenta un rostro alargado, el cual se acentúa con la edad. La región terminal es roma y generalmente lisa, aunque en peces grandes se hace dentada. Los lados dorsal (superior) y ventral (inferior) tienen recorrido curvo, aproximándose en el margen, donde se forma un estrechamiento muy marcado. El borde de estos lados es generalmente liso. La cara interna es convexa y está recorrida longitudinalmente por un surco acústico bien diferenciado. El *ostium* es amplio y está rodeado de dos crestas bien desarrolladas. El final de la cauda tiene forma redondeada. La cara externa presenta un relieve más uniforme, con un núcleo central del que parten crestas en dirección anterior y posterior. Los anillos de crecimiento son más visibles en la región terminal (figura 4.6).

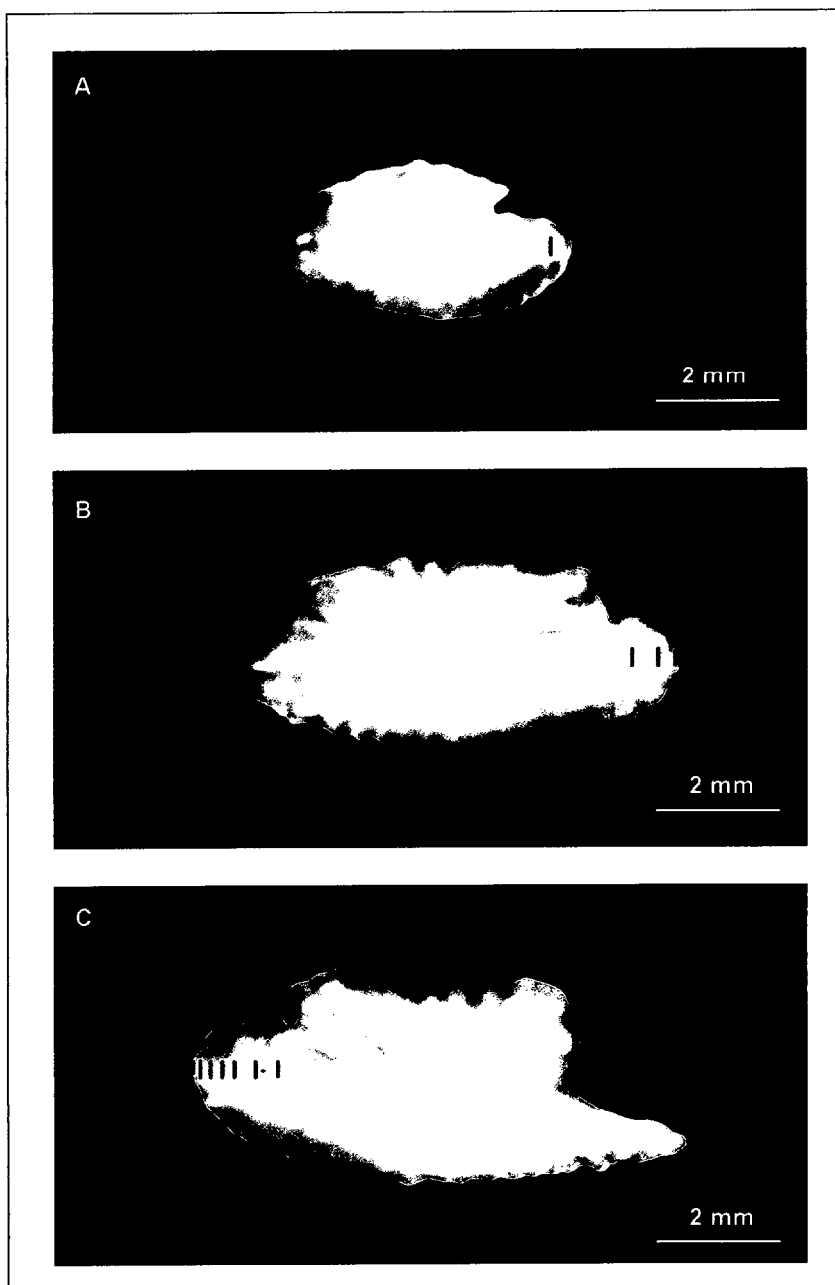


**Figura 4.6.** Otolito de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria.

### **Determinación de la Edad y el Crecimiento mediante Lectura Directa de Otolitos**

Los otolitos *sagitta* de *S. salpa* son, por su delgadez, bastante transparentes, lo cual resultó ventajoso para su observación sin tratamiento previo. Bajo las condiciones de lectura establecidas, los anillos de crecimiento lento, hialinos, presentaron un aspecto oscuro, ya que su transparencia deja ver el fondo negro; mientras los de crecimiento rápido, opacos, aparecían como zonas blanquecinas. Cabe significar que tanto la variación del ángulo de incidencia de la luz sobre los otolitos como la mayor o menor luminosidad contribuyeron a aclarar el examen. Asimismo, es de destacar que los anillos de crecimiento se apreciaron mejor cuando los otolitos llevaban un tiempo, entre uno y dos minutos, inmersos en el agua; sin embargo, cuando permanecían sumergidos durante un tiempo superior a cinco minutos se volvían muy transparentes e inservibles para la determinación de la edad. Cabe indicar, también, que en todos los casos en que se examinaron ambos otolitos, derecho e izquierdo, de un mismo ejemplar, las lecturas resultaron idénticas.

En general, las marcas de crecimiento se apreciaron con bastante claridad y su interpretación resultó relativamente fácil (figura 4.7). Sin embargo, en algunos casos, la

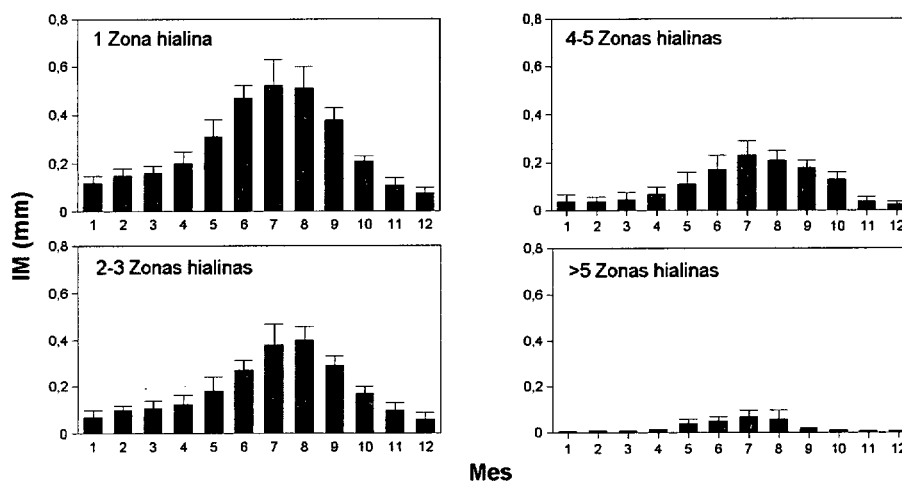


**Figura 4.7.** Otolitos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria. A. Ejemplar de 1 año (133 mm). B. Ejemplar de 3 años (243 mm). C. Ejemplar de 7 años (325 mm).

identificación del primer anillo de crecimiento lento resultó problemática por la variación, con la edad, de la opacidad en la zona central. En esos casos, no obstante, gracias a la disminución de la visibilidad del anillo nuclear fue posible reconocerlo. Cabe señalar, además, que en los peces de mayor edad se requirió una atenta observación de las últimas bandas, ya que éstas se encontraban muy próximas entre sí. También se encontraron algunos otolitos anormales, concretamente 74 (6,58%), en los que parte o toda su estructura estaba alterada (mal cristalizada) y, por tanto, la determinación de la edad no fue posible en ellos. Estos otolitos, denominados cristalinos, pues en ellos el carbonato cálcico está cristalizado en forma de calcita dispuestos en gruesos cristales translúcidos, se encuentran en todas las especies (Morales-Nin, 1987; Lorenzo, 1992).

De todos los otolitos examinados, 108 (9,6%) fueron rechazados por ser ilegibles. De éstos, 9 eran cristalinos, 34 estaban fracturados y 65 presentaban las zonas de crecimiento mal definidas. De los restantes 1017 otolitos, las dos lecturas resultaron coincidentes en 960 (94,4%). El valor del porcentaje medio de error fue sólo de 3,1%, lo cual evidencia una gran precisión en la determinación de las edades.

El valor medio mensual de los incrementos marginales medidos en todos los otolitos con una sola zona hialina varía entre 0,52 y 0,38 mm desde junio a septiembre (figura 4.8). Posteriormente decae hasta 0,08 mm en diciembre, aumentando antes gradualmente hasta 0,2 mm en abril. El valor medio mensual de los incrementos marginales en otolitos con dos y tres, cuatro y cinco, y más de cinco zonas translúcidas también disminuyeron marcadamente entre octubre y diciembre y siguieron una tendencia similar a la descrita en otolitos con una sola banda hialina. Por consiguiente, independientemente del número de zonas translúcidas, el valor medio mensual de los incrementos marginales es máximo en los meses de verano y mínimo en los de invierno. En relación con esto, se asumió que cada año se forma una zona translúcida y su zona opaca adyacente.



**Figura 4.8.** Evolución del valor medio mensual de los incrementos marginales (IM) de los otolitos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

En la tabla 4.2 se presenta la clave talla-edad para todos los individuos examinados durante el período de estudio. En ella se muestra la frecuencia de individuos por clase de talla en cada grupo de edad. Además, para cada clase de edad se entregan la talla media ( $\bar{X}$ ) con su desviación típica (SD) y el número de otolitos leídos (N). Los ejemplares examinados presentaron edades comprendidas entre 0 y 11 años. Durante el tercer año de vida, los peces alcanzaron aproximadamente el 50% de su longitud máxima observada. Durante el quinto y décimo años, los especímenes alcanzaron aproximadamente el 75% y 95% de su talla máxima (tabla 4.2). En general, se advierte que los grupos de edad más frecuentes son los de II y III años; mientras los grupos de edad mayores son poco frecuentes, especialmente los de VII años y más. La clase de edad 0, a pesar de ser abundante, en ningún caso está bien representada, pues los individuos menores de 140 mm son poco frecuentes. La distribución de tallas en cada grupo de edad es, en general, más o menos normal. El espectro de tallas que comprende cada grupo de edad es, en general, relativamente amplio y, además, se observa que los mayores intervalos corresponden a los grupos más jóvenes. Los valores de dispersión (desviación típica) de las tallas medias de los distintos grupos de edad son, en la

mayoría de los casos, bastante bajos y, en general, también muestran una clara tendencia a disminuir hacia los grupos de mayor edad.

**Tabla 4.2.** Clave talla-edad para todos los individuos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

Talla (mm)	Clase de edad (años)											
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
120	1											
130	5											
140	24											
150	32	8										
160	30	15										
170	9	21										
180	1	27										
190		35	5									
200		29	12									
210		11	21									
220		7	33	1								
230		4	47	5								
240		3	59	9								
250			38	15								
260			17	19	1							
270			9	32								
280			1	34	4							
290				43	7							
300				26	13	1						
310				13	29	4						
320				4	39	3						
330					34	7	1					
340					17	14	1					
350					6	18	3					
360					2	10	4					
370						6	10					
380						1	7	2				
390							1	1				
400								1				
410								1				
420									2			
430									1	1		
440											1	
450												1
N	102	160	242	201	152	64	27	5	3	1	2	1
$\bar{X}$	128	181	238	285	322	353	377	397	413	423	434	446
SD	17	31	26	27	24	16	12	9	4	-	2	-

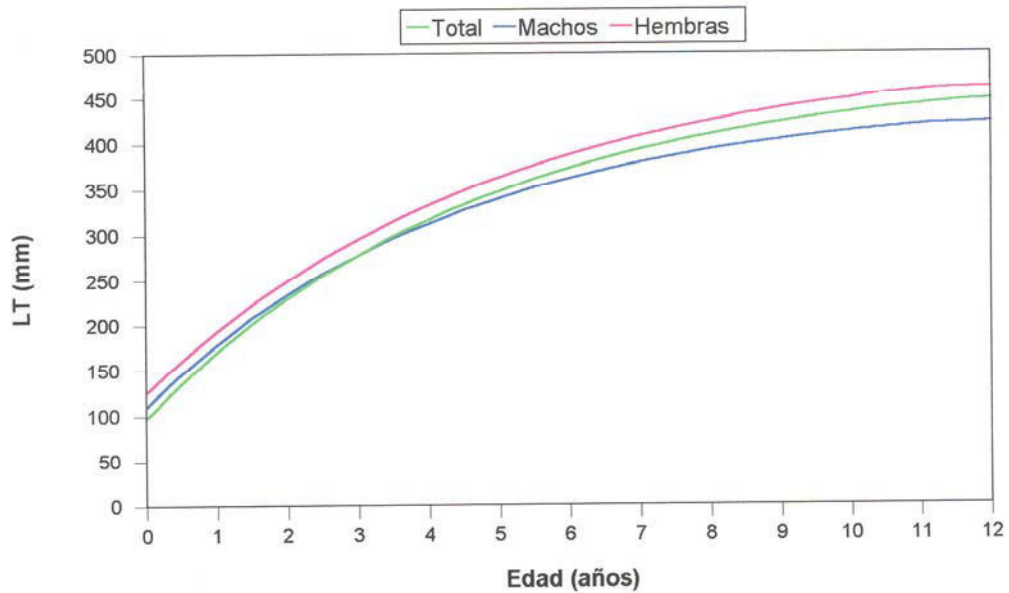


En la tabla 4.3 se entregan, para machos, hembras y todos los individuos, los parámetros de crecimiento obtenidos mediante ajuste de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy a los datos de talla-edad estimados mediante lectura directa de los otolitos. Es preciso indicar que el grupo de edad 0 no fue considerado en los ajustes por no estar bien representado. En la figura 4.9 se representan las correspondientes curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas por lectura directa de otolitos. Las curvas de crecimiento de machos y de hembras presentaron diferencias significativas ( $T^2$ -test de Hotelling,  $T^2=93,7 > T_{0,05;3;786}^2=7,85$ ), siendo la longitud media de los machos más pequeña que la de las hembras a la misma edad.

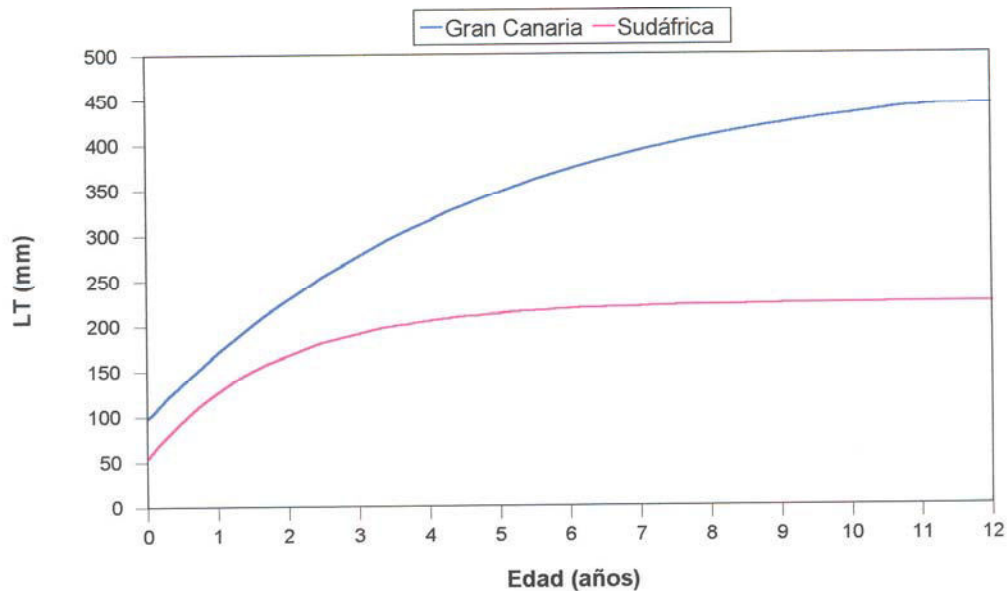
**Tabla 4.3.** Parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimados por lectura directa de los otolitos para machos, hembras y todos los individuos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

	$L_{\infty}$ (mm)	$k$ (años <sup>-1</sup> )	$t_0$ (años)	n	r
Machos	447	0,228	-1,246	649	0,992
Hembras	499	0,201	-1,447	267	0,986
Total	479	0,212	-1,082	960	0,993

En la figura 4.10 se representan las curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas mediante lectura directa de los otolitos para todos los individuos en Gran Canaria (presente trabajo) y en KwaZulu-Natal (Sudáfrica) (van der Walt y Beckley, 1997). Los parámetros de crecimiento obtenidos para la especie en este trabajo difieren de los dados por van der Walt y Beckley (1997) para esa zona del Océano Índico ( $L_{\infty}=224,4$  mm,  $k=0,549$  años<sup>-1</sup>,  $t_0=-0,512$ ). Se observa, además, que el índice de actividad del crecimiento ( $\theta=4,44$ ) es menor, aunque no difiere mucho del observado para Canarias ( $\theta=4,56$ ).



**Figura 4.9** Curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas por lectura directa de otolitos para machos, hembras y todos los individuos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 4.10.** Curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas por lectura directa de otolitos para todos los individuos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999) y de Sudáfrica (enero 1994-marzo 1995).

### Determinación de la Edad y el Crecimiento mediante Retrocálculo

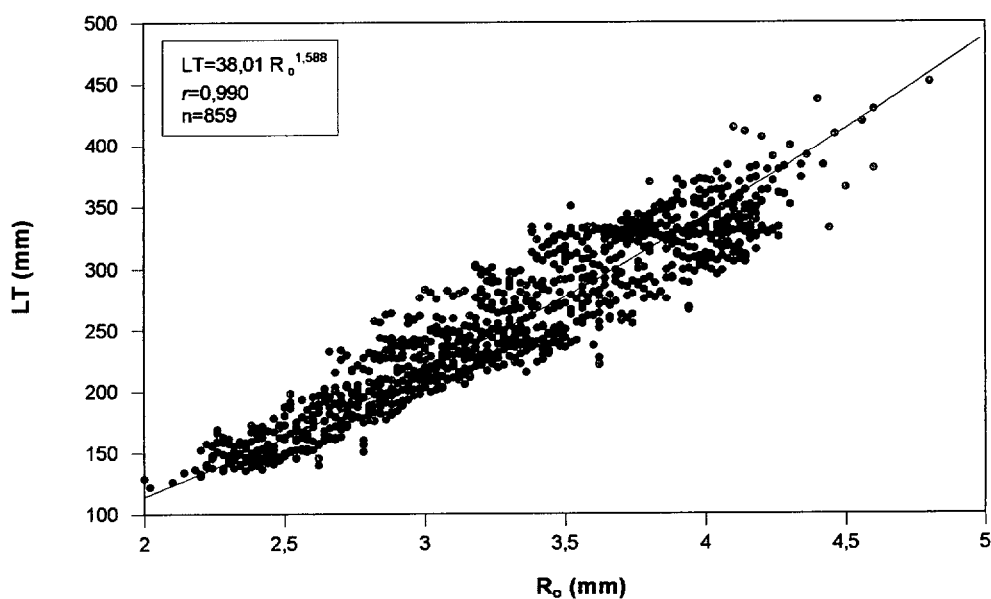
A fin de establecer la dependencia entre el crecimiento del otolito y el del pez, se buscó la expresión que mejor describiera la relación entre la longitud del radio del otolito ( $R_o$ ) y la talla del pez (LT), probándose para ello varios modelos. En la tabla 4.4 se entregan las distintas ecuaciones obtenidas, así como los valores del coeficiente de correlación ( $r$ ) y del error estándar (SE) correspondientes. En todos los casos se observa que existe una alta correlación entre las dos variables comparadas. El error de la talla estimada es, sin embargo, considerablemente distinto según se trate de los modelos lineal y logarítmico o exponencial y potencial, siendo en los primeros superior a 15 mm y en los segundos menor de 5 mm. El análisis de residuos no mostró anomalía en ningún caso, pero evidentemente fue menor en los modelos exponencial y potencial. En el caso estudiado, pues, los modelos que mejor describen la relación entre la longitud del radio del otolito y la longitud total del pez son el exponencial y el potencial. El empleo de este último puede resultar, no obstante, más apropiado (figura 4.11), ya que se trata de un caso típico de alometría. Además, el modelo exponencial presenta un error mayor.

**Tabla 4.4.** Valores del coeficiente de correlación ( $r$ ) y de la desviación estándar (SE) para diferentes modelos de la relación entre la longitud del radio del otolito y la longitud total del pez.

Método	n	$r$	SE (mm)
Lineal	859	0,934	38,23
Exponencial	859	0,963	3,78
Potencial	859	0,990	1,96
Logarítmico	859	0,922	17,44

Las longitudes totales retrocalculadas al final de cada año de vida por grupo de edad se dan en la tabla 4.5. No hubo indicios del fenómeno de Lee, según el cual las longitudes calculadas a una edad dada tienden a ser más pequeñas cuando derivan de

medidas realizadas sobre peces más viejos (Francis, 1990). Las medidas observadas fueron ligeramente más altas que las longitudes retrocalculadas para los grupos de edad individuales.



**Figura 4.11.** Relación entre el radio del otolito ( $R_0$ ) y la longitud total (LT) de la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

Los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimados a partir de las longitudes medias retrocalculadas por edad para machos, hembras y todos los individuos se presentan en la tabla 4.6. Se encontraron diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento de machos y hembras ( $T^2$ -test de Hotelling,  $T^2=44,6 > T_{0,05;3;20}^2=9,30$ ) (figura 4.12).

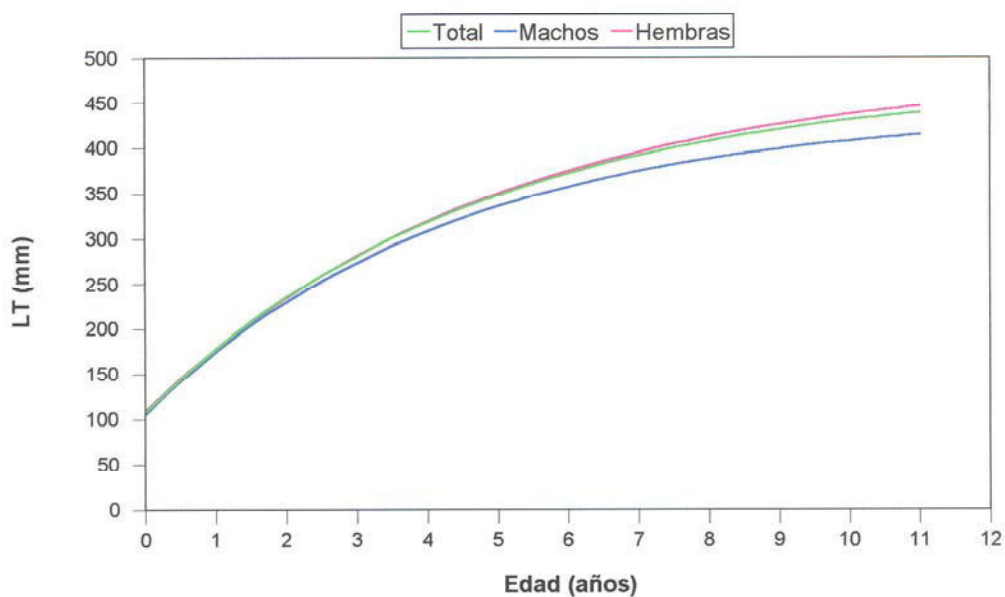
No se observaron diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento estimados por lectura directa de otolitos y mediante retrocálculo en machos ( $T^2$ -test de Hotelling,  $T^2=7,63 < T_{0,05;3;567}^2=7,85$ ) (figura 4.13), hembras ( $T^2$ -test de Hotelling,  $T^2=6,89 < T_{0,05;3;229}^2=7,92$ ) (figura 4.14) y en todos los individuos ( $T^2$ -test de Hotelling,  $T^2=7,47 < T_{0,05;3;969}^2=7,85$ ) (figura 4.15).

**Tabla 4.5.** Longitud total retrocalculada por grupo de edad para todos los ejemplares de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

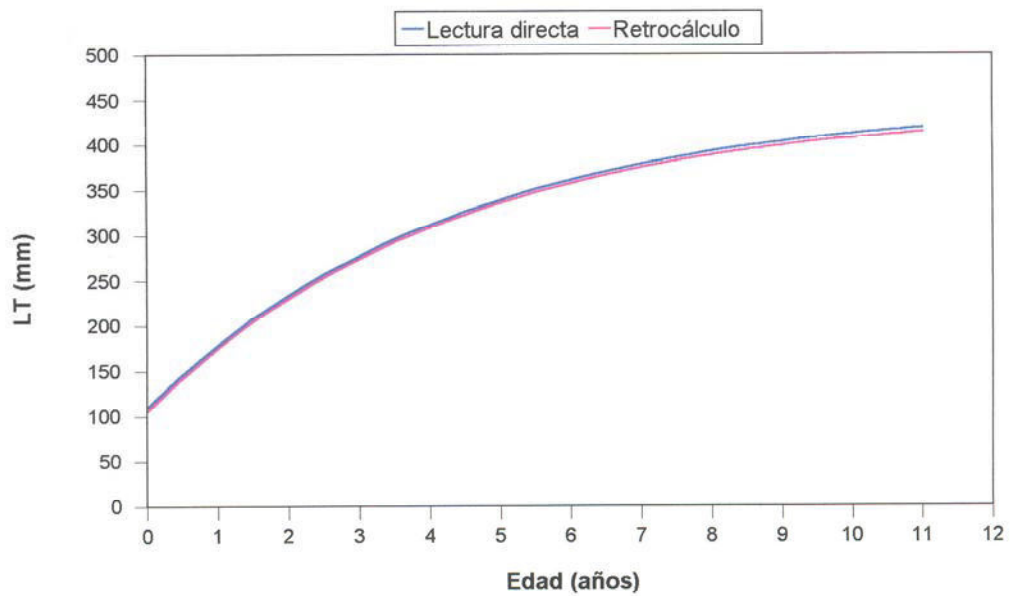
Edad	n	Grupo de edad (años)											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1	160	177											
2	244	189	233										
3	202	182	238	282									
4	151	174	230	289	319								
5	63	179	243	279	324	350							
6	27	170	235	292	315	342	373						
7	5	182	243	284	323	355	366	395					
8	3	176	236	280	329	344	381	389	406				
9	1	174	230	287	310	357	374	401	410	422			
10	2	187	247	272	316	348	375	387	405	419	431		
11	1	180	239	279	320	351	368	394	414	425	433	439	
$\bar{X}$ (mm)		179	237	282	319	349	373	393	409	422	432	439	
Incremento de crecimiento anual (mm)		179	58	45	37	30	24	20	16	13	10	7	
Incremento de crecimiento anual (%)		40,8	13,2	0,2	8,4	6,8	5,5	4,6	3,6	2,9	2,3	1,6	

**Tabla 4.6.** Parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimados por retrocálculo para machos, hembras y todos los individuos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

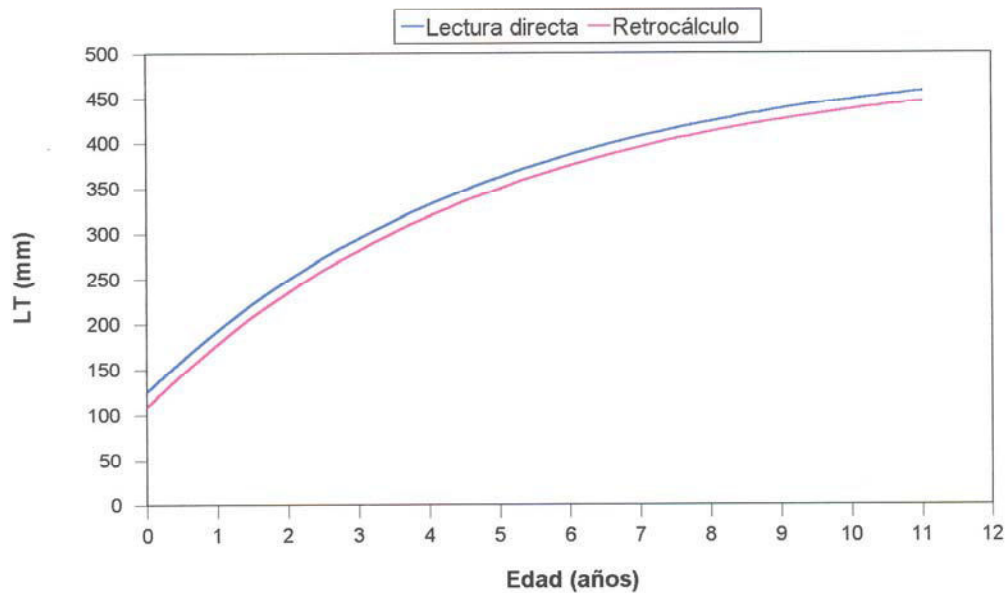
	$L_{\infty}$ (mm)	$k$ (años <sup>-1</sup> )	$t_0$ (años)	$n$	$r$
Machos	441	0,232	-1,191	11	0,999
Hembras	487	0,203	-1,256	11	0,999
Total	474	0,214	-1,215	11	0,999



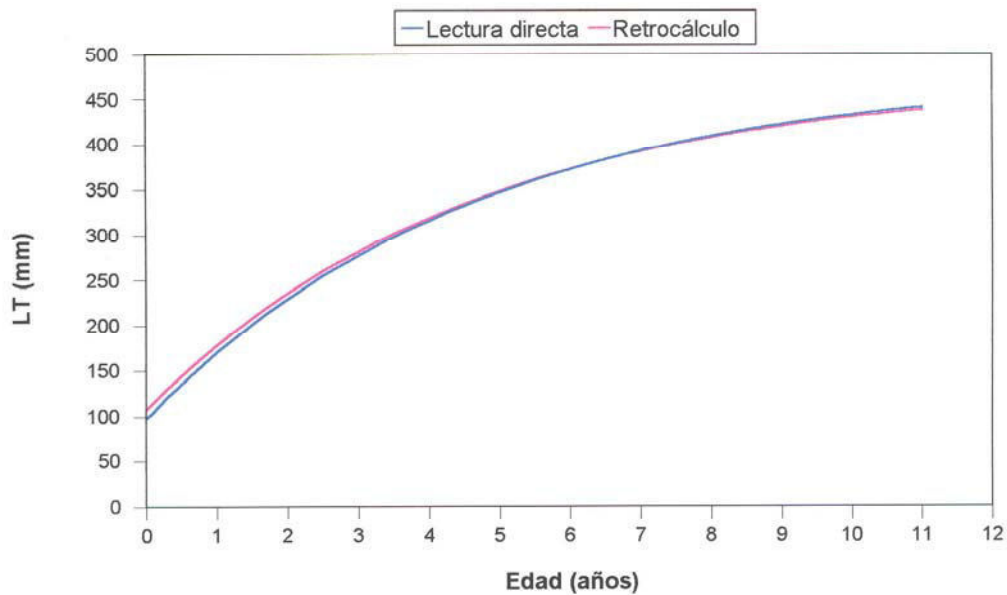
**Figura 4.12.** Curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas por retrocálculo para machos, hembras y todos los individuos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 4.13.** Curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas por lectura directa de otolitos y por retrocálculo para los machos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 4.14.** Curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas por lectura directa de otolitos y por retrocálculo para las hembras de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 4.15.** Curvas teóricas de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimadas por lectura directa de otolitos y por retrocálculo para todos los individuos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

#### 4.4. DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la relación entre la longitud total y el peso total por sexos pone de manifiesto que, para una talla dada, las hembras son ligeramente más pesadas que los machos. Esto se explica, de forma teórica, por ser ésta una especie proterándrica, de manera que los machos son más abundantes en las tallas menores y las hembras más numerosas en las longitudes más grandes. De los resultados de este análisis se deduce, por otro lado, que el peso aumenta de forma isométrica con la longitud, tanto en los machos como en las hembras. Esto también coincide con lo señalado por Dulcic y Kraljevic (1996) para la salema del Adriático.

En los estudios de crecimiento resulta fundamental determinar la edad de los individuos, ya que los datos sobre la edad son básicos para estimar los parámetros de crecimiento. Con frecuencia, la determinación de la edad en los espáridos mediante interpretación de los anillos de crecimiento que se observan en los otolitos ha resultado



difícil, especialmente en los individuos de mayor edad, debido al grosor de las piezas, haciéndose necesaria la obtención de secciones a nivel del núcleo para facilitar la estimación (Buxton y Clarke, 1991, 1992; Smale y Punt, 1991; van der Walt y Beckley, 1997) En el caso de la salema de Gran Canaria, la delgadez de los otolitos permite la lectura en las piezas enteras.

Los otolitos de salema de Gran Canaria presentan el patrón común a la mayoría de los peces teleósteos. Cada año se forman en los otolitos un anillo opaco y otro hialino, permitiendo determinar la edad con relativa facilidad. Estos anillos son depositados debido a los períodos alternantes de crecimiento rápido y crecimiento lento (Williams y Bedford, 1974), los cuales están posiblemente relacionados con cambios fisiológicos producidos principalmente por la influencia de la temperatura, el régimen alimentario y el ciclo reproductor (Morales-Nin y Ralston, 1990). Aunque, sin duda, es muy difícil determinar el efecto de cada uno de esos factores, pues amén de ellos intervienen otros muchos y están todos ellos intercorrelacionados, su influencia es, no obstante, clara. La formación de los anillos opaco e hialino en los otolitos de la salema de Gran Canaria ocurre principalmente durante los meses de verano e invierno, respectivamente. Los anillos opacos se forman cuando la temperatura del agua alcanza los valores más altos (24 °C) (Hernández-León, 1988a, 1988c) y el alimento es más abundante, y los hialinos cuando la temperatura alcanza los valores más bajos (18 °C) y tiene lugar la reproducción. Morales-Nin y Ralston (1990) señalan que una diferencia de temperatura de 2 °C es suficiente para causar la formación de los anillos de crecimiento. Además, durante el período reproductor parte de la energía metabólica disponible para el crecimiento es desviada para favorecer el desarrollo de las gónadas, causando la formación de finos incrementos que se traducen en un anillo hialino de crecimiento estacional. Resultados similares han sido obtenidos en Sudáfrica (van der Walt y Beckley, 1997) para la misma especie y en el Archipiélago canario para otros espáridos como la sama de pluma *Dentex gibbosus* (Pajuelo y Lorenzo, 1995), el aligote o besugo *Pagellus acarne* (Pajuelo y Lorenzo, 2000), la breca *Pagellus erythrinus* (Pajuelo y

Lorenzo, 1998), el bocinegro *Pagrus pagrus* (Pajuelo y Lorenzo, 1996), y la chopa *Spondyliosoma cantharus* (Pajuelo y Lorenzo, 1999).

En lo que respecta a la estructura de edades, es preciso señalar que, en el caso estudiado, la clave talla-edad obtenida es muy fiable en cuanto se refiere a los datos que en ella se representan, pues la determinación de edades fue precisa y la asignación de individuos a sus respectivos grupos de edad se realizó con sumo cuidado. En general, se encontraron individuos de las clases de edad de 0 a XI años. Los grupos de edad más frecuentes son los de II y III años, mientras los grupos de edad mayores, especialmente de VII a XI años, son poco frecuentes. La clase de edad 0, a pesar de ser abundante, no está bien representada, pues los individuos menores de 140 mm son poco frecuentes en las capturas.

La dispersión de los valores de las tallas medias de los distintos grupos de edad son bajos y tienden a disminuir hacia los grupos de edad mayores. Sin duda, esa baja variabilidad pone de manifiesto la fiabilidad del método y sugiere que la tasa de crecimiento no varía de modo considerable. Dado, además, que la dispersión es menor en los grupos de edad mayores, cabe pensar que el crecimiento tiende a regularizarse a medida que los individuos envejecen. Esto parece indicar, pues, que cuanto más jóvenes son los individuos, la respuesta a una variación externa es más fuerte, o sea, son más susceptibles a cualquier cambio.

La curva de von Bertalanffy representa bien el crecimiento en longitud de los individuos tras su primer año de vida; sin embargo, no describe fielmente las primeras fases de desarrollo (Gordoa y Molí, 1997). Nótese que los valores de la edad a la cual la longitud de los individuos es cero son siempre muy bajos (tabla 4.2) y, en consecuencia, las edades a partir de las cuales toman valores positivos corresponden a tallas relativamente grandes. En general, cabe indicar, que tanto los valores de la longitud asintótica como los de la tasa de crecimiento son bastante razonables. Así, el valor de la longitud asintótica estimado para todos los individuos durante el período de estudio

(479 mm) es muy coherente con lo que cabría esperar, teniendo en cuenta el valor de la longitud máxima observada (452 mm). La talla máxima observada por van der Walt y Beckley (1997) (270 mm) es superior al valor de longitud asintótica estimado (224,4 mm), lo que hace que este parámetro esté subestimado y el del coeficiente de crecimiento, por estar inversamente relacionado, sobreestimado.

En Gran Canaria, la salemas crece relativamente rápido durante los primeros años de vida, alcanzando aproximadamente la mitad de su talla máxima en el tercer año de vida. Después del tercer año, la tasa de crecimiento disminuye rápidamente como consecuencia de los procesos de maduración sexual. Téngase en cuenta, al respecto, que la maduración, que en estos individuos se produce a partir del tercer año de vida, genera un desvío de energía hacia la reproducción, quedando menos energía disponible para el crecimiento somático. La diferencia observada en el crecimiento de machos y hembras, con las hembras alcanzando tallas ligeramente mayores que los machos, es una característica de las especies proterándricas, como la salemas (D'Ancona, 1949; Michèle y Lafaurie, 1974; Febvre *et al.*, 1975; Michèle, 1977). En este sentido, Alekseev (1983) y Shapiro (1984) señalan que la talla media de los individuos que han invertido de sexo es ligeramente mayor que la de los machos a la misma edad; por consiguiente, la diferencia de talla entre machos y hembras a una misma edad no puede ser considerada como una evidencia de diferencia en la tasa de crecimiento entre sexos, pues los machos y las hembras son los mismos individuos en diferentes estadios de sucesión sexual y, posiblemente, los machos de mayor talla en un grupo de edad son los primeros en invertir (Shapiro, 1987). En relación con esto, van der Walt y Mann (1998) señalan que, en las especies que forman cardúmenes constituidos por individuos de tallas similares, como ésta, durante el proceso de reproducción donde la competencia macho-macho es muy fuerte, la presión selectiva provoca que el individuo de menor talla invierta su sexo a hembra.

Los resultados obtenidos utilizando el método de retrocálculo son muy satisfactorios y demuestran la validez del método de interpretación de las marcas de

crecimiento presentes en los otolitos para determinar la edad y el crecimiento de la salema de Gran Canaria. Como la formación de los anillos de crecimiento en los otolitos es regular y, por tanto, los otolitos pueden ser utilizados para determinar la edad, y como la talla del pez y el tamaño del otolito están estrechamente correlacionados, es posible utilizar las medidas de los anillos de crecimiento para retrocalcular el crecimiento (Bagenal y Tesch, 1978; Bartlett *et al.*, 1984; Campana, 1990; Francis, 1990). Los valores de longitud media por edad obtenidos mediante retrocálculo coinciden bien con los estimados por lectura directa de otolitos para las clases anuales respectivas, aunque, lógicamente, estos últimos fueron mayores. Es evidente que la talla media considerada justamente al cumplir la edad ha de ser menor que la referida a la clase de edad correspondiente, debido a la diferencia de meses entre la edad anual cumplida y el grupo de edad (Rodríguez-Roda, 1982).

## **5. MORFOMETRÍA**

## 5.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la forma del cuerpo de los animales y de las variaciones que ésta experimenta a lo largo de su vida tiene una extraordinaria importancia en el conocimiento de la biología de las especies, pues son reflejo de las características en parte fenotípicas y en parte genotípicas de los propios seres (Bas, 1959; Muñoz-Chapuli y Blasco Ruiz, 1984; Lorenzo, 1992).

La forma es, en realidad, el resultado del crecimiento diferencial en sentido dimensional y en sus múltiples direcciones. Además, la forma representa una faceta del equilibrio entre la actividad del ser vivo y el ambiente. Por una parte, la forma constituye un valor de adaptación; por otra, representa un equilibrio dinámico, de modo que cualquier variación introducida repercutirá en el establecimiento de un nuevo tipo de forma equilibrada o bien en su destrucción. Así, cualquier variación biológica referida al tiempo puede tener una variación en su sentido dimensional y ésta, alterando el equilibrio de la forma, obligar a una evolución hacia una fase de estabilidad. En este sentido, el estudio de la forma o al menos de algunas de las medidas consideradas como mejores indicadoras de la forma, relación siempre un tanto subjetiva, tiene un considerable valor, especialmente si puede relacionarse con el hábitat en que se desarrollan los individuos estudiados (Bas, 1964; Lorenzo, 1992).

El concepto de alometría relacionado con diversos aspectos de la vida de los animales ha sido muy utilizado para el análisis de las variaciones de las diferentes partes en el estudio del crecimiento relativo. Las relaciones alométricas no son, en general, válidas para todo un ciclo vital, sino que se ajustan, con mayor o menor exactitud, durante períodos más o menos largos de la vida del animal. Entonces, cada uno de esos períodos podrá estar representado por una relación alométrica determinada entre las dos medidas o partes en estudio. La variación de esos valores alométricos es de gran importancia en la comprensión de cómo evoluciona la forma a lo largo del ciclo vital. Precisamente, al comparar esas variaciones en las relaciones alométricas de una misma parte del cuerpo a lo largo del ciclo

de vida se ve claramente un más profundo sentido de estas relaciones. En realidad, la alometría implica algo más que una simple relación; ella lleva implícita el sentido de un impulso desencadenado en una dirección: si la variación de los valores alométricos se estudia sobre el cuerpo de los animales y se distribuye en el tiempo –ciclo vital– aparecerá un gradiente alométrico indicador de un flujo de variación morfogenética que será preciso relacionar con el estado funcional y con el ambiente de los animales objeto de análisis (Bas, 1964; Lorenzo, 1992).

En este capítulo se analiza la forma del cuerpo de la salemá de Gran Canaria y sus variaciones a lo largo del ciclo de vida. En este sentido, es preciso significar que no se tienen referencias sobre estudios anteriores de este tipo aplicados a esta especie.

## 5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el estudio morfométrico se dispuso de un total de 1125 ejemplares, de tallas comprendidas entre 119 y 452 mm.

En cada ejemplar se tomaron, siguiendo las pautas descritas en el citado capítulo, una serie de medidas localizadas en puntos importantes del cuerpo. Tales medidas se definen en susodicho capítulo.

Los datos disponibles fueron tratados matemáticamente utilizando dos métodos complementarios. El primero de ellos, el Modelo de Regresión de Huxley (Bas, 1959, 1964; Zar, 1968; Fuiman, 1983; Rodríguez-Roda, 1983; Lorenzo, 1992), es el que mejor y de manera más simple representa la relación alométrica; no obstante, presenta algunas limitaciones. La más importante es aquella relacionada con el límite de dos variables impuesto por el modelo, cuando, en realidad, se dispone de muchas más, por lo que se debe recurrir a un número importante de aplicaciones, lo cual hace difícil la síntesis. De ahí, pues, que se haya aplicado como método complementario el Análisis de Componentes Principales (Hotelling, 1933), que permite el manejo simultáneo de un conjunto grande de

variables. Con este método se pretende conseguir una simplificación óptima del sistema representado por los datos, lo cual se logra, en general, sin tener que recurrir a hipótesis demasiado restrictivas respecto de los mismos (Lleonart *et al.*, 1980; Bisquerra, 1989; Calvo, 1993).

### Modelo de Regresión de Huxley

Según este modelo, la relación entre las medidas que se comparan es de tipo potencial. La expresión de dicha relación viene dada por la siguiente ecuación:

$$Y = a \cdot X^k,$$

donde  $X$  es la longitud total,  $Y$  cualquiera de las medidas descritas anteriormente, y  $a$  y  $k$  son los coeficientes de las relaciones entre  $X$  e  $Y$ . El valor de  $a$  posee interés, pues permite detectar cambios en la forma; no obstante, la verdadera significación de esta ecuación corresponde a  $k$ , constante que mide la relación entre las medidas que se comparan. De las variaciones en este valor de  $k$  arranca precisamente la apreciación del valor alométrico en las diversas partes del organismo. Así,  $k$  menor que 1 es expresión de crecimiento lento, llamándose heterogonía o alometría negativa o bradyauxesis;  $k$  mayor que 1 es expresión de crecimiento rápido y se denomina alometría o heterogonía positiva o tachiauxesis; y  $k$  igual a 1 es isogonía, isometría o isoauxesis (Rodríguez-Roda, 1957; Bas, 1959; Rodríguez-Roda y Andreu, 1973; Lorenzo, 1992).

En el caso estudiado, se utilizó esa ecuación para representar la relación entre la longitud total (LT) y cada una de las restantes medidas consideradas. Para calcular los valores de los coeficientes  $a$  y  $k$ , se ajustó el modelo a las series de datos transformadas a logaritmos. Para ello se realizó un análisis de regresión utilizando el método de los mínimos cuadrados. Dicho análisis se efectuó de manera iterativa, de 10 mm en 10 mm, con el objeto de identificar distintos períodos de crecimiento a lo largo del ciclo de vida del animal; es decir, detectar variaciones en los valores del coeficiente de alometría. El test de



comparación de las líneas de regresión permitió establecer diferencias significativas ( $\alpha=0,05$ ) entre los distintos períodos (Sachs, 1981). Se calcularon, además, los coeficientes de correlación ( $r$ ) en cada uno de los segmentos para comprobar la ligazón entre las dos series de datos comparados.

### Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales, clasificado entre los métodos de Análisis de Factores, considera, como se dijo anteriormente, un conjunto grande de variables simultáneamente a fin de conseguir una simplificación óptima del sistema representado por los datos (Bisquerra, 1989; Calvo, 1993). Este análisis se caracteriza por simplificar la estructura de datos, transformando las variables en unas pocas componentes principales, combinaciones lineales de las variables que determinan la estructura de dependencia y correlación que existe entre las variables, que explican la mayor parte de la información que contienen dichas variables. La expresión fundamental del análisis es:

$$Z_{ij} = a_{j1}Z_{i1} + a_{j2}Z_{i2} + \dots + a_{jm}Z_{im} ,$$

donde la puntuación del individuo  $i$  en la variable  $j$  ( $Z_{ij}$ ) está en función lineal del influjo de todos los factores en la variable  $j$  ( $A_j$ ) y de la puntuación típica del individuo  $Z_i$  en cada factor.

Matemáticamente se trata de ajustar una nube de puntos sobre un espacio de una, dos, tres, o  $M$  dimensiones. Por ello se tomará, en primer lugar, aquel factor (primer componente principal), que explique la mayor parte de la varianza de las variables. Sucesivamente, se tomarán los siguientes factores con valor de varianza explicada superior a 0,1 (Bisquerra, 1989; Calvo, 1993).

En el caso estudiado, este método de análisis se aplicó sobre el sistema multidimensional de datos (10 variables en un espacio de 1125 dimensiones), habiéndose

tomado en consideración únicamente los primeros factores (componentes principales de valor más alto), que son los ejes que por sí solos explican la mayor parte de la varianza (Bisquerra, 1989; Calvo, 1993). De este modo, se consigue reducir de manera drástica el número de dimensiones del espacio de variables, describiendo un porcentaje elevado de la varianza del sistema con sólo una dimensión. Previo al análisis de extracción de factores, se calculó y analizó la matriz de correlaciones entre todas las variables con el objeto de comprobar si la matriz de datos poseía las características adecuadas para realizar un análisis de componentes principales.

El análisis de la matriz de correlaciones consistió, consecutivamente, en comprobar la adecuación de los datos para llevar a término el análisis de componentes principales, determinar el grado de las intercorrelaciones, comprobar si es una matriz identidad, comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial y verificar la adecuación de los datos cuando los coeficientes obtenidos son bajos o altos. Para comprobar si los datos son adecuados para llevar a cabo el análisis de componentes principales se determinó el grado de significación de la correlación entre variables, siendo mayor la adecuación cuanto más significativa es la correlación, es decir con valores de  $p$  iguales o próximos a cero. Para determinar el grado de las intercorrelaciones se estimó el determinante de la matriz de correlaciones, siendo más adecuados los datos para la realización del análisis de componentes principales cuanto más bajo es el determinante. Para comprobar si la matriz de correlaciones es una matriz identidad se utilizó el test de esfericidad de Bartlett, que consiste en una estimación de ji-cuadrado a partir de una transformación del determinante de la matriz de correlaciones según la fórmula siguiente:

$$\chi^2 = - \left[ \frac{n-1-1}{6 \cdot (2V+5)} \right] \cdot \text{Ln}|D|,$$

donde  $n$  es el número de individuos de la muestra,  $V$  el número de variables incluidas en la matriz y  $|D|$  el determinante de la matriz. Los grados de libertad vienen dados por

$v = 1/2(V^2 - V)$ . Si el test genera valores altos de ji-cuadrado se asume que las variables están intercorrelacionadas y los datos, por tanto, son válidos para el análisis. Para comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial se empleó el índice de adecuación de la muestra de Kaiser-Mayer Olkin (KMO), que tiene la siguiente forma:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij}^2},$$

donde  $r_{ij}$  es el coeficiente de correlación entre las variables  $i$  y  $j$ , y  $a_{ij}$  es el coeficiente de correlación parcial entre las variables  $i$  y  $j$ . Valores de KMO próximos a uno indican que los datos son adecuados para el análisis (Kaiser, 1974). Para comprobar la adecuación de los datos cuando los coeficientes obtenidos son bajos se estimó la matriz de correlación anti-imagen (CAI), que es el negativo de la matriz de coeficientes de correlación parcial. Y para comprobar la adecuación de los datos cuando los coeficientes obtenidos son altos se estimó la medida de adecuación de la muestra (MAM), que se calcula para cada variable de la siguiente manera:

$$MAM = \frac{\sum_{i \neq j} r^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij}^2}.$$

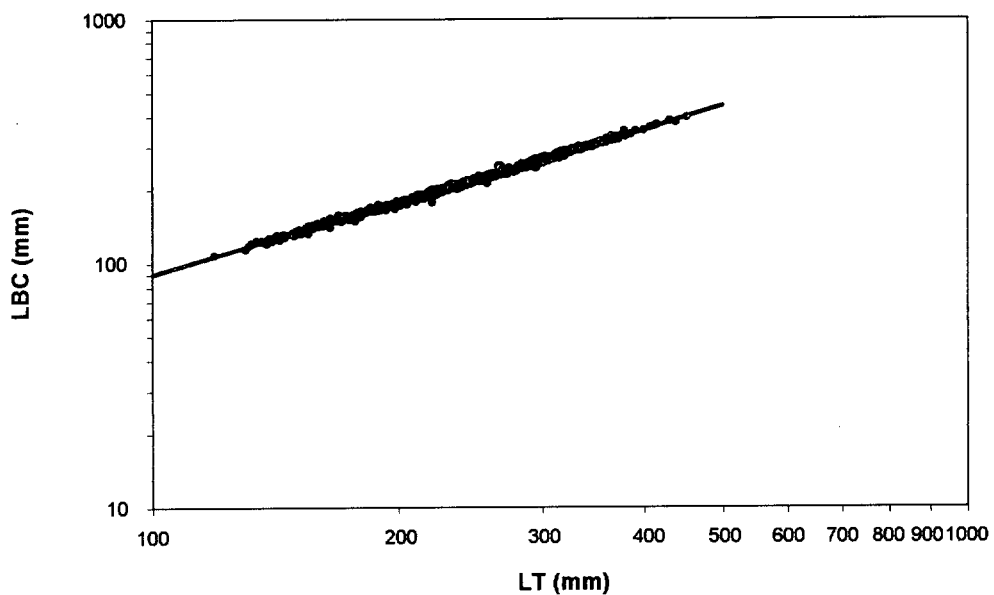
Todos los análisis han sido realizados utilizando el programa estadístico SPSS versión 8.0 para Windows.

## 5.3. RESULTADOS

### 5.3.1. MODELO DE REGRESIÓN DE HUXLEY

Las medidas consideradas sobre el cuerpo de los individuos se pueden diferenciar en tres categorías distintas, a razón de los resultados obtenidos.

En la primera categoría se engloban aquellas medidas que se muestran invariables a lo largo de la vida del animal, no habiéndose detectado cambios significativos en el índice de alometría ( $k$ ) (tabla 5.1). Las medidas incluidas en esta categoría son concretamente dos, la longitud a la bifurcación caudal (figura 5.1) y la distancia a la inserción de la aleta anal. La longitud a la bifurcación caudal crece isométricamente con la longitud total ( $k=0,989$ ;  $t$ -test  $t=1,57 < t_{0,05;1123}=1,64$ ). Por tanto, el crecimiento relativo de la parte propiamente corporal y el de la cola son paralelos al del cuerpo. No se advierten cambios en la relación entre la longitud total y la longitud a la bifurcación caudal a lo largo de la vida del animal. El valor del coeficiente de correlación es muy próximo a la unidad ( $r=0,998$ ).



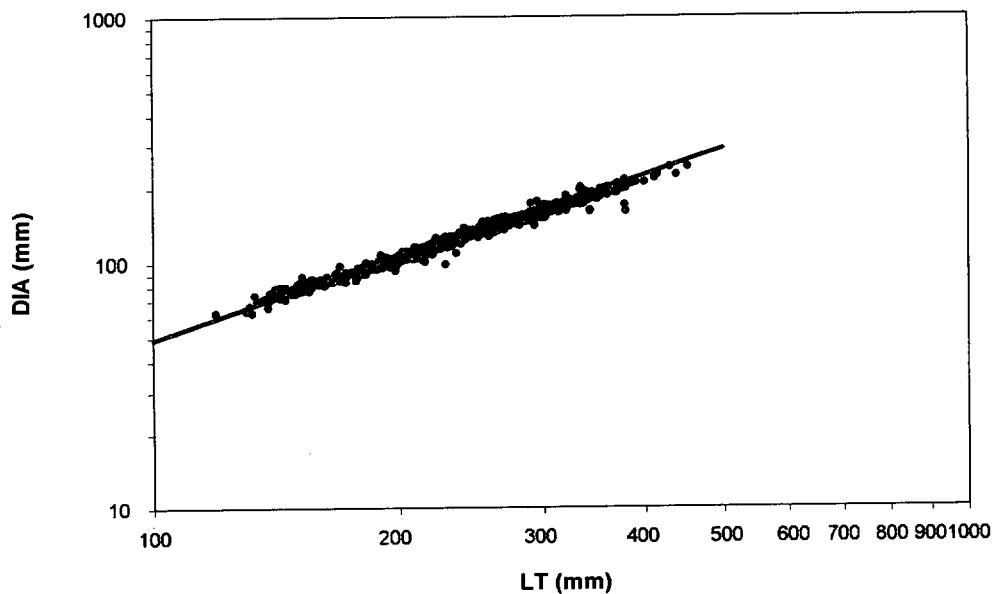
**Figura 5.1.** Relación entre la longitud total (LT) y la longitud a la bifurcación caudal (LBC) para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

La distancia a la inserción de la aleta anal también se muestra muy homogénea en su crecimiento relativo; así, la longitud del pez hasta la espina anal se extiende de manera uniforme entre las tallas extremas consideradas, de forma que una sola línea marca la

**Tabla 5.1.** Parámetros de las rectas de regresión ( $a$  y  $b$ ), coeficientes de correlación ( $r$ ), valor de la  $t$  de Student, grado de significación ( $p$ ) e intervalos de confianza (IC) al 95 % de  $a$  y  $b$  para cada variable.

Variable	Parámetro	Coficiente	Error estándar	$r$	$t$	$p$	(IC 95%) Mínimo	(IC 95%) Máximo
DBC	$a$	-0,024	0,0400	0,998	-5,563	0,000	-0,032	-0,015
	$b$	0,989	0,0700		555,139	0,000	0,986	0,993
DIA	$a$	-0,351	0,0090	0,993	-41,002	0,000	-0,368	-0,334
	$b$	1,003	0,0040		288,737	0,000	1,026	1,040
DIV I	$a$	-0,643	0,0230	0,975	-27,802	0,000	-0,688	-0,598
	$b$	1,038	0,0100		103,245	0,000	1,019	1,058
DIV II	$a$	-0,470	0,0400	0,929	-11,633	0,000	-0,550	-0,391
	$b$	0,965	0,0160		59,327	0,000	0,933	0,997
DIP I	$a$	-0,573	0,0490	0,918	-11,686	0,000	-0,670	-0,477
	$b$	0,959	0,0250		48,895	0,000	0,920	0,997
DIP II	$a$	-0,396	0,0280	0,944	-14,299	0,000	-0,450	-0,342
	$b$	0,888	0,0012		74,392	0,000	0,864	0,911
DID I	$a$	-0,486	0,0270	0,957	-17,919	0,000	-0,539	-0,433
	$b$	0,969	0,0110		87,941	0,000	0,947	0,991
DID II	$a$	-0,344	0,0460	0,911	-7,440	0,000	-0,435	-0,253
	$b$	0,907	0,0200		44,433	0,000	0,867	0,947
LCE I	$a$	-0,667	0,0520	0,911	-12,800	0,000	-0,770	-0,565
	$b$	0,972	0,0210		46,650	0,000	0,931	1,013
LCE II	$a$	-0,484	0,0220	0,966	-22,439	0,000	-0,536	-0,441
	$b$	0,899	0,0090		96,800	0,000	0,881	0,917
ANC I	$a$	-1,054	0,0570	0,89	-18,557	0,000	-1,166	-0,943
	$b$	1,058	0,0230		46,263	0,000	1,013	1,103
ANC II	$a$	-1,513	0,0340	0,962	-43,934	0,000	-1,580	-1,445
	$b$	1,249	0,0150		83,417	0,000	1,220	1,278
ALT I	$a$	-0,514	0,0530	0,904	-9,716	0,000	-0,618	-0,410
	$b$	0,988	0,0230		42,320	0,000	0,942	1,034
ALT II	$a$	-0,372	0,0410	0,901	-9,1320	0,000	-0,452	-0,292
	$b$	0,924	0,0170		55,798	0,000	0,891	0,956
DOJ I	$a$	-0,595	0,0260	0,941	-22,620	0,000	-0,646	-0,543
	$b$	0,751	0,0110		65,682	0,000	0,729	0,774
DOJ II	$a$	-0,290	0,0400	0,850	-7,190	0,000	-0,369	-0,211
	$b$	0,622	0,0160		38,318	0,000	0,590	0,653

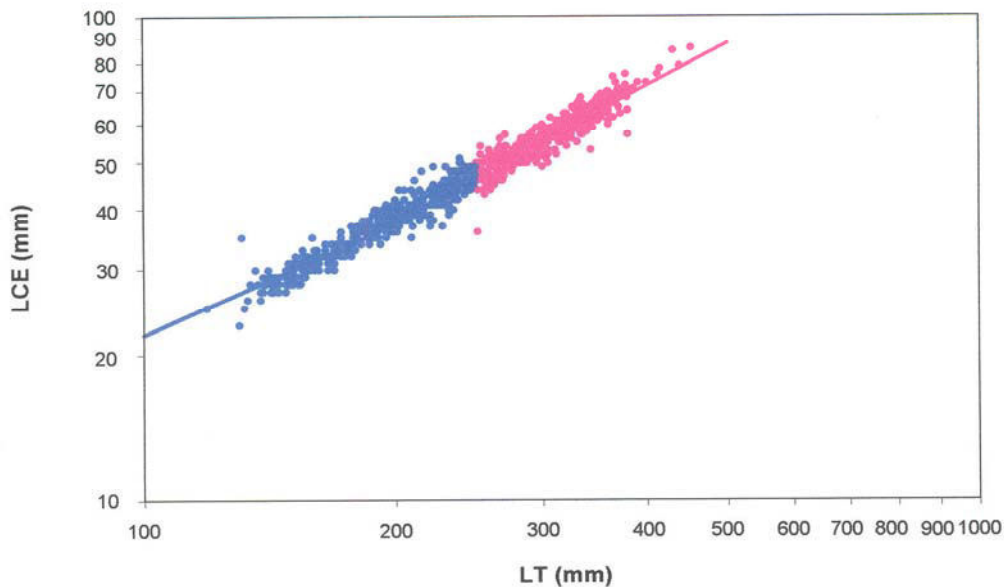
función de regresión entre los dos valores (figura 5.2). El índice de regresión es isométrico ( $k=1,003$ ;  $t$ -test  $t=0,75 < t_{0,05;1123}=1,64$ ). El valor del coeficiente de correlación es prácticamente igual a la unidad ( $r=0,993$ ).



**Figura 5.2.** Relación entre la longitud total (LT) y la distancia a la inserción de la aleta anal (DIA) para la salemma *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

En la segunda categoría se incluyen aquellas medidas que muestran tendencia a retrasarse –alometría negativa– respecto de la longitud total del pez. Estas medidas, que son concretamente la longitud cefálica, la distancia a la inserción de la aleta dorsal, la distancia a la inserción de la aleta pectoral, la distancia a la inserción de la aleta ventral, la altura del cuerpo y el diámetro del ojo, se caracterizan, además, por presentar diferentes periodos vitales de desarrollo en su relación con la longitud total, como demuestran los valores del test de comparación de las líneas de regresión correspondientes (tabla 5.1). En todos los casos en que los segmentos comparados son diferentes, los valores calculados ( $F$ ) son mayores que los tabulados ( $F_0$ ), rechazándose, por tanto, la hipótesis nula ( $F > F_{0,05;2;1121}=3,0$ ).

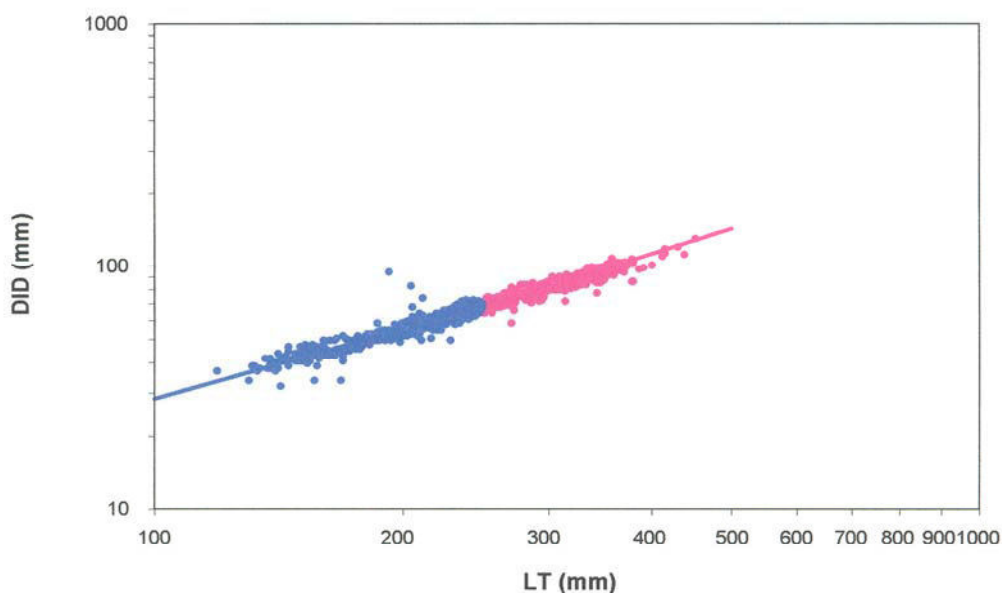
El desarrollo de la cabeza muestra la existencia de dos períodos de crecimiento bien diferenciados, observándose una discontinuidad muy notable a nivel de los 250 mm de longitud total (figura 5.3). Anteriormente a ese momento de la vida, el crecimiento de la cabeza es isométrico respecto al del cuerpo, como indica el índice de alometría obtenido para este período ( $k=0,972$ ;  $t\text{-test } t=1,33 < t_{0,05;559}=1,64$ ). Aproximadamente a los 250 mm de longitud este índice cambia, siendo alométrico negativo el crecimiento de la región cefálica con respecto a la talla total a partir de esa longitud ( $k=0,899$ ;  $t\text{-test } t=11,22 > t_{0,05;562}=1,64$ ). Por lo tanto, la cabeza, en conjunto, presenta un crecimiento relativo negativo, si bien inicialmente muestra su máxima capacidad de desarrollo. Los valores de los coeficientes de correlación en cada una de las fases son próximos a la unidad ( $r=0,911$  en el primer segmento y  $r=0,966$  en el segundo).



**Figura 5.3.** Relación entre la longitud total (LT) y la longitud cefálica (LCE) para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

La distancia desde el hocico a la inserción de la aleta dorsal muestra también una variación en la ley que rige su desarrollo, si bien ésta no es tan acentuada como en el caso anterior. El cambio, no obstante, también se observa, aproximadamente, a los 250 mm de

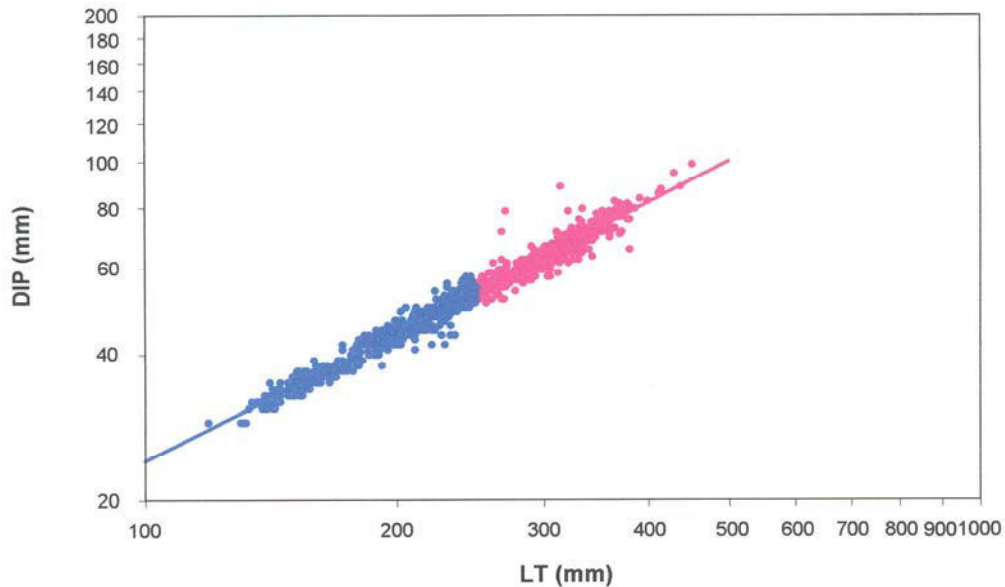
longitud total (figura 5.4). La primera etapa se caracteriza por su ligera alometría negativa y la segunda por su clara tendencia a la alometría negativa, como demuestran los respectivos índices de alometría ( $k=0,969$ ;  $t$ -test  $t=2,81 > t_{0,05;559}=1,64$ ) en la primera etapa. ( $k=0,907$ ;  $t$ -test  $t=4,65 > t_{0,05;562}=1,64$ ) en la segunda etapa. Los coeficientes de correlación obtenidos en los dos segmentos son muy altos. ( $r=0,957$  en el primer segmento y  $r=0,911$  en el segundo).



**Figura 5.4.** Relación entre la longitud total (LT) y la distancia a la inserción de la aleta dorsal (DID) para la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

La distancia a la inserción de la aleta pectoral presenta, en su crecimiento relativo, dos períodos bien diferenciados a lo largo de la vida del animal (figura 5.5). Hasta los 250 mm de longitud total, la relación presenta una ligera tendencia a la alometría isométrica ( $k=0,959$ ;  $t$ -test  $t=1,63 < t_{0,05;559}=1,64$ ) y, a partir de esa talla, dicha tendencia se acentúa notablemente ( $k=0,888$ ;  $t$ -test  $t=9,33 > t_{0,05;562}=1,64$ ). En los dos segmentos los valores de los coeficientes de correlación son también altos ( $r=0,918$  en el primer segmento y,  $r=0,944$  en el segundo).

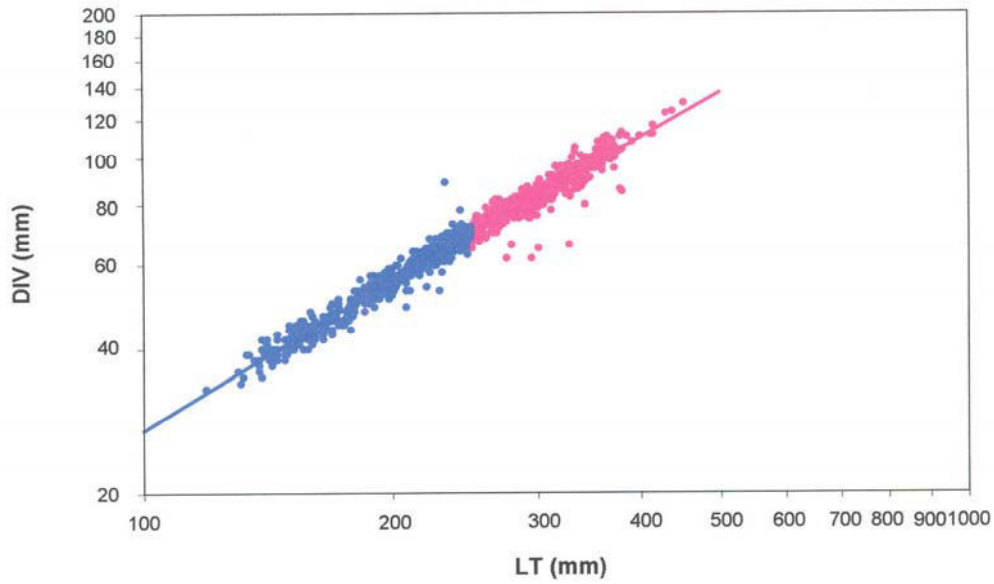




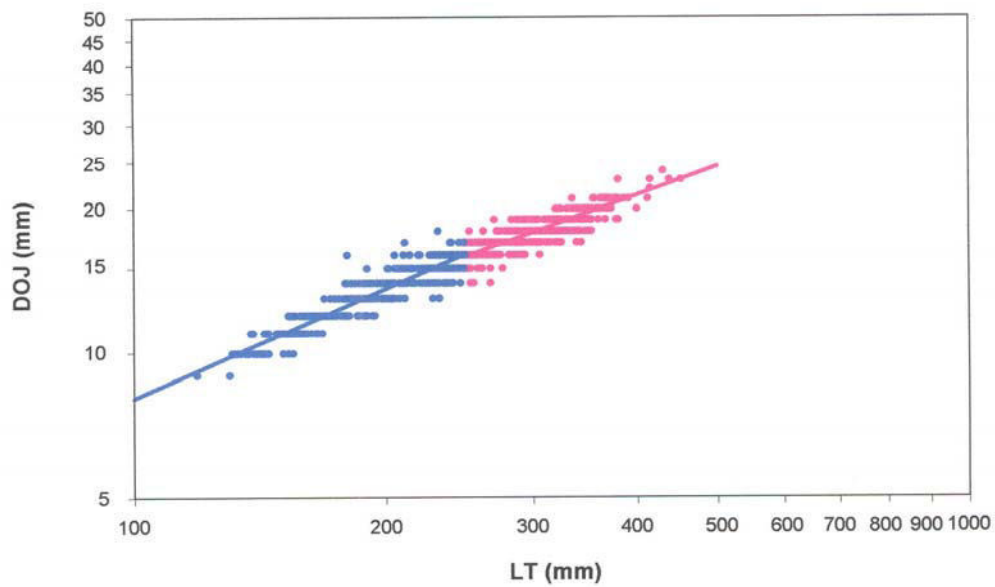
**Figura 5.5.** Relación entre la longitud total (LT) y distancia a la inserción de la aleta pectoral (DIP) para la salemma *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

La distancia a la inserción de la aleta ventral presenta, en conjunto, un crecimiento relativo muy similar al descrito en la anterior medida considerada (figura 5.6). En la primera parte, hasta los 250 mm de longitud total, su desarrollo se muestra ligeramente positivo respecto al del cuerpo ( $k=1,038$ ;  $t$ -test  $t=3,81 > t_{0,05;559}=1,64$ ) y, a partir de esa talla, el valor del coeficiente de alometría se hace negativo ( $k=0,965$ ;  $t$ -test  $t=2,18 > t_{0,05;562}=1,64$ ). Los coeficientes de correlación presentan valores próximos a la unidad ( $r=0,975$  en el primer segmento y  $r=0,929$  en el segundo).

El crecimiento relativo del diámetro del ojo es, en conjunto, negativo y muestra también una variación a los 250 mm de longitud total (figura 5.7). En la primera parte, hasta los 250 mm de talla, se advierte un crecimiento alométrico negativo acusado ( $k=0,751$ ;  $t$ -test  $t=22,63 > t_{0,05;559}=1,64$ ). En el segundo período, el ritmo de desarrollo decrece ostensiblemente ( $k=0,622$ ;  $t$ -test  $t=23,62 > t_{0,05;562}=1,64$ ). Los valores del coeficiente de correlación son altos ( $r=0,941$  en el primer segmento y  $r=0,850$  en el segundo).

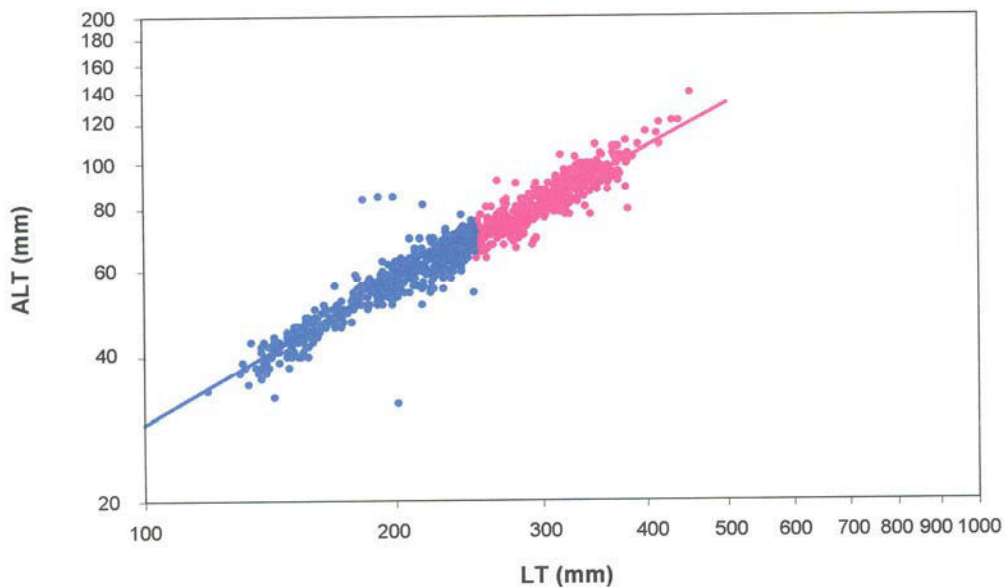


**Figura 5.6.** Relación entre la longitud total (LT) y la distancia a la inserción de la aleta ventral (DIV) para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 5.7.** Relación entre la longitud total (LT) y el diámetro del ojo (DOJ) para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

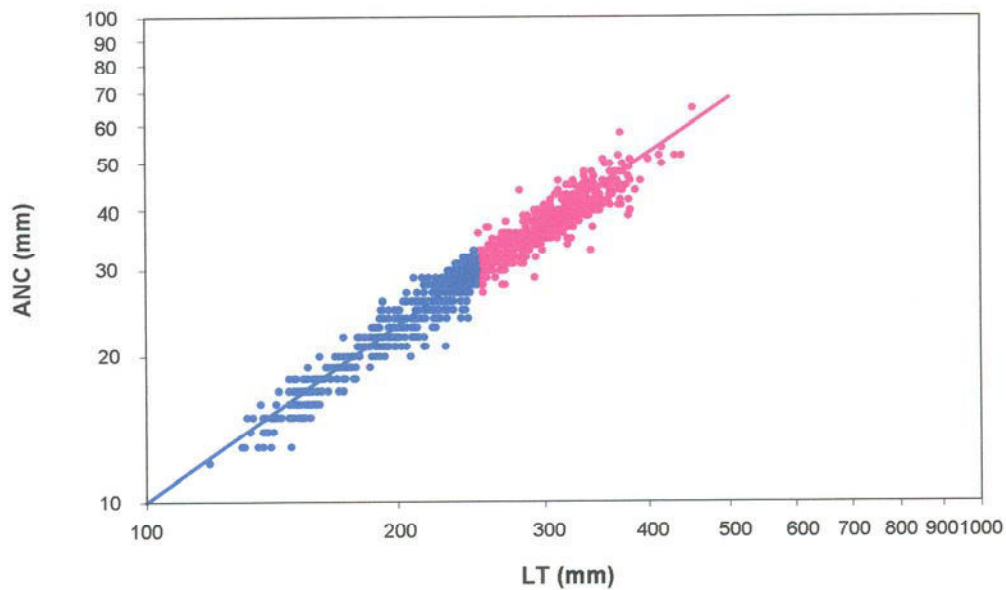
El crecimiento relativo de la altura del cuerpo muestra asimismo una variación a los 250 mm de talla (figura 5.8). En la primera parte, hasta los 250 mm de longitud total, esta medida muestra un crecimiento isométrico, ( $k=0,988$ ;  $t$ -test  $t=0,54 < t_{0,05;559}=1,64$ ). En el segundo período, correspondiente a las tallas superiores a 250 mm, el ritmo de desarrollo decrece ( $k=0,924$ ;  $t$ -test  $t=4,47 > t_{0,05;562}=1,64$ ). Los valores del coeficiente de correlación son altos tanto para el primer segmento como para el segundo ( $r=0,904$  en el primer segmento y  $r=0,901$  en el segundo).



**Figura 5.8.** Relación entre la longitud total (LT) y la altura del cuerpo (ALT) para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

En la tercera categoría se considera una sola medida, caracterizada por su tendencia general a la alometría positiva. Dicha medida es la anchura del cuerpo, excluida en los dos grupos anteriores, para la cual se distinguen dos fases de desarrollo bien caracterizadas, como confirman los valores del estadístico de comparación de rectas de regresión (tabla 5.1), observándose una discontinuidad notable a nivel de los 250 mm de longitud total (figura 5.9). La primera fase se caracteriza por una tendencia al alargamiento, siendo el aumento en anchura ligeramente alométrico en relación a la longitud del cuerpo ( $k=1,058$ ;

$t$ -test  $t=2,52 > t_{0,05;559}=1,64$ ) y el segundo período muestra la tónica normal de tendencia al aumento de anchura ( $k=1,249$ ;  $t$ -test  $t=16,6 > t_{0,05;562}=1,64$ ), especialmente notable en esta especie. Los valores de los coeficientes de correlación son muy altos en los dos segmentos ( $r=0,890$  en el primer segmento y  $r=0,962$  en el segundo).



**Figura 5.9.** Relación entre la longitud total (LT) y la anchura del cuerpo (ANC) para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

### 5.3.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Las correlaciones entre las variables consideradas son altas (tabla 5.2). El grado de significación de las correlaciones entre las variables es altamente significativo con  $p=0$  (tabla 5.3).

El determinante de la matriz de correlaciones entre las variables toma un valor muy bajo  $|D|=2,016 \cdot 10^{-14}$ , lo que indica que hay variables con intercorrelaciones muy altas y, por tanto, que los datos son adecuados para el análisis (tabla 5.3).

Tabla 5.2. Matriz de correlaciones.

	LT	DBC	DIA	DID	DIV	DIP	LCE	ALT	ANC	DOJ
LT	1,000									
DBC	0,998	1,000								
DIA	0,992	0,991	1,000							
DID	0,978	0,977	0,979	1,000						
DIV	0,983	0,982	0,984	0,970	1,000					
DIP	0,966	0,966	0,967	0,946	0,963	1,000				
LCE	0,980	0,979	0,981	0,967	0,977	0,971	1,000			
ALT	0,961	0,960	0,962	0,947	0,948	0,934	0,952	1,000		
ANC	0,973	0,970	0,972	0,960	0,956	0,937	0,951	0,958	1,000	
DOJ	0,958	0,955	0,955	0,945	0,951	0,930	0,945	0,931	0,944	1,000

Tabla 5.3. Determinante de la matriz de correlaciones.

	LT	DBC	DIA	DID	DIV	DIP	LCE	ALT	ANC	DOJ
LT	0,000									
DBC	0,000	0,000								
DIA	0,000	0,000	0,000							
DID	0,000	0,000	0,000	0,000						
DIV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
DIP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
LCE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
ALT	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
ANC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
DOJ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

El test de esfericidad de Bartlett toma un valor alto ( $\chi^2_{0,05;45} = 35313$  con un grado de significación de  $p=0$ ), lo que indica también que las variables están intercorrelacionadas y, en consecuencia, que los datos son adecuados para realizar el estudio.

El valor del índice de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin es muy próximo a la unidad ( $KMO=0,965$ ), lo que evidencia que los datos pueden ser utilizados para un análisis de componentes principales.

En la matriz de correlaciones anti-imagen no se observan valores altos que indiquen la inadecuación de los datos para el análisis (tabla 5.4). La medida de adecuación de la muestra (MAM), localizada en la diagonal principal de la matriz de correlaciones anti-imagen, presenta en todos los casos valores elevados, lo que evidencia que todas las variables consideradas son aptas para el análisis.

En la tabla 5.5 se muestran los valores propios, que ofrecen un índice de la varianza de cada variable explicada por cada factor. Se aprecia que sólo el factor 1 presenta un valor propio superior a 1 (9,676), lo que pone de manifiesto que sólo debe extraerse un factor de todos los posibles. Este único factor explica un porcentaje de la varianza del 96,758 %, pasando de un total de diez variables a una sola con una pérdida mínima de información.

El gráfico *Scree* (figura 5.10), donde se representan los factores frente a sus valores propios, muestra un punto de inflexión en el factor 2, indicando que sólo deben tenerse en cuenta los factores anteriores a este punto, concretamente uno solo.

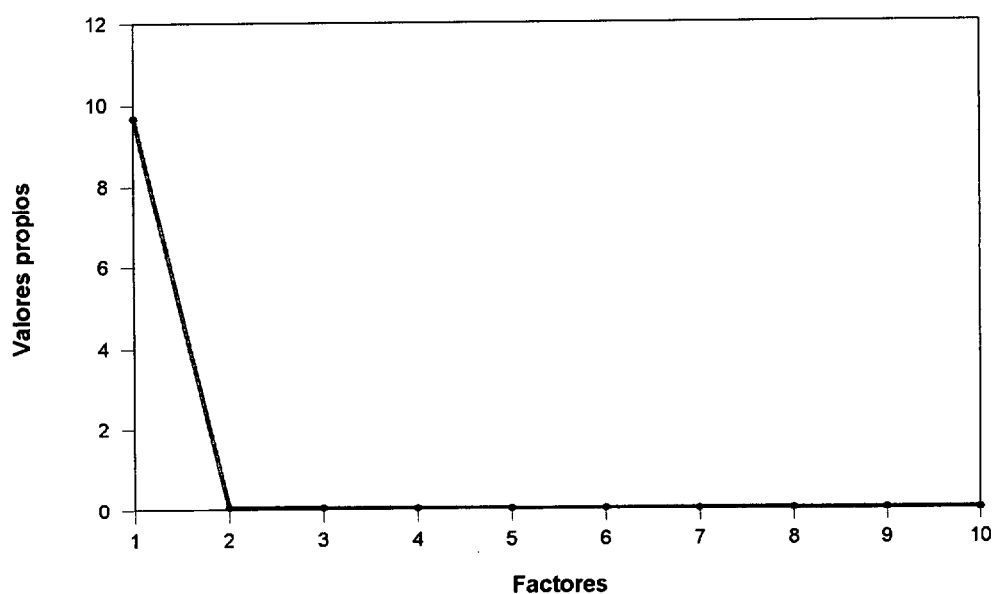
En la tabla 5.6 se presentan los valores de comunalidad, proporción de varianza explicada por factores comunes, iniciales y tras la extracción del factor. En ella se observa el porcentaje de varianza que explica este factor para cada una de las variables de modo independiente. Para todas las variables, una vez extraído, la pérdida de varianza explicada es mínima.

**Tabla 5.4.** Matriz de correlaciones anti-imagen. En negrita sobre la diagonal principal se presentan las medidas de adecuación de la muestra (MAM).

	LT	DBC	DIA	DIV	DIP	DID	LCE	ALT	ANC	DOJ
LT	<b>0,913</b>	-0,857	-0,147	-0,077	0,007	-0,066	-0,042	-0,023	-0,147	-0,152
DBC	-0,857	<b>0,919</b>	-0,080	-0,019	-0,073	-0,027	-0,022	-0,014	0,033	0,095
DIA	-0,147	-0,080	<b>0,972</b>	-0,270	-0,121	-0,230	-0,142	-0,099	-0,211	-0,002
DIV	-0,077	-0,019	-0,270	<b>0,980</b>	-0,105	-0,093	-0,196	0,056	0,092	-0,142
DIP	0,007	-0,073	-0,121	-0,105	<b>0,975</b>	0,148	-0,391	0,019	0,026	-0,015
DID	-0,066	-0,027	-0,230	-0,093	0,148	<b>0,986</b>	-0,130	0,006	-0,096	-0,054
LCE	-0,042	-0,022	-0,142	-0,196	-0,391	-0,130	<b>0,968</b>	-0,164	0,149	-0,028
ALT	-0,023	-0,014	-0,099	0,056	0,019	0,006	-0,164	<b>0,982</b>	-0,320	-0,052
ANC	-0,147	0,033	-0,211	0,092	0,026	-0,096	0,149	-0,320	<b>0,973</b>	-0,146
DOJ	-0,152	0,095	-0,002	-0,142	-0,015	-0,054	-0,028	-0,052	-0,146	<b>0,990</b>

**Tabla 5.5.** Valores propios indicadores de la varianza explicada por cada factor y varianza explicada por los factores extraídos.

Factor	Valores propios iniciales			Extracción de suma de cuadrados		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	9,676	96,758	96,758	9,676	96,758	96,758
2	0,085	0,847	97,605			
3	0,071	0,710	98,315			
4	0,053	0,532	98,847			
5	0,038	0,383	99,230			
6	0,026	0,263	99,493			
7	0,020	0,205	99,698			
8	0,019	0,194	99,892			
9	0,009	0,091	99,982			
10	0,002	0,018	100,000			



**Figura 5.10.** Gráfico *Scree* en el que se representa cada factor frente a su valor propio.

En la tabla 5.7 se entregan, en la diagonal principal y en negrita, las comunalidades, sobre esa diagonal, los residuales, y por debajo de ella, las intercorrelaciones entre las variables estimadas a partir del modelo.

Los residuales toman valores muy bajos, inferiores en todos los casos a 0,05,

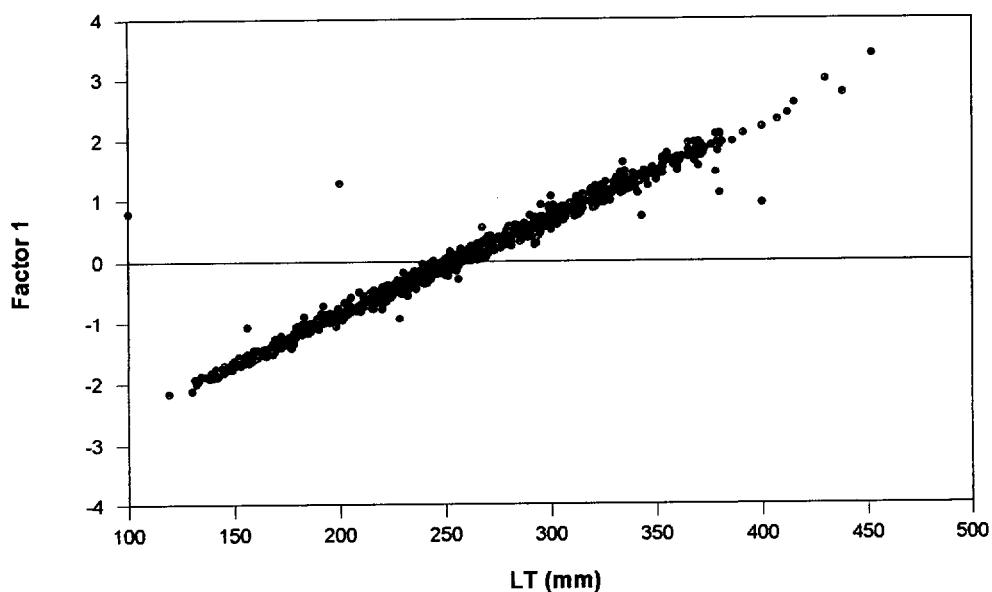


indicando que el modelo se ajusta bien a los datos.

**Tabla 5.6.** Comunalidades.

Variable	Inicial	Extracción
LT	1,000	0,991
DBC	1,000	0,989
DIA	1,000	0,990
DIV	1,000	0,976
DIP	1,000	0,950
DID	1,000	0,968
LCE	1,000	0,974
ALT	1,000	0,944
ANC	1,000	0,957
DOJ	1,000	0,936

En la figura 5.11, donde se representa la longitud total de los individuos frente al factor 1, que se deduce que es de forma, se observa que los individuos jóvenes menores



**Figura 5.11.** Relación entre la longitud total (LT) y el factor 1 para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

**Tabla 5.7.** Matriz de las correlaciones reproducidas. En negrita sobre la diagonal principal se presentan las comunalidades. Sobre la diagonal principal se muestran los residuos y por debajo de ella las intercorrelaciones entre las variables.

	LT	DBC	DIA	DID	DIV	DIP	LCE	ALT	ANC	DOJ
LT	<b>0,991</b>	0,008	0,001	-0,000	-0,000	-0,004	-0,002	-0,006	-0,001	-0,005
DBC	0,990	<b>0,989</b>	0,002	-0,001	-0,000	-0,003	-0,002	-0,006	-0,002	-0,007
DIA	0,990	0,989	<b>0,990</b>	0,001	0,001	-0,002	-0,001	-0,005	-0,001	-0,007
DID	0,979	0,978	0,979	<b>0,968</b>	-0,001	-0,012	-0,003	-0,008	-0,002	-0,006
DIV	0,983	0,983	0,983	0,972	<b>0,976</b>	0,001	0,002	-0,012	-0,011	-0,004
DIP	0,970	0,969	0,970	0,959	0,963	<b>0,950</b>	0,010	-0,012	-0,016	-0,012
LCE	0,982	0,981	0,982	0,971	0,975	0,962	<b>0,974</b>	-0,006	-0,014	-0,010
ALT	0,967	0,966	0,967	0,956	0,960	0,947	0,959	<b>0,944</b>	0,008	-0,008
ANC	0,974	0,973	0,974	0,962	0,967	0,953	0,966	0,951	<b>0,957</b>	-0,002
DOJ	0,963	0,962	0,963	0,952	0,956	0,943	0,955	0,940	0,947	<b>0,936</b>

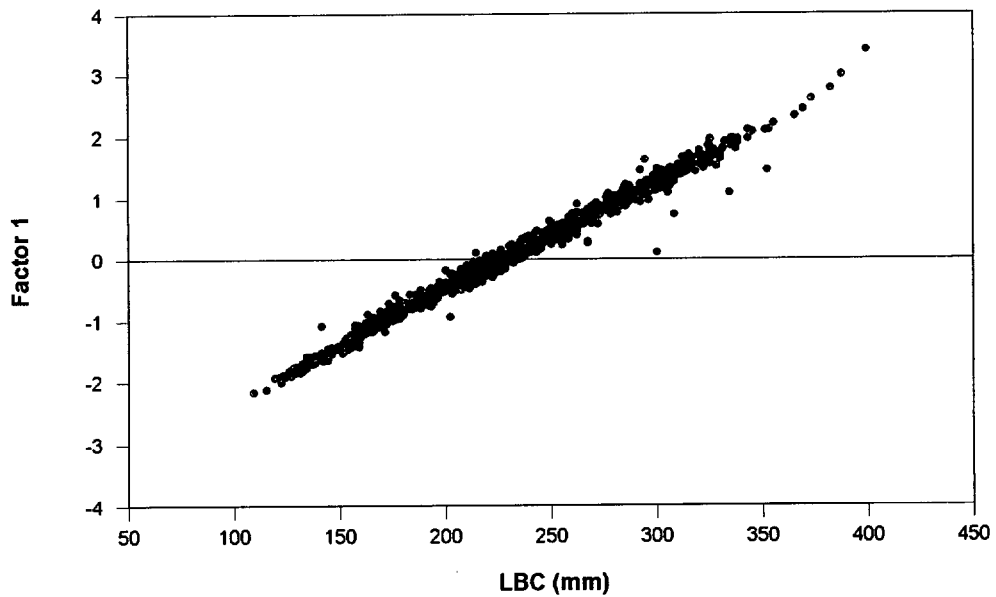
de 250 mm están situados en la parte negativa del factor; mientras, los de tallas superiores a 250 mm se encuentran, principalmente, en la zona de los valores positivos. Teniendo, pues, en consideración que el factor extraído es de forma, es evidente que ésta experimenta cambios a lo largo de la vida del animal.

Resultados similares se observan en la relación de las restantes variables con el factor 1. La relación entre la longitud a la bifurcación caudal y el factor 1 permite observar que los individuos con distancia a la bifurcación caudal inferior a 225 mm, es decir de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se encuentran en la parte negativa del factor y los demás en la parte positiva (figura 5.12). La relación entre la distancia a

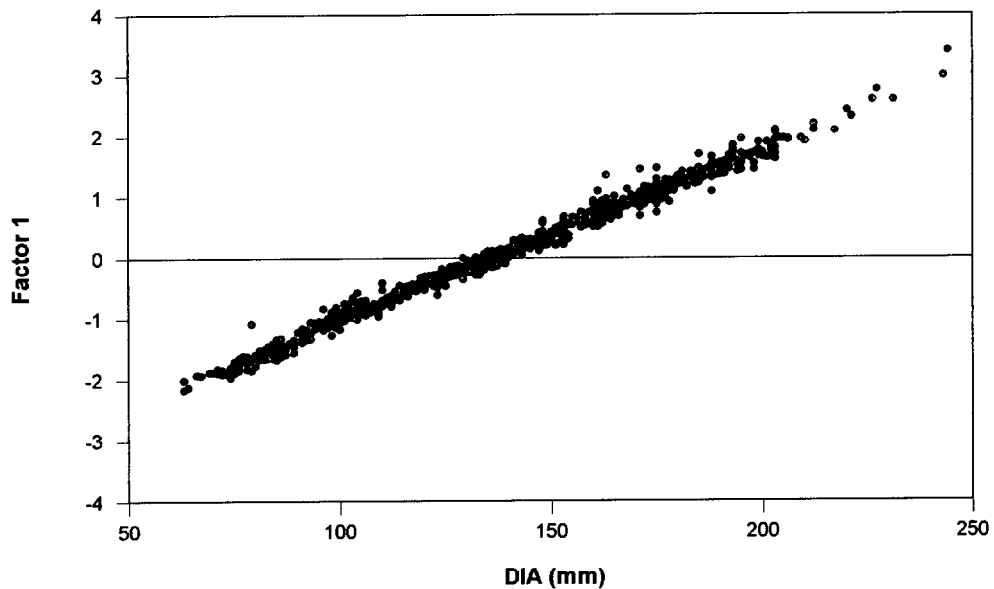
**Tabla 5.8.** Estadísticos descriptivos de las diferentes variables para los individuos de 250 mm de longitud total de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media
DBC	58	214	235	225,62
DIA	58	127	148	136,31
DIV	58	65	76	71,34
ALT	58	30	81	70,40
DID	58	65	75	69,66
DIP	58	50	59	54,67
LCE	58	36	54	47,60
ANC	58	27	37	30,93
DOJ	58	14	18	16,02

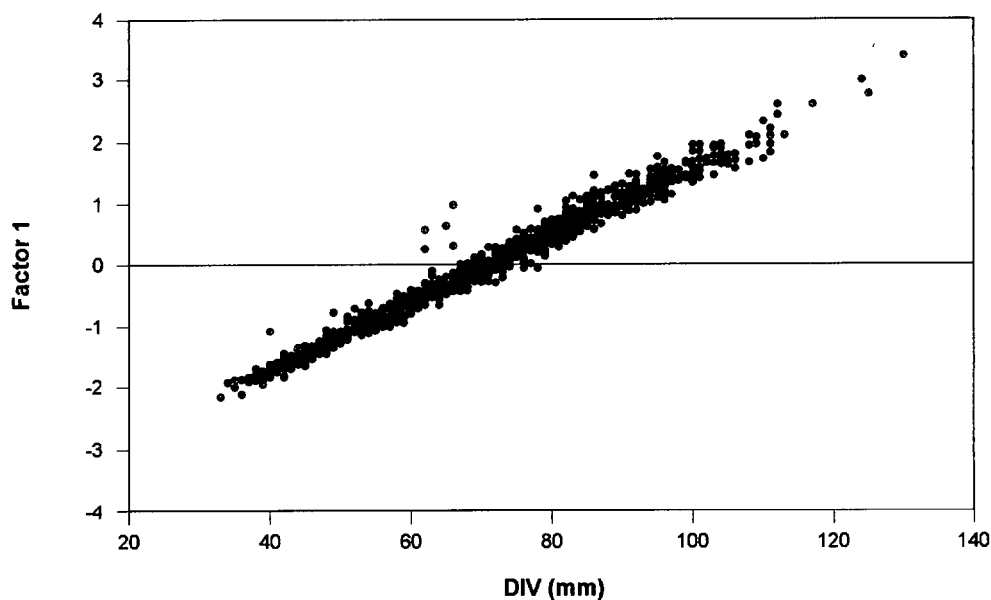
la inserción de la aleta anal y el factor 1 muestra que los individuos cuya distancia a la inserción de esa aleta es inferior a 135 mm, esto es de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se sitúan en la parte negativa del factor y los restantes en la parte superior (figura 5.13). La relación entre la distancia a la inserción de la aleta ventral y el factor 1 muestra que los ejemplares cuya longitud a esa extremidad es inferior a 70 mm, es decir de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se encuentran en la zona negativa del factor y el resto en la zona positiva del mismo (figura 5.14). La relación entre la altura



**Figura 5.12.** Relación entre la longitud a la bifurcación caudal (LBC) y el factor 1 para la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

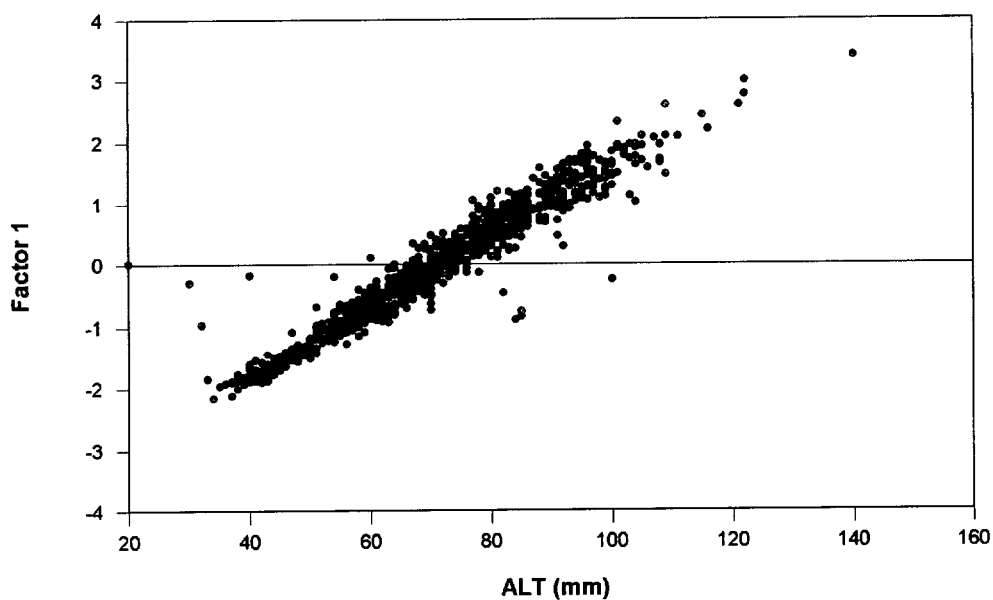


**Figura 5.13.** Relación entre la distancia a la inserción de la aleta anal (DIA) y el factor 1 para la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

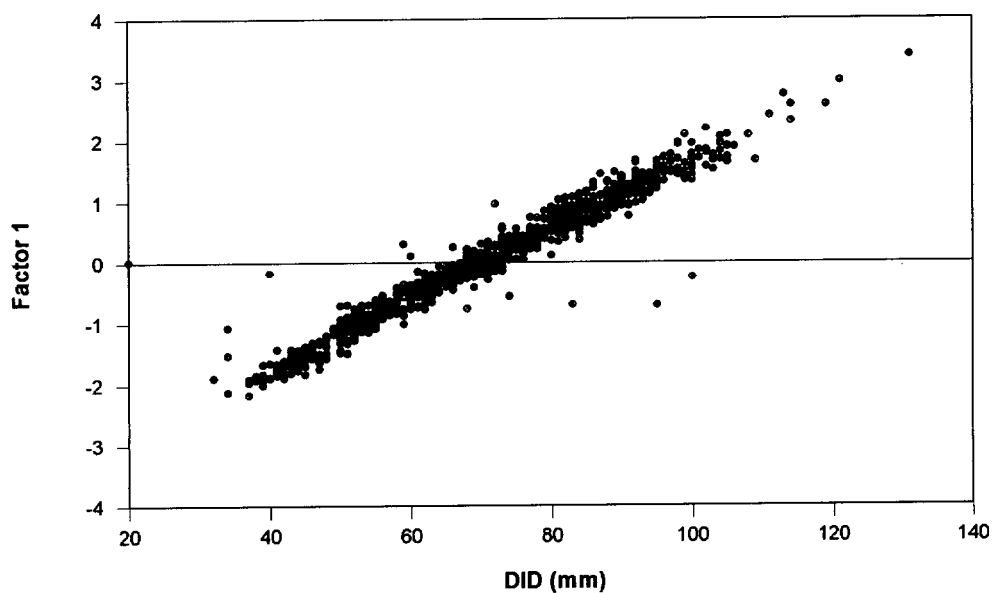


**Figura 5.14.** Relación entre la distancia a la inserción de la aleta ventral (DIV) y el factor 1 para la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

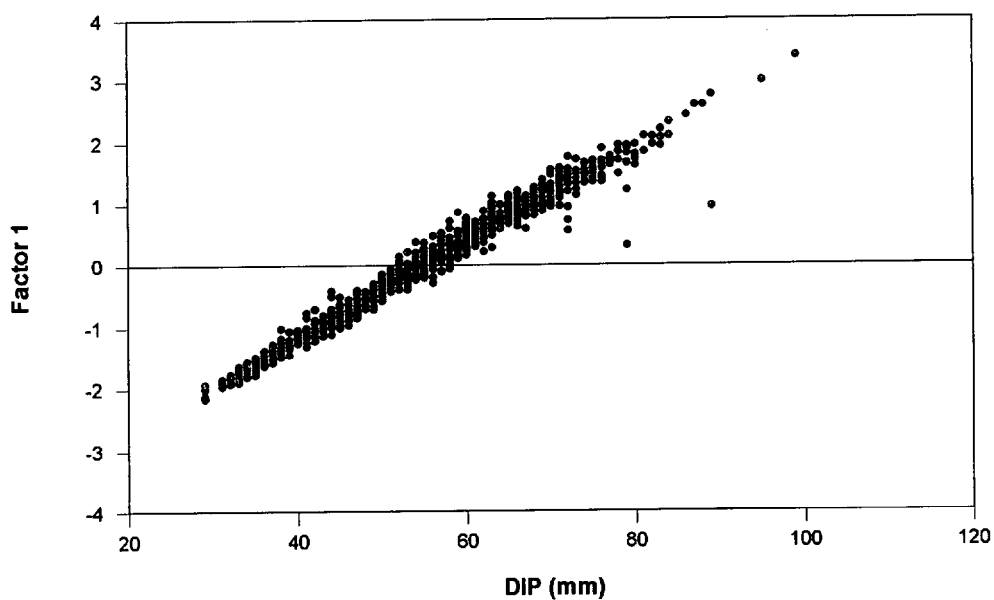
del cuerpo y el factor 1 permite observar que los individuos cuya longitud de esa medida es inferior a 70 mm, es decir de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se sitúan en la zona negativa del factor y los demás en la zona positiva (figura 5.15). La relación entre la distancia a la inserción de la aleta dorsal y el factor 1 permite observar que los individuos de longitud a la inserción de esa aleta inferior a 70 mm, esto es de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se sitúan en la parte negativa del factor y los demás en la región positiva (figura 5.16). La relación entre la distancia a la inserción de la aleta pectoral y el factor 1 muestra que los individuos de longitud a la inserción de esa aleta inferior a 54 mm, es decir de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se encuentran en la zona negativa del factor y el resto en la zona positiva del mismo (figura 5.17). La relación entre la longitud cefálica y el factor 1 permite observar que los individuos de longitud de dicha medida inferior a 48 mm, esto es de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se sitúan en la parte negativa del factor y los demás en la región positiva (figura 5.18). La relación entre la anchura del cuerpo y el factor 1 muestra que los individuos en los que la longitud de dicha medida es inferior a 31 mm,



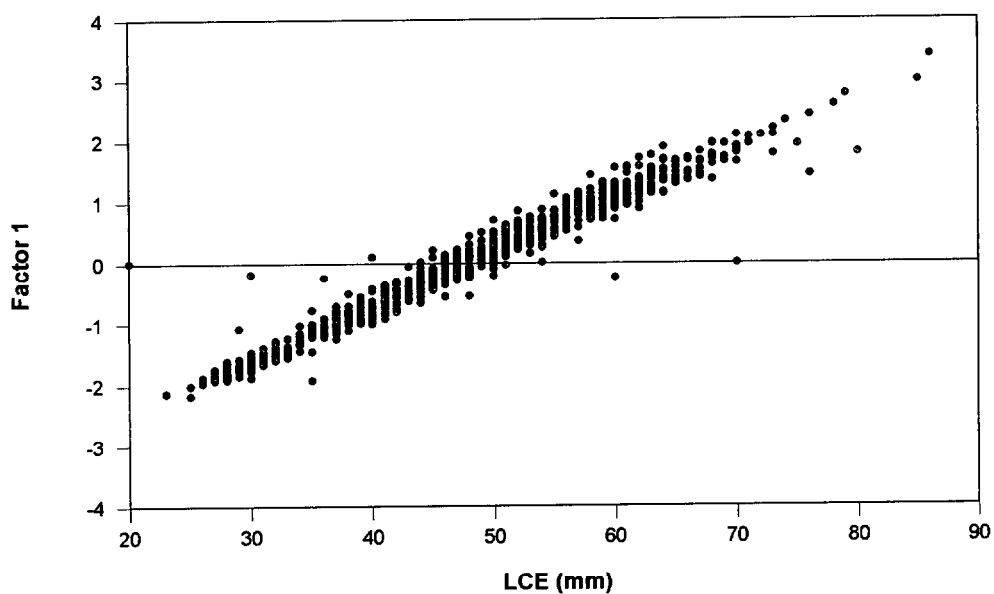
**Figura 5.15.** Relación entre la altura del cuerpo (ALT) y el factor 1 para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 5.16.** Relación entre la distancia a la inserción de la aleta dorsal (DID) y el factor 1 para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

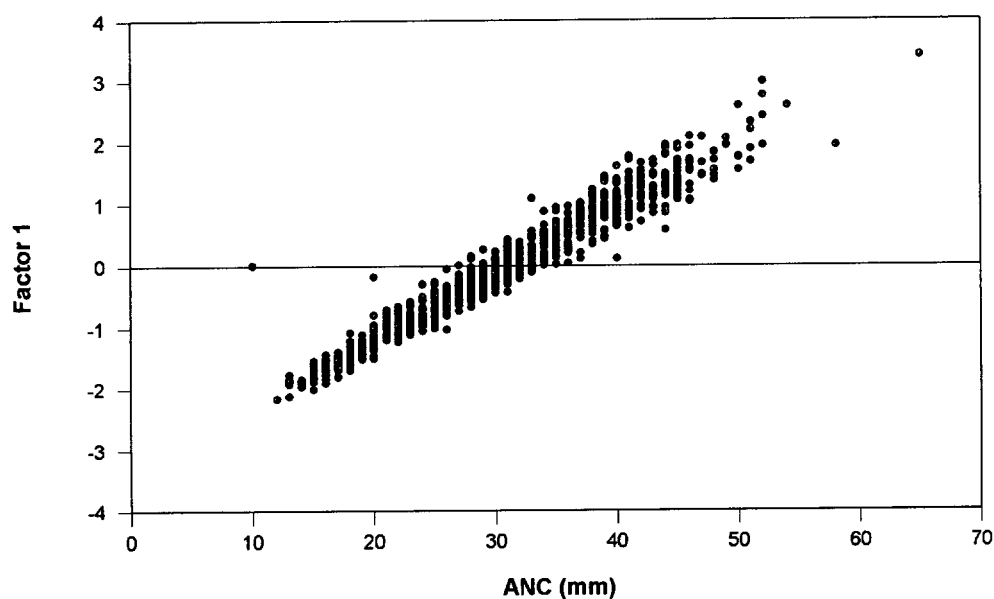


**Figura 5.17.** Relación entre la distancia a la inserción de la aleta pectoral (DIP) y el factor 1 para la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).



**Figura 5.18.** Relación entre la longitud cefálica (LCE) y el factor 1 para la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

es decir, aquellos cuya longitud total es inferior a 250 mm (tabla 5.8), se encuentran situados en la parte negativa del factor y el resto en la parte positiva (figura 5.19). La



**Figura 5.19.** Relación entre la anchura del cuerpo (ANC) y el factor 1 para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

relación entre el diámetro del ojo y el factor 1 muestra que los ejemplares cuya longitud de esa medida es inferior a 16 mm, esto es de longitud total inferior a 250 mm (tabla 5.8), se encuentran en la zona negativa del factor y los demás en la zona positiva (figura 5.20).

Comparado los resultados obtenidos mediante las dos metodologías de análisis utilizadas, se puede decir que el Análisis de Componentes Principales, frente al Modelo de Regresión de Huxley, proporciona un modelo descriptivo y no explicativo. No obstante, el método de análisis multivariante resulta de gran interés, ya que corrobora los resultados obtenidos por el método de regresión simple. Ello cobra mayor importancia toda vez que el Análisis de Componentes Principales considera simultáneamente todas las variables.



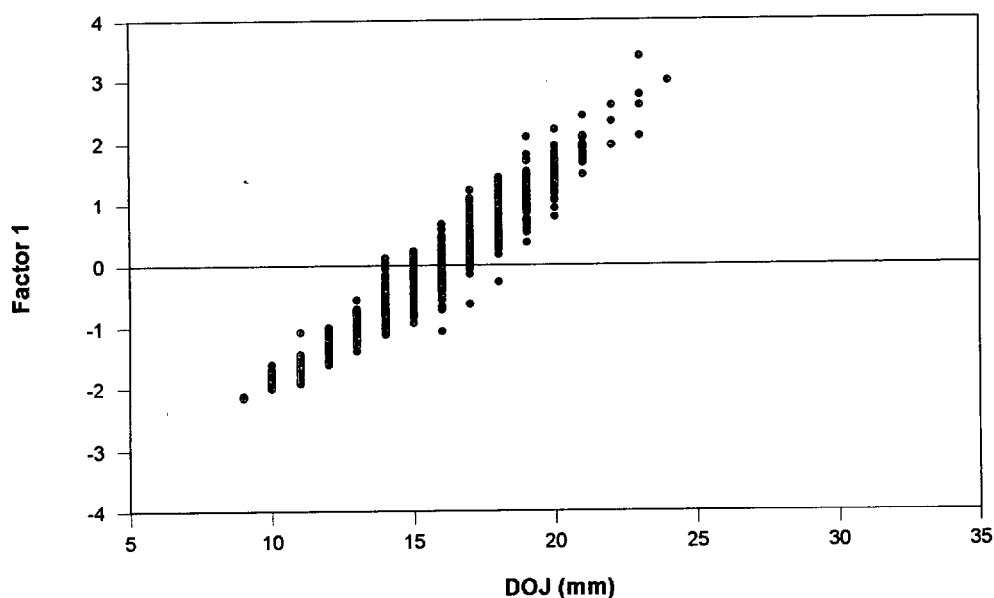


Figura 5.20. Relación entre el diámetro del ojo (DOJ) y el factor 1 para la salemma *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

#### 5.4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos revelan que la salemma de Gran Canaria experimenta cambios en la forma del cuerpo a lo largo de su vida, presentando dos períodos vitales de crecimiento bien diferenciados. Esos períodos están delimitados por una discontinuidad notable en el crecimiento relativo, que se observa en torno a los 250 mm de longitud total. La naturaleza de esta variación no aparece muy clara al comparar cómo se produce en las diferentes medidas, aunque es posible que sean debidas a procesos de tipo ecológico y/o sexual fijados en la estructura de desarrollo del animal (Bas, 1964; Ricker, 1979; Lorenzo, 1992). En ese sentido, es preciso señalar que los individuos de salemma alcanzan la madurez sexual a los 260 mm de longitud total. El proceso biológico de la maduración conlleva una desviación de la energía disponible para el crecimiento hacia el desarrollo de los gametos, lo cual ha de traducirse en un cambio en su ritmo de crecimiento que se manifiesta en forma de una discontinuidad en el crecimiento relativo de los individuos.

Como ya se hizo saber, el estudio de las variaciones de las diferentes partes del cuerpo permite intuir la forma en cada uno de los períodos de crecimiento. En el primero, que se extiende hasta que los peces alcanzan los 250 mm de talla, los animales se caracterizan por el intenso desarrollo relativo de su parte anterior y, en especial, de la región cefálica. Esto parece indicar que en la cabeza existe una especial sensibilidad morfogenética, posiblemente debida a su estructura más consistente y quizás, con mayor motivo, por albergar órganos esenciales en la emisión de impulsos vitales. En apoyo a este último punto de vista, es interesante insistir en que la mayoría de las glándulas secretoras de sustancias estimulantes del desarrollo se encuentran en la región anterior. Cabe significar, además, que durante esta fase el crecimiento relativo de la región posterior del animal es prácticamente isométrico, permaneciendo invariable a lo largo de su vida. Posiblemente, la mayor masa muscular localizada en la parte posterior del animal constituya un obstáculo en las variaciones morfogenéticas. En este período, la salema se caracteriza, también, por su tendencia notable al estiramiento. Ello, unido al rápido crecimiento de que están dotados en este momento los animales, hace que se presenten como peces de cuerpo alargado (Bas, 1964; Lorenzo, 1992).

En el segundo período, la circunstancia más destacable es el aumento considerable en anchura que experimentan los animales. Sin duda, este período corresponde al de la primera evolución sexual y, por tanto, al aumento de la anchura concurre el aumento de volumen de los órganos sexuales que presionan la pared visceral. Ese aumento en anchura contrasta, sin embargo, con la tendencia a la alometría negativa que exhiben durante esta fase el resto de las medidas situadas en la región anterior del cuerpo. Ello está en consonancia con la norma general de la cabeza a disminuir de manera proporcional respecto al cuerpo tras la primera crisis (Bas, 1964; Lorenzo, 1992).

A la vista de lo expuesto resultó sencillo establecer la disposición del gradiente de desarrollo en estos animales. La región anal y posterior poseen una mayor intensidad de desarrollo y estabilidad a lo largo del ciclo vital, seguramente relacionada con el importante papel que tiene la cola en la natación y ésta en la vida de estos peces. El

gradiente se muestra regresivo hacia la región cefálica, con la excepción del período inicial en que la región escapular y la cefálica muestran una mayor actividad. Por otra parte, el aumento en anchura corporal es muy notable, especialmente en el segundo período de crecimiento, y comunica a la salemna un perfil característico. El tamaño del ojo, sin embargo, exhibe una alometría extremadamente negativa. Se puede decir, pues, que existe un flujo morfogenético, caracterizado por una gran inestabilidad en la región cefálica que tiende a regularizarse en la cola.

La salemna de Gran Canaria presenta, por tanto, una permanente inestabilidad caracterizada por la presencia de alometrías variables en su desarrollo. Según Bas (1964) y Lorenzo (1992), quienes observaron un comportamiento análogo en el *S. scombrus* del Mediterráneo español y en el *S. japonicus* de las Islas Canarias, las formas inestables son frecuentes en animales con una gran capacidad de reproducción y de crecimiento y sustitución, en los cuales son precisos cambios de hábitat en relación con sus necesidades vitales. Dichos autores apuntaron, además, que esas especies se encuentran, en general, en la región más costera y de aguas poco estables, mientras las especies de mayor estabilidad son propias de las partes más profundas y de régimen hidrográfico más regular.

## **6. ALIMENTACIÓN**

## 6.1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la alimentación de cualquier especie constituye un aspecto básico de su biología, determinante de adaptaciones anatómicas, fisiológicas y etológicas. Además, el estudio de los hábitos alimentarios proporciona una información esencial sobre el nicho ecológico que ocupa la especie, las competencias inter e intraespecíficas, la repartición del recurso alimentario y la cantidad de energía transferida en la cadena trófica (Amezaga-Herrán, 1988; Massutí, 1997).

La evolución trófica ha conducido a una doble especialización, de una parte mecánica, en lo que concierne a la obtención, manejo e ingestión de alimento, y de otra parte bioquímica, ya que los enzimas y disposición anatómica general del tubo digestivo están organizados en relación con un determinado espectro alimenticio o dieta (Margalef, 1977). Por ello, la morfología, anatomía, distribución y hábitat de una especie están íntimamente relacionadas con su tipo de alimentación, que puede variar a lo largo de su vida. Con respecto a los peces, la especialización mecánica o alimentaria ha dado lugar a la gran diversidad existente en las adaptaciones estructurales y comportamiento alimentario, dirigidas a conseguir el alimento en un medio que se presenta igualmente muy diversificado (Amezaga-Herrán, 1988).

Al considerar las comunidades de peces desde un punto de vista ecológico, a través del conocimiento de las presas de las que se alimenta una especie, se obtiene información valiosa de las relaciones tróficas que se establecen en el ecosistema marino. Las relaciones predador-presa crean una compleja red de intercorrelaciones en las que, además de los peces, están involucrados otros organismos acuáticos, debido a que los peces cambian su tipo de alimentación y de hábitat en las diferentes fases de su ciclo vital, larval, juvenil y adulto, y época del año (Lagler *et al.*, 1977).

En el campo de la Biología Pesquera, además de los aspectos ya citados, los

estudios de alimentación aportan una información que es básica para el conocimiento de la biología de las especies y para los estudios de dinámica de poblaciones. También hay que tener en cuenta que la producción en cualquier stock de peces está relacionada con la cantidad y calidad del alimento consumido (Windell, 1971).

En este capítulo, se realiza un estudio de la composición de la dieta de la salema de Gran Canaria y se estudian sus variaciones a lo largo de su ciclo de vida.

## 6.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los estómagos de los ejemplares muestreados, como ya se indicó en el capítulo segundo, fueron extraídos, con ayuda de unas pinzas finas, tras la disección ventral del animal, conservándose directamente en alcohol etílico al 70%, en frascos debidamente etiquetados, para su posterior análisis en el laboratorio.

En el laboratorio, se procedió a la extracción del contenido de cada estómago, depositándose la comida sobre papel secante con el objeto de eliminar el exceso de humedad. Seguidamente, se tomó el peso húmedo (PH) de cada contenido estomacal, con una precisión de 0,001 g en una balanza marca Sartorius Modelo Basic BA 1105.

A continuación, con ayuda de un microscopio estereoscópico (OLIMPUS SZ60), se procedió a la identificación, separación y clasificación de los elementos alimentarios presentes en el contenido estomacal. La clasificación de los componentes tróficos presentes en los contenidos estomacales se realizó de manera cualitativa y cuantitativa, siguiendo la metodología propuesta por Hyslop (1980).

Desde el punto de vista cualitativo, los componentes de la dieta fueron clasificados hasta el taxón de menor rango posible. Los elementos de cada taxón identificado fueron pesados con una precisión de 0,001 g utilizando la balanza antes mencionada.

Desde el punto de vista cuantitativo, se estimaron el coeficiente de vacuidad (CV), el índice de repleción (IR) y el grado de digestión (GD).

El coeficiente de vacuidad (CV) se calculó como (Laevastu, 1980):

$$CV = \frac{NEV}{NTE} \cdot 100,$$

donde NEV es el número de estómagos vacíos; y NTE el número total de estómagos analizados.

El índice de repleción (IR), que indica el grado de llenado, se estimó como (Hyslop, 1980):

$$IR = \frac{PH}{PT} \cdot 100.$$

Considerando los valores que toma este índice, se establecieron tres categorías sobre el grado de llenado de los estómagos: categoría 1, estómago casi vacío ( $0 < IR \leq 0,25$ ); categoría 2, estómago medio lleno ( $0,25 < IR \leq 1$ ); y categoría 3, estómago lleno ( $IR > 1$ ).

El grado de digestión (GD) de cada categoría de presa se estableció en base a la observación macroscópica. Se consideraron tres categorías sobre el grado de digestión de los contenidos estomacales (Hyslop, 1980): categoría 1, alimento fresco o sin digerir; categoría 2, alimento con un grado de digestión medio que permite aún identificar fácilmente a las presas; y categoría 3, alimento muy digerido de difícil identificación.

Para determinar la composición de la dieta se calculó la frecuencia de aparición, el porcentaje en peso y el índice de importancia relativa en peso húmedo.

La frecuencia de aparición o periodicidad de algún elemento o categoría (F) se calculó de la siguiente manera (Hyslop, 1980):

$$F = \frac{n}{NTE} \cdot 100,$$

donde  $n$  el número de estómagos que contienen un elemento o categoría trófica. Para separar las categorías alimentarias, según los valores de frecuencias de aparición obtenidos, se utilizó la escala de tres grupos propuesta por Albertine-Berhaut (1973), modificada para este estudio, distinguiéndose categorías comunes ( $F > 20\%$ ), categorías ocasionales ( $5\% < F \leq 20\%$ ), y categorías raras ( $F \leq 5\%$ ).

El porcentaje en peso de cada elemento trófico presente en el estómago (P) se estimó de acuerdo con la ecuación (Gibbons y Gee, 1972; Laevastu, 1980):

$$P = \frac{PHT}{PH} \cdot 100,$$

donde PHT es el peso húmedo total de cada elemento trófico. Para separar las categorías alimentarias, según el porcentaje en peso húmedo, se utilizó la escala de tres grupos propuesta por Laevastu (1980), que considera categorías comunes ( $P > 10\%$ ), categorías ocasionales ( $1\% < P \leq 10\%$ ), y categorías raras ( $P \leq 1\%$ ).

El índice de importancia relativa en peso húmedo (IRPH) se calculó utilizando la expresión (Windell, 1971; Castro, 1993):

$$IRPH = (PHT \cdot F)^{\frac{1}{2}}.$$

Los valores de este índice fueron referenciados con respecto a un valor de 100. Para separar las categorías alimentarias, según el valor de este índice, se empleó una escala



de tres grupos propuesta por Castro y Santana del Pino (1995), distinguiéndose categorías comunes ( $IRPH > 10$ ), categorías ocasionales ( $2 < IRPH \leq 10$ ), y categorías raras ( $IRPH \leq 2$ ).

Con los valores obtenidos de frecuencias de aparición, porcentajes de pesos e índices de importancia relativa en peso húmedo se realizó un análisis de la composición de la dieta a lo largo del período de estudio.

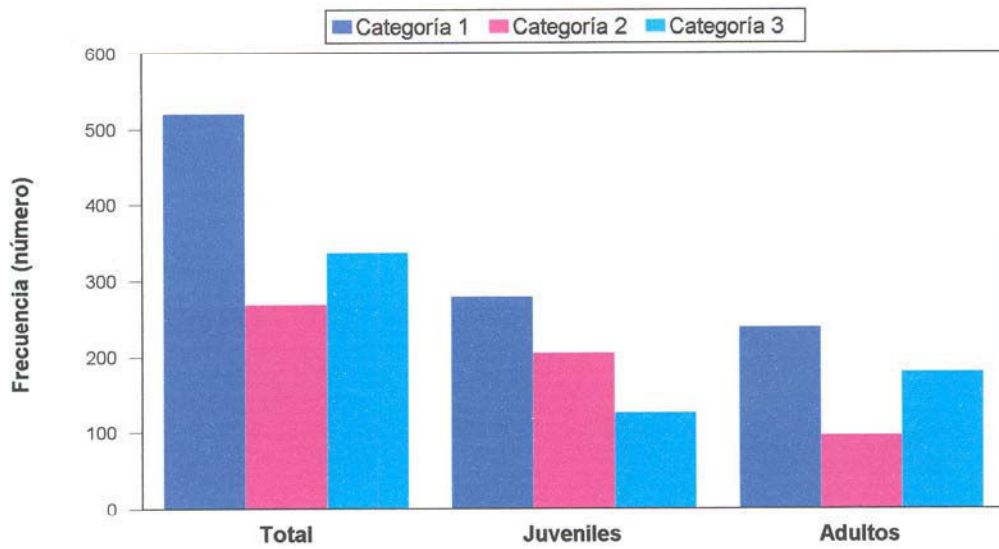
El estudio de los hábitos alimentarios se realizó considerando dos grupos de individuos en atención a la madurez, uno de juveniles ( $LT < 260$  mm) y otro de adultos ( $LT \geq 260$  mm).

Aunque todos los métodos expuestos persiguen los mismos objetivos, ninguno de ellos se considera determinante para conocer, a partir de los contenidos estomacales en peces, la dieta alimentaria de los mismos. Es por esto que se utilizan simultáneamente todos ellos, lo que proporciona una idea más completa y fiable de la dieta de la especie que se estudia.

### 6.3. RESULTADOS

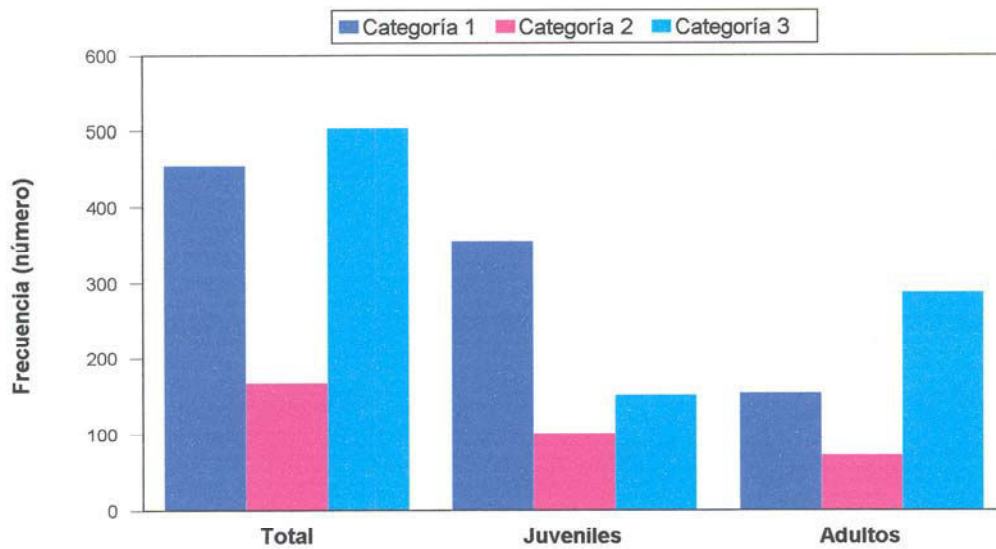
El coeficiente de vacuidad es 21,2%. En consecuencia, del total de estómagos analizados, el 78,8% presenta algún tipo de alimento.

Los valores del índice de repleción ponen de manifiesto que el 46,2% de los estómagos se encuentran casi vacíos (categoría 1), el 23,9% medio llenos (categoría 2) y el 29,9% llenos (categoría 3) (figura 6.1). En los juveniles, el 45,8% de los estómagos se encuentran casi vacíos, el 33,4% medio llenos y el 20,8% llenos. En los adultos, se encuentran casi vacíos el 46,5% de los estómagos analizados, medio llenos el 18,6% y llenos el 34,9%. No se encuentran diferencias significativas para las categorías 2 y 3 de forma conjunta entre juveniles y adultos ( $\chi^2 = 0,0045 < \chi^2_{1,0,05;1} = 3,84$ ).



**Figura 6.1.** Frecuencia, en número de estómagos del total de individuos, de juveniles y de adultos, en función del índice de repleción, para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

Las observaciones acerca del grado de digestión permiten establecer que el 44,8% de los contenidos estomacales se encuentran muy digeridos (categoría 3), el 14,9% medio digeridos (categoría 2) y el 40,3% sin digerir (categoría 1) (figura 6.2). En los



**Figura 6.2.** Frecuencia, en número de estómagos del total de individuos, de juveniles y de adultos, en función del grado de digestión, para la salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).

juveniles, el 25% de los contenidos estomacales están muy digeridos, el 16,7% medio digeridos y el 58,3% frescos. En los adultos, los contenidos estomacales se encuentran muy digeridos en el 55,8% de los estómagos, medio digeridos en el 14,0% y frescos en el 30,2%. Se aprecian diferencias significativas en el grado de digestión de juveniles y adultos para las categorías 2 y 3 de forma conjunta ( $\chi^2 = 7,08 > \chi_{1,0,05,1125}^2 = 3,84$ ).

Se identifican un total de doce taxones, de los cuales uno sólo aparece en los juveniles, cinco sólo en los adultos y seis tanto en los juveniles como en los adultos.

A partir de las frecuencias de aparición de las categorías tróficas, las cuales se presentan en la tabla 6.1, se establecen, para el total de los individuos, cuatro categorías alimentarias ocasionales, *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh, 1873 (10,59%), *Hypnea sp.* (8,23%), *Ulva sp.* (8,23%) y *Cystoseira abies-marina* (S.G. Gmelin) C.

**Tabla 6.1.** Frecuencia de aparición (F) para las categorías alimentarias presentes en los contenidos estomacales de juveniles, adultos y el total de los individuos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999). \* ( $\chi^2 > \chi_{1,0,05,1}^2 = 3,84$ ).

Categoría alimentaria	F(%)			$\chi^2$
	Juveniles	Adultos	Total	
<i>Caulerpa prolifera</i>		3,77	2,35	
<i>Caulerpa racemosa</i>	6,25	13,21	10,59	2,49
<i>Ceramium sp.</i>		1,89	1,18	
<i>Cymodocea nodosa</i>	3,12	1,89	2,35	0,30
<i>Cystoseira abies-marina</i>	9,37	5,66	7,06	0,91
<i>Cystoseira tamariscifolia</i>	3,12		1,18	
<i>Dictyopteris membranacea</i>		1,89	1,18	
<i>Dictyota dichotoma</i>		5,66	3,53	
<i>Chondracanthus acicularis</i>		3,77	2,35	
<i>Hypnea sp.</i>	3,12	11,32	8,23	4,66*
<i>Petalonia fasciata</i>	3,12	1,89	2,35	0,30
<i>Ulva sp.</i>	6,25	9,43	8,23	0,64

Agardh, 1820 (7,06%); y ocho categorías raras, *Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1809 (3,53%), *Caulerpa prolifera* (Forsskål) J.V. Lamouroux, 1809

(2,35%), *C. nodosa* (2,35%), *Chondracanthus acicularis* (Wulfen) Lamouroux, 1809 (2,35%), *Petalonia fascia* (O.F. Müller) Kuntze, 1898 (2,35%), *Ceramium sp.* (1,18%), *Cystoseira tamariscifolia* (Hudson) Papenfuss, 1950 (1,18%) y *Dictyopteris membranacea* (Stackhouse) Batters, 1795 (1,18%). Para los juveniles se determinan tres categorías alimentarias ocasionales, *C. abies-marina* (9,37%), *C. racemosa* (6,25%) y *Ulva sp.* (6,25); y cuatro categorías raras, *C. nodosa* (3,12%), *C. tamariscifolia* (3,12%), *Hypnea sp.* (3,12%) y *P. fascia* (3,12%). En el caso de los adultos se encuentran cinco categorías alimentarias ocasionales, *C. racemosa* (13,21%), *Hypnea sp.* (11,32%), *Ulva sp.* (9,43%), *C. abies-marina* (5,66%) y *D. dichotoma* (5,66%); y seis categorías raras, *C. prolifera* (3,77%), *C. acicularis* (3,77%), *C. nodosa* (1,89%), *Ceramium sp.* (1,89%), *D. membranacea* (1,89%) y *P. fascia* (1,89%).

Según el método de frecuencias de aparición, las categorías ocasionales son prácticamente coincidentes entre los juveniles y los adultos, observándose diferencias significativas en la frecuencia de aparición de *Hypnea sp.* entre ambos grupos, y la aparición de *D. dichotoma* sólo en adultos (tabla 6.1). Las diferencias más destacables se localizan en las categorías raras que pueden estar presentes en uno de los dos grupos.

A partir del porcentaje en peso de cada elemento trófico presente en el estómago, información que se recoge en la tabla 6.2, se establecen, para el total de los individuos, tres categorías tróficas comunes, *Hypnea sp.* (38,39%), *C. abies-marina* (24,07%) y *C. racemosa* (22,60%); dos categorías ocasionales, *Ulva sp.* (6,94%) y *C. acicularis* (5,18%); y siete categorías raras, *C. prolifera* (0,84%), *C. nodosa* (0,43%), *D. dichotoma* (0,43%), *Ceramium sp.* (0,38%), *P. fascia* (0,35%), *D. membranacea* (0,34%) y *C. tamariscifolia* (0,05%). Para los juveniles se determinan tres categorías tróficas comunes, *Hypnea sp.* (43,45%), *Ulva sp.* (27,58%) y *C. racemosa* (11,73%); tres categorías ocasionales, *P. fascia* (9,35%), *C. abies-marina* (5,55) y *C. tamariscifolia* (1,58%); y una categoría rara, *C. nodosa* (0,76%). En el caso de los individuos adultos se establecen tres categorías tróficas comunes, *Hypnea sp.* (38,20%), *C. abies-marina* (24,70%) y *C. racemosa* (22,97%); dos categorías ocasionales, *Ulva*

*sp.* (6,24%) y *C. acicularis* (5,36%); y seis categorías raras, *C. prolifera* (0,87%), *D. dichotoma* (0,45%), *C. nodosa* (0,42%), *Ceramium sp.* (0,40%), *D. membranacea* (0,35%) y *P. fascia* (0,04%).

**Tabla 6.2.** Porcentaje en peso (P) para las categorías alimentarias presentes en los contenidos estomacales de juveniles, adultos y el total de los individuos de salemá *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999). \* ( $\chi^2 > \chi^2_{1,0,05,1125} = 3,84$ ).

Categoría alimentaria	P (%)			$\chi^2$
	Juveniles	Adultos	Total	
<i>Caulerpa prolifera</i>		0,87	0,84	
<i>Caulerpa racemosa</i>	11,73	22,97	22,60	3,64
<i>Ceramium sp.</i>		0,40	0,38	
<i>Cymodocea nodosa</i>	0,76	0,42	0,43	0,10
<i>Cystoseira abies-marina</i>	5,55	24,70	24,07	12,12*
<i>Cystoseira tamariscifolia</i>	1,58		0,05	
<i>Dictyopteris membranacea</i>		0,35	0,34	
<i>Dictyota dichotoma</i>		0,45	0,43	
<i>Chondracanthus acicularis</i>		5,36	5,18	
<i>Hypnea sp.</i>	43,45	38,20	38,39	0,34
<i>Petalonia fascia</i>	9,35	0,04	0,35	9,23*
<i>Ulva sp.</i>	27,58	6,24	6,94	13,46*

Según el método del porcentaje en peso de cada elemento trófico, existen diferencias significativas entre juveniles y adultos para *C. abies-marina*, *Ulva sp.* y *P. fascia*, siendo *C. abies-marina* superior en los adultos y *Ulva sp.* y *P. fascia* en los juveniles (tabla 6.2). Es de destacar que *Hypnea sp.* representa, aproximadamente, el 50% del peso de los contenidos estomacales en la dieta de los individuos juveniles y adultos. Las diferencias más destacables, como se observó al analizar las frecuencias de aparición, se localizan en las categorías raras que pueden estar presentes en uno de los dos grupos.

Del índice de importancia relativa en peso húmedo, cuyos valores se presentan en la tabla 6.3, se establecen, para la totalidad de los individuos, cuatro categorías comunes, *Hypnea sp.* (28,02%), *C. racemosa* (24,40%), *C. abies-marina* (20,55%) y *Ulva sp.*

(11,92%); dos categorías ocasionales, *C. acicularis* (5,50%) y *C. prolifera* (2,21%); y seis categorías raras, *D. dichotoma* (1,95%), *C. nodosa* (1,58%), *P. fascia* (1,43%), *Ceramium sp.* (1,07%), *D. membranacea* (0,99%) y *C. tamariscifolia* (0,38%). Los juveniles presentan cinco categorías comunes, *Ulva sp.* (26,42%), *Hypnea sp.* (23,43%), *C. racemosa* (17,22%), *C. abies-marina* (14,50%) y *P. fascia* (10,86%); y dos categorías ocasionales, *C. tamariscifolia* (4,47%) y *C. nodosa* (3,10%). En los adultos se determinan cuatro categorías comunes, *Hypnea sp.* (30,38%), *C. racemosa* (25,46%), *C. abies-marina* (17,27%) y *Ulva sp.* (11,21%); tres categorías ocasionales, *C. acicularis* (6,56%), *C. prolifera* (2,64%) y *D. dichotoma* (2,32%); y cuatro categorías raras, *C. nodosa* (1,30%), *Ceramium sp.* (1,29%), *D. membranacea* (1,18%) y *P. fascia* (0,39%).

**Tabla 6.3.** Índice de importancia relativa en peso húmedo (IRPH) para las categorías alimentarias presentes en los contenidos estomacales de juveniles, adultos y el total de los individuos de salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria (enero 1998-diciembre 1999).  $*(\chi^2 > \chi^2_{1,0,05,1} = 3,84)$ .

Categoría alimentaria	IRPH(%)			$\chi^2$
	Juveniles	Adultos	Total	
<i>Caulerpa prolifera</i>		2,64	2,21	
<i>Caulerpa racemosa</i>	17,22	25,46	24,40	1,59
<i>Ceramium sp.</i>		1,29	1,07	
<i>Cymodocea nodosa</i>	3,10	1,30	1,58	0,74
<i>Cystoseira abies-marina</i>	14,50	17,27	20,55	0,24
<i>Cystoseira tamariscifolia</i>	4,47		0,38	
<i>Dictyopteris membranacea</i>		1,18	0,99	
<i>Dictyota dichotoma</i>		2,32	1,95	
<i>Chondracanthus acicularis</i>		6,56	5,50	
<i>Hypnea sp.</i>	23,43	30,38	28,02	0,90
<i>Petalonia fascia</i>	10,86	0,39	1,43	9,74*
<i>Ulva sp.</i>	26,42	11,21	11,92	6,15*

De acuerdo a los valores del índice de importancia relativa en peso húmedo, existen diferencias significativas entre juveniles y adultos para *P. fascia* y *Ulva sp.*, siendo en ambos casos superior en los juveniles (tabla 6.3). Las diferencias más notables se

observan en las categorías raras que pueden estar presentes en uno de los dos grupos.

## 6.4. DISCUSIÓN

Entre las diferentes metodologías empleadas en este estudio para analizar los contenidos estomacales de la salema *S. salpa* de Gran Canaria, la frecuencia de aparición discrimina menos que el índice de importancia relativa en peso húmedo y que el método de porcentaje en peso, dado que no permite la identificación de categorías comunes. En este sentido, Rosecchi y Nouaze (1987) indicaron la mejor adecuación de estos dos últimos métodos a la hora de analizar los contenidos estomacales de los herbívoros.

La salema de Gran Canaria es una especie herbívora. El carácter herbívoro exhibido por esta especie en aguas de Gran Canaria también ha sido señalado para la especie por Anato y Ktari (1983b) en aguas del Golfo de Túnez, por Verlaque (1990) en aguas del Golfo de León, por Antolic *et al.* (1994) en aguas del Adriático, y por Christensen (1978), Joubert y Hanekom (1980), Gerking (1984), Whitfield (1985) y Bennett (1989) en aguas de KwaZulu-Natal (Sudáfrica). Según estos autores, la salema se alimenta de las algas presentes en los fondos. Si bien esto es cierto, Christensen (1978), Joubert y Hanekom (1980), Gerking (1984), Whitfield (1985) y Bennett (1989) observaron, en sus respectivos estudios, un período juvenil eminentemente carnívoro, en el cual los peces se alimentan principalmente de copépodos harpacticoides, y una fase adulta herbívora. Christensen (1978) relacionó este cambio en las apetencias alimenticias de la salema con la dentición, la edad y la dieta; los jóvenes, carnívoros, tienen dientes pequeños, puntiagudos y cónicos para agarrar a sus presas, los cuales son reemplazados cuando el pez alcanza aproximadamente 35 mm, alimentándose sobre todo de algas a partir de entonces. En el presente estudio no se ha podido constatar la existencia de dicho cambio dado que no se dispuso de individuos de tallas inferiores a 119 mm.

La salema de Gran Canaria posee un espectro trófico reducido, sobre todo en su

fase juvenil. Esto coincide con lo señalado por Christensen (1978), Joubert y Hanekom (1980), Gerking (1984), Whitfield (1985) y Bennett (1989) quienes indican que el espectro trófico de la salema de KwaZulu-Natal es reducido, aumentando la diversidad cuando alcanzan la fase adulta. Se trata de un predador selectivo que se alimenta, de modo principal, de unas pocas especies vegetales, siendo la aparición de las restantes un fenómeno ocasional. La salema, por tanto, utiliza como recurso alimenticio sólo cuatro especies o grupos, *C. racemosa*, *Ulva sp.*, *C. abies-marina* e *Hypnea sp.*

El espectro trófico reducido de la salema se debe, sin duda, a que los ejemplares de esta especie desarrollan sus primeras etapas de vida asociados a las praderas de *C. nodosa* y a las bandas algales de *C. abies-marina*, las cuales representan un medio de protección para ellos y para otras especies de espáridos (Bell y Harmelin-Vivien, 1982; Macpherson, 1994; García-Rubies y Macpherson, 1995; Harmelin-Vivien *et al.*, 1995; Biagi *et al.*, 1997; Planes *et al.*, 1999). A medida que incrementan la talla, pueden desplazarse a zonas localizadas en el exterior de estas áreas y, por consiguiente, pueden preñar sobre otras especies no asociadas a *C. nodosa* o a *C. abies-marina*. En este sentido, Sánchez Lizaso y Ramos Esplá (1995) indican que la salema es el principal predador de las praderas de fanerógamas marinas en el Mediterráneo español.

El grupo taxonómico más importante en la dieta de la salema de Gran Canaria es *Hypnea sp.* La predominancia de este grupo de algas en los contenidos estomacales de la salema también ha sido observado por Christensen (1978) y Joubert y Hanekom (1980) en aguas de KwaZulu-Natal. Ello parece indicar que, independientemente del área de distribución, la salema muestra una clara preferencia por algas de consistencia blanda.

Aunque *Hypnea sp.* es epífito de *C. abies-marina*, ésta última tiene una importancia menor para los juveniles que para los adultos, ya que este alga posee una constitución dura y filoides espiniscentes que dificultan la ingestión y digestión para los juveniles, al igual que ocurre con *D. membranacea* que presenta un talo con un nervio longitudinal



prominente, *Ceramium sp.* que presenta nudos en su estructura y *C. acicularis* que presenta un cortex grueso, cartilaginoso y con ramificación (Afonso-Carrillo y Sansón, 1989). Por ello, la salema escoge otras algas asociadas a *C. abies-marina*, como son *Ulva sp.* y *P. fascia*, para formar parte de su dieta en la fase juvenil.

## **7. CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos del estudio de la salema *Sarpa salpa* de Gran Canaria, realizado en el período comprendido entre enero de 1998 y diciembre de 1999, se extraen las siguientes conclusiones:

1. El tipo sexual es hermafroditismo proterándrico.
2. La inversión sexual es esencial en todos los ejemplares y supone una fase de transición breve en la vida de los individuos.
3. La proporción entre machos y hembras es claramente favorable a los primeros (1:0,41). Los machos son más abundantes en las tallas inferiores y las hembras en las superiores.
4. El período reproductor es amplio, comprendiendo desde septiembre hasta marzo. La puesta ocurre cuando la temperatura del agua alcanza los valores más bajos y el alimento es más abundante.
5. Las características reproductoras son iteroparismo y heterocronismo.
6. La talla media de primera madurez se alcanza a los 266 mm (2 años) y 294 mm (3 años) en los machos y en las hembras, respectivamente. La talla media de maduración masiva se alcanza a los 304 mm (3 años) en los machos y a los 345 mm (4 años) en las hembras.
7. Los valores de los parámetros de la relación longitud total-peso total son  $a=0,0000164$  y  $b=2,976$  en los machos,  $a=0,0000183$  y  $b=2,957$  en las hembras, y  $a=0,0000134$  y  $b=3,011$  en todos los individuos.
8. El peso aumenta de forma isométrica con la longitud, tanto en los machos como en las hembras.

9. Los otolitos pueden ser utilizados para determinar satisfactoriamente la edad y el crecimiento, pues los anillos de crecimiento que se observan en dichas estructuras presentan un patrón reconocible y asignable a una escala de tiempo regular. Los métodos de lectura directa de otolitos y de retrocálculo proporcionan resultados similares.
10. Los anillos de crecimiento rápido se forman durante los meses de verano, cuando la temperatura del agua alcanza los valores más altos y el alimento es más abundante, y los de crecimiento lento durante los meses de invierno, cuando la temperatura alcanza los valores más bajos y tiene lugar la reproducción.
11. La edad de los individuos oscila entre 0 y 11 años.
12. Los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy estimados por lectura directa de otolitos son  $L_{\infty}=447$  mm,  $k=0,228$  años<sup>-1</sup> y  $t_0=-1,246$  años para los machos,  $L_{\infty}=499$  mm,  $k=0,201$  años<sup>-1</sup> y  $t_0=-1,447$  años para las hembras, y  $L_{\infty}=479$  mm,  $k=0,212$  años<sup>-1</sup> y  $t_0=-1,082$  años para la totalidad de individuos.
13. El crecimiento se ralentiza con la edad. Los individuos alcanzan aproximadamente la mitad de su talla máxima al tercer año de vida; después, la tasa de crecimiento disminuye rápidamente como consecuencia de los procesos de maduración sexual, los cuales generan un desvío de energía hacia la reproducción, quedando menos energía disponible para el crecimiento somático.
14. La forma del cuerpo cambia a lo largo de la vida, presentando dos períodos vitales de crecimiento bien diferenciados. Estos períodos están delimitados por una discontinuidad notable en el crecimiento relativo, en torno a los 250 mm. La naturaleza del cambio en la forma del cuerpo parece estar relacionada con procesos

de tipo ecológico y/o sexual, ya que los individuos alcanzan la madurez sexual a los 260 mm.

15. En el primer período de crecimiento, se produce un intenso desarrollo relativo de la parte anterior del cuerpo, especialmente de la región cefálica, zona que alberga órganos esenciales en la emisión de impulsos vitales. Además, durante esta fase, el crecimiento relativo de la región posterior del animal es prácticamente isométrico, permaneciendo invariable a lo largo de su vida. Esto quizás sea debido a que la mayor masa muscular localizada en la parte posterior del animal constituya un obstáculo en las variaciones morfogenéticas. En este período, los individuos se caracterizan, también, por su tendencia notable al estiramiento.
16. En el segundo período de crecimiento, se produce un considerable aumento de la anchura del cuerpo. Durante este período tienen lugar los procesos de maduración sexual y, por tanto, el aumento en anchura concurre con el aumento de volumen de los órganos sexuales que presionan la pared visceral.
17. La región anal y posterior posee una mayor intensidad de desarrollo y estabilidad a lo largo del ciclo vital, seguramente relacionada con el importante papel que tiene la cola en la natación y ésta en la vida de los peces. El gradiente se muestra regresivo hacia la región cefálica, con la excepción del período inicial en que la región escapular y la cefálica muestran mayor actividad. Se puede decir, pues, que existe un flujo morfogenético, caracterizado por una gran inestabilidad en la región cefálica que tiende a regularizarse en la cola.
18. El hábito alimentario es herbívoro.
19. El espectro trófico es reducido, sobre todo en los juveniles.

---

20. La dieta está basada mayoritariamente en *Caulerpa racemosa*, *Ulva sp.*, *Cystoseira abies-marina* e *Hypnea sp.*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Afonso-Carrillo, J. y M. Sansón, 1989. *Clave Ilustrada para la Determinación de los Macrófitos Marinos Bentónicos de las Islas Canarias*. Departamento de Biología Vegetal (Botánica) de la Universidad de La Laguna, La Laguna, 55 pp.
- Albertine-Berhaut, J., 1973. Biologie des stades juveniles de téléostéens Mugilidae *Mugil auratus* Risso 1810, *Mugil capito* Cuvier 1829 et *Mugil saliens* 1810. 1. Régime alimentaire. *Aquaculture*, 2: 251-266.
- Alekseev, F.E., 1982. Hermaphroditism in sparid fishes (Perciformes, Sparidae). I. Protogyny in porgies, *Pagrus pagrus*, *P. orphus*, *P. ehrenbergi* and *P. auriga*, from west Africa. *J. Ichthyol.*, 22 (1): 85-94.
- Alekseev, F.E., 1983. Hermaphroditism in porgies (Perciformes, Sparidae). II. Sexual structure of the populations, mechanism of its formation and evolution in scups, *Pagrus pagrus*, *P. orphus*, *P. ehrenbergi* and *P. auriga*. *J. Ichthyol.*, 23 (2): 61-73.
- Amezaga-Herrán, R., 1988. Análisis de contenidos estomacales en peces. Revisión bibliográfica de los objetivos y la metodología. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 63: 74 pp.
- Anato, C.B. y M.H. Ktari, 1983a. Reproduction de *Boops boops* (Linné, 1758) et de *Sarpa salpa* (Linné, 1758), Poissons Téléostéens, Sparidés du golfe de Tunis. *Bull. Isnt. natn. scient. tech. Océanogr. Pêche. Salammbó*, 10: 49-53.
- Anato, C.B. y M.H. Ktari, 1983b. Regime alimentaire de *Boops boops* (Linné, 1758) et de *Sarpa salpa* (Linné, 1758), poissons téléostéens sparides du Golfe de Tunis. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28 (5): 33-34.
- Anato, C.B., M.H. Ktari y M.N. Kamoun, 1983. La bogue et la saupe dans pêcheries tunisiennes. *Bull. Inst. natn. scient. tech. Océanogr. Pêche. Salammbó*, 10: 99-106.



- Anderson, R.O. y S.J. Gutreuter, 1983. Length, weight, and associated structural indices. En: *Fisheries Techniques*, L.A. Nielsen y D.L. Johnson (Editores). American Fisheries Society, Bethesda, p. 283-300.
- Antolic, B., B. Skaramuca, A. Span, D. Musin y J. Sanko-Njire, 1994. Food and feeding habits of a herbivore fish *Sarpa salpa* (L.) (Teleostei, Sparidae) in the southern Adriatic (Croatia). *Acta Adriat.*, 35 (1/2): 45-52.
- Aristegui, J., 1990. La distribución de la clorofila *a* en aguas de Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6 (2): 61-71.
- Aristegui, J., S. Hernández-León, M. Gómez, L. Medina, A. Ojeda y S. Torres, 1989. Influence of the north trade winds on the biomass and production of neritic plankton around Gran Canaria Island. *Sci. Mar.*, 53 (2-3): 223- 229.
- Aristegui, J., P. Sangrá, S. Hernández-León, M. Cantón, A. Hernández-Guerra y J.L. Kerling, 1994. Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep-sea Res.*, 41 (10): 1509-1525.
- Atz, J.W., 1964. Intersexuality in fishes. En: *Intersexuality in Vertebrates Including Man*, N. Armstrong y A.J. Marshall (Editores). Academic Press, London, p. 145-232.
- Bagenal, T.B. y F.W. Tesch, 1978. Age and growth. En: *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*, T.B. Bagenal (Editor). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 101-136.
- Barrera, A., J. Carrillo, R. Castillo, J.A. Gómez, J.A. González, M.D. Ojeda, F. Pérez, S. Sánchez y J.I. Santana, 1983. *Evaluación de recursos pesqueros en la Provincia de Las Palmas*. Informe del Gobierno de Canarias, 534 pp.

- Bartlett, J.R., P.F. Randerson, R. Williams y D.M. Ellis, 1984. The use os analysis of covariance in the back-calculation of growth in fish. *J. Fish Biol.*, 24: 201-213.
- Bas, C., 1959. Consideraciones acerca del crecimiento de la caballa (*Scomber scombrus* L.) en el Mediterráneo español. Parte I. *Inv. Pesq.*, 14: 65-113.
- Bas, C., 1964. Aspectos del crecimiento relativo en peces del Mediterráneo occidental *Inv. Pesq.*, 27: 13-119.
- Batts, B.S., 1972. Sexual maturity, fecundity and sex-ratios of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in North Carolina waters. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 101: 626-637.
- Bauchot, M.L. y J.C. Hureau, 1986. Sparidae. En: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol II*, P.J.P. Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen y E. Tortonese (Editores). Unesco, Paris, p. 883-907.
- Bauchot, M.L. y J.C. Hureau, 1990. Sparidae. En: *Check-list of the Fishes of the Eastern Tropical Atlantic. Clofeta II*, J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post y L. Saldanha (Editores). Unesco, Paris, p. 790-812.
- Bauchot, M.L., J.C. Hureau y J.C. Miquel, 1981. Sparidae. En: *FAO Species Identification Sheets for Fishery Purposes. Eastern Central Atlantic, Fishing Areas 34, 47 (in part)*, W. Fischer, G. Bianchi y W.B. Scott (Editores). FAO, Ottawa.
- Beamish, R.J. y D.A. Fournier, 1981. A method for comparing the precision of a set of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 982-983.
- Bell, J.D. y M.L. Harmelin-Vivien, 1982. Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 1. Community structure. *Tethys*, 10 (4): 337-347.

- Bennett, B.A., 1989. The diets of fish in three south-western Cape estuarine systems. *S. Afr. J. Zool.*, 24 (3): 163-177.
- Beverton, R.J.H. y S.J. Holt, 1957. On The Dynamics of Exploited Fish Populations. *Fish. Invest. Lond., Ser. II*, 19: 533 pp.
- Biagi, F., S. Gambaccini y M. Zazzetta, 1997. Settlement and microhabitat of littoral fishes along Tuscany coast. *Biol. Mar. Mediterr.*, 4 (1): 195-203.
- Bini, G., 1968. *Atlante dei Pesci Coste Italiane. 4 Pesciformes*. Mondo Somerso, Milán, 175 pp.
- Bisquerra, R., 1989. *Introducción Conceptual al Análisis Multivariable. Un Enfoque Informático con los Paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD. Vol. I*. Promociones y Publicaciones Universitarias, Barcelona, 397 pp.
- Bordes, F., 1993. *Cartografía y evaluación de recursos pesqueros de la plataforma y talud de Gran Canaria (Islas Canarias)*. Informe del Gobierno de Canarias, 28 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 Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, 95 pp.
- Braun, J.G., 1980. Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. I. Hidrografía, nutrientes y producción primaria. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6 (1): 91-96.
- Braun, J.G., 1981. Estudios de producción en aguas de las Islas Canarias. II. Producción del zooplancton. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5 (4): 147-154.

- Braun, J.G. y F. Real, 1981. Algunas comparaciones entre el nanoplancton y el fitoplancton de red en aguas de las Islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6 (1): 99-105.
- Braun, J.G., I. Orzáiz, J.D. Armas y F. Real, 1985. Productividad y biomasa del ultraplancton, nanoplancton y fitoplancton de red en aguas de las Islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 2 (1): 192-204.
- Brett, J.R., 1979. Environmental factors and growth. En: *Fish Physiology. Vol. 8*, W.J. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett (Editores). Academic Press, New York, p. 599-675.
- Brito, A., 1991. *Catálogo de Peces de las Islas Canarias*, F. Lemus (Editor). Lemus, La Laguna, 230 pp.
- Brouwer, S.L., B.Q. Mann, S.J. Lamberth, W.H.H. Sauer y C. Erasmus, 1997. A survey of the South African shore angling fishery. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 18: 165-177.
- Buxton, C.D., 1987. *Life History Changes of Two Reef Fish Species in Exploited and Unexploited Marine Environments in South Africa*. Tesis Doctoral, Universidad de Rhodes, Sudáfrica, 220 pp.
- Buxton, C.D. y P.A. Garratt, 1990. Alternative reproductive styles in seabreams (Pisces: Sparidae). *Envir. Biol. Fishes*, 28: 113-124.
- Buxton, C.D. y J.R. Clarke, 1991. The biology of the white musselcracker *Sparodon durbanensis* (Pisces: Sparidae) on the Eastern Cape coast, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 10: 285-296.
- Buxton, C.D. y J.R. Clarke, 1992. The biology of the bronze bream, *Pachymetopon grande* (Teleostei: Sparidae) from the southeast Cape coast, South Africa. *S. Afr. J. Zool.*, 27 (1): 21-32.

- Calvo, F., 1993. *Técnicas Estadísticas Multivariantes*. Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao, 444 pp.
- Campana, S.E., 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47 (11): 2219-2227.
- Carrillo, J., J.A. González, J.I. Santana e I.J. Soldevilla, 1996. La pesca en el Puerto de Mogán (Islas Canarias): Flota, artes y análisis de las capturas entre 1980 y 1990. En: *Oceanografía y Recursos Marinos en el Atlántico Centro-Oriental*, O. Llinás, J.A. González y J.A. Rueda (Editores). Gobierno de Canarias y Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, p. 457-475.
- Casselman, J.M., 1987. Determination of age and growth. En: *The Biology of Fish Growth*, A.H. Weatherley y H.S. Gill (Editores). Academic Press, London, p. 209-242.
- Castro, J.J., 1993. Feeding ecology of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in Canary Islands area. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 13: 323-328.
- Castro, J.J. y A. Santana del Pino, 1995. Feeding preferences of *Scomber japonicus* in the Canary Islands area. *Sci. Mar.*, 59 (3-4): 325-333.
- Choat, J.H. y D.R. Robertson, 1975. Protogynous hermaphroditism in fishes of the family Scaridae. En: *Intersexuality in the Animal Kingdom*, R. Reinboth (Editor). Springer-Verlag, Heidelberg, p. 263-283.
- Christensen, M.S., 1978. Trophic relationships in juvenile of three species of sparid fishes in the South African marine littoral. *Fish. Bull.*, 76 (2): 389-401.
- Command, C., 1977. Contribution á l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle rende, *Sardinella aurita*: Pêche sardinière dakaroise en 1975 et premier

- semestre 1976. *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, 15: 301-312.
- Crawford, W.R., A.V. Tyler y R.E. Thomson, 1990. A possible eddy retention mechanism for ichthyoplankton in Hecate Strait. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47 (7): 1356-1363.
- D'Ancona, U., 1949. Il differenziamento delle gonode e l'inversione sessuale degli sparidi. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 6: 97-163.
- Dulcic, J. y M. Kraljevic, 1996. Weight-length relationship for 40 fish species in the eastern Adriatic (Croatian waters). *Fish. Res.*, 28 (3): 243-251.
- Febvre, M., M. Michèle y M. Lafaurie, 1975. Comparaison de la séquence ovogénétique chez des Téléostéens ovipares gonochoriques et hermaphrodites (*Mullus, Serranus, Boops*). *Publ. Est. Zool. Napoli*, 39: 140-152.
- Francis, R.I., 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *J. Fish. Biol.*, 36: 883-902.
- Franquet, F. y A. Brito, 1995. *Especies de Interés Pesquero de Canarias*. Consejería de Pesca y Transportes del Gobierno de Canarias, Tenerife, 143 pp.
- Fuiman, L.A., 1983. Growth gradients in fish larvae. *J. Fish Biol.*, 23: 117-123.
- Gafo Fernández, J.I., C. Smith Agreda, M. Lagarejos García y C. Escribano Puche, 1984. *Situación y necesidades de infraestructura pesquera en el Archipiélago Canario. Tomo I*. Informe de la Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, 292 pp.
- Galindo, M.P., 1984. *Exposición Intuitiva de Métodos Estadísticos (Fundamentos y Aplicaciones a Biología, Medicina y Otras Ciencias)*. Universidad de Salamanca,

- Salamanca, 854 pp.
- García-Rubies, A. y E. Macpherson, 1995. Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean litoral. *Mar. Biol.*, 124 (1): 35-42.
- Garratt, P.A., 1986. Protogynous hermaphroditism in the slinger, *Chrysolephus puniceus* (Gilchrist y Thompson, 1908) (Teleostei: Sparidae). *J. Fish Biol.*, 28: 297-306.
- Garratt, P.A., 1993. Spawning of riverbream *Acanthopagrus berda*, in the Kosi estuary. *S. Afr. J. Zool.*, 28 (1): 26-31.
- Gerking, S.D., 1984. Assimilation and maintenance ration of an herbivorous fish, *Sarpa salpa*, feeding on a green alga. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 113: 378-387.
- Gibbons, J.R. y J.H. Gee, 1972. Ecological segregation between longnose and blacknose dace (*Rhinichthys*) in the Mink River, Manitoba. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 29: 1245-1252.
- Gómez-Cabrera, M., 1991. *Biomasa y Actividad Metabólica del Zooplancton en Relación con un Efecto de Masa de Isla en aguas de Gran Canaria*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 236 pp.
- González, J.A., 1991. *Biología y Pesquería de la Vieja Sparisoma (Euscarus) cretense (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes, Scaridae), en las Islas Canarias*. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, 456 pp.
- González, J., C. Hernández G., P. Marrero y E. Rapp B., 1995. *Peces de Canarias. Guía Submarina*, Francismo Lemus (Editor). Lemus, La Laguna, 223 pp.

- Gordoa, A. y B. Molí, 1997. Age and growth of the sparids *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* and *D. annularis* in adult populations and the differences in their juvenile growth patterns in the north-western Mediterranean Sea. *Fish. Res.*, 33: 123-129.
- Gulland, J.A., 1983. *Fish Stock Assessment. A manual of Basic Methods*. John Wiley & Sons Publications, Chichester, 223 pp.
- Harmelin-Vivien, M.L., J.G. Harmelin y V. Levoulleux, 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hidrobiología*, 300-301: 309-320.
- Havelange, S., G. Lepoint, P. Dauby y J.M. Bouquegneau, 1997. Feeding of the sparid fish *Sarpa salpa* in seagrass ecosystem: Diet and carbon flux. *Mar. Ecol.*, 18 (4): 289-297.
- Hernández-Guerra, A., 1993. Phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area as determined using Coastal Zone Colour Scanner data. *Int. J. Remote Sensing*, 14 (7): 1431-1437.
- Hernández-León, S., 1986. "Efecto de la Masa de Isla" en Aguas del Archipiélago Canario Según Estudios de Biomasa y Actividad del Sistema de Transporte de Electrones en el Mesozooplankton. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, 402 pp.
- Hernández-León, S., 1988a. Algunas observaciones sobre la abundancia y estructura del mesozooplankton en aguas del Archipiélago canario. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5 (1): 109-118.
- Hernández-León, S., 1988b. Gradients of mesozooplankton biomass and ETS activity in the wind-shear area as evidence of an island mass effect in the Canary Island waters. *J. Plankton Res.*, 10 (6): 1141-1154.



- Hernández-León, S., 1988c. Ciclo anual de la biomasa del mesozooplancton sobre un área de plataforma en aguas del Archipiélago canario. *Inv. Pesq.*, 52 (1): 3-16.
- Hernández-León, S., O. Llinás y J.G. Braun, 1984. Nota sobre la variación de la biomasa del mesozooplancton en aguas de Canarias. *Inv. Pesq.*, 48 (3): 495-508.
- Hernández-León, S. y D. Miranda-Rodal, 1987. Actividad del sistema de transporte de electrones y biomasa del mesozooplancton en aguas de las Islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 42 (2): 49-62.
- Holden, M.J. y D.F.S. Raitt, 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte II. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *FAO Doc. Téc. Pesca*, 115: 211 pp.
- Hotelling, H., 1933. Analysis of a complex of statistical variables into principal componentes. *J. Educ. Psych.*, 24: 417-441 y 498-520.
- Hyslop, E.J., 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their applications. *J. Fish Biol.*, 17: 411-429.
- ICSEAF, 1983. Otolith interpretation guide. Hake. *ICSEAF*, 1: 70 pp.
- ICSEAF, 1986. Otolith interpretation guide. Cape horse mackerel. *ICSEAF*, 2: 24 pp.
- Jearld, A., 1983. Age determination. En: *Fisheries Techniques*, L.A. Nielsen y D.L. Johnson (Editores). American Fisheries Society, Bethesda, p. 301-325.
- Joubert, C.S.W., 1981. Aspects of the biology of five species of inshore reef fishes on the Natal Coast, South Africa. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst.*, 51: 1-16.
- Joubert, C.S.W. y P.B. Hanekom, 1980. A study of feeding in some inshore reef of the Natal Coast, South Africa. *S. Afr. J. Zool.*, 15 (4): 262-274.

- Kaiser, H.F., 1974. An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39: 31-36.
- Kurita, Y., M. Sano y M. Shimizu, 1995. Reproductive cycle and body size and age at maturity of the hexagrammid fish *Hexagrammos agrammus* in Central Japan. *Fish. Sci.*, 61 (1): 1-6.
- Laevastu, T., 1980. *Manual de Métodos de Biología Pesquera*. Acribia, Zaragoza, 243 pp.
- Lagler, K.L., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R. May Passino, 1977. *Ichthyology*. John Wiley & Sons Publications, New York, p. 129-170.
- Libby, D.A., 1985. A comparison of scale and otolith aging methods for the alewife, *Alosa pseudoharengus*. *Fish. Bull.*, 83 (4): 696-701.
- Lissia-Frau, A.M., 1966. Ricerche sul differenziamento sessuale di *Boops salpa* (L.) (Teleostei, Sparidae). *Atti. Accad. Gioenia. Sci. Nat. 6 ser.*, 18: 165-174.
- Lissia-Frau, A.M., 1968. Le manifestazioni della sessualità negli Sparidii (Teleostei, Perciformes). *Studi Sassaresi*, 2: 19 pp.
- Lissia-Frau, A.M. y S. Casu, 1968. Il processo gonadogenetico in alcune specie di Sparidi (Teleostei, Perciformes). *Studi Sassaresi*, 1:23 pp.
- Lleonart, J., P. Sánchez y M. Guzmán, 1980. Análisis de algunos caracteres morfométricos en *Illex coindetii*. *Inv. Pesq.*, 44 (3): 445-459.
- 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.

- Lobel, P.S. y A.R. Robinson, 1986. Transport and entrapment of fish larvae by ocean mesoscale eddies and currents in hawaiian waters. *Deep-sea Res.*, 33 (4): 483-500.
- Lorenzo, J.M., 1992. *Crecimiento de la Caballa Scomber japonicus (Houttuyn, 1782) en Aguas del Archipiélago Canario*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 199 pp.
- Lozano y Rey, L., 1952. Peces fisoclistos. *Mems. R. Acad. Cienc. exact. fis. nat. Madrid*, 14: 613 pp.
- Lux, F.E., 1971. Age determination of fishes (revised). *NOAA Fish. Leaflet*, 637: 7 pp.
- Macpherson, E., 1994. Substrate utilisation in a Mediterranean littoral fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 114 (3): 211-218.
- Maillard, C. y R. Käse, 1989. The near surface flow in the subtropical gyre of the Azores. *J. Geophys. Res.*, 94: 16133-16140.
- Mann, B.Q. y C.D. Buxton, 1998. The reproductive biology of *Diplodus sargus capensis* and *D. cervinus hottentotus* (Sparidae) off the south-east Cape coast, South Africa. *Cybium*, 22 (1): 31-47.
- Margalef, R., 1981. *Ecología*. Omega S.A., Barcelona, 951 pp.
- Massutí, E., 1997. *Biology of Coryphaena hyppurus Linnaeus, 1758 (Pisces: Coryphaenidae) in Western Mediterranean*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Islas Baleares, 169 pp.
- Medina, L., 1995. *Análisis Multidisciplinar del Ecosistema Costero Insular, Balance Energético, Capa de Mezcla y Modelo Biológico*. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 334 pp.

- Michèle, M., 1972. Phénomènes d'atrésie ovarienne observés au cours de la différenciation sexuelle de la Saupe, *Boops salpa* Linné, Poisson Téléostéen (Sparidae). *C. R. Soc. Biol.*, 166: 906-908.
- Michèle, M., 1977. Contribution à l'étude histologique de la gonade, en particulier de l'ovarie, chez la Saupe, *Boops salpa* (L.) (Téléostéen, Sparidae). Données nouvelles sur son type d'hermafroditisme. *Inv. Pesq.*, 41 (1): 165-183.
- Michèle, M. y M. Lafaurie, 1974. Étude histologique de la gonade au cours de la différenciation sexuelle chez la Saupe, *Boops salpa* Linné (Poisson Téléostéen, Sparidae). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 99: 401-415.
- Molina, R. y F.L. Laatzén, 1986. Hidrología en la región comprendida entre las Islas Canarias orientales, Marruecos y las Islas Madeira. Campaña 'Norcanarias I'. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3 (3): 1-16.
- Molina, R. y F.L. Laatzén, 1989. Hidrología en la región canaria. Campaña 'Canarias I'. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5 (2): 71-86.
- Morales-Nin, B., 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteíctios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Téc. Inst. Inv. Pesq.*, 143: 30 pp.
- Morales-Nin, B. y S. Ralston, 1990. Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forsk.) in Hawaiian waters. *J. Fish Biol.*, 36: 191-203.
- Muñoz-Chapulí, R. y M. Blasco Ruiz, 1984. Tendencias generales del crecimiento relativo en escualos. *Inv. Pesq.*, 48 (2): 303-317.
- Naya, A., 1967. La meteorología y la pesca científica. *Inst. Nac. Meteorol. Serie A*, 47: 53 pp.

- Naya, A., 1982. *Intercambios de Calor entre el Océano y la Atmósfera y sus Consecuencias Pesqueras*. Tesis Doctoral, Universidad de Palma de Mallorca, 110 pp.
- Naya, A., 1983. *Meteorología Superior*. Espasa Calpe, Madrid, 546 pp.
- Nelson, J.J., 1994. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons Publications, New York, 600 pp.
- Nikolsky, G.V., 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London, 352 pp.
- Pajuelo, J.G., 1997. *La Pesquería Artesanal Canaria de Especies Demersales: Análisis y Ensayo de Dos Modelos de Evaluación*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 347 pp.
- Pajuelo, J.G. y J.M. Lorenzo, 1994. Parámetros biológicos del besugo *Pagellus acarne* (Pisces Sparidae) en Gran Canaria (Islas Canarias). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 10: 155-164.
- 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 the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae) off the Canary Islands, Central-east Atlantic. *Fish. Res.*, 28: 163-177.
- Pajuelo, J.G. y J.M. Lorenzo, 1998. Population biology of the common pandora *Pagellus erythrinus* (Pisces: Sparidae) off the Canary Islands. *Fish. Res.*, 36: 75-86.

- Pajuelo, J.G. y J.M. Lorenzo, 1999. Life history of black seabream, *Spondyllosoma cantharus*, off the Canary Islands, Central-east Atlantic. *Env. Biol. Fish.*, 54: 325-336.
- Pajuelo, J.G. y J.M. Lorenzo, 2000. Reproduction, age, growth and mortality of axillary seabream, *Pagellus acarne* (Sparidae), from the Canarian archipelago. *J. Appl. Ichthyol.*, 16 (2): 41-47.
- Pauly, D., 1991. Growth performance in fishes: Rigorous description of patterns as a basis for understanding causal mechanisms. *Aquabyte*, 4 (3): 3-6.
- Pauly, D. y J.L. Munro, 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrate. *Fishbyte*, 2: 21-23.
- Pereiro, J.A., 1982. Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 1: 255 pp.
- Pérez, N. y F.J. Pereiro, 1985. Aspectos de la reproducción de la merluza (*Merluccius merluccius* L.) de la plataforma gallega y cantábrica. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 2: 27-37.
- Planes, S., E. Macpherson, F. Biagi, A. García-Rubies, J. Harmelin, M. Harmelin-Vivien, J.Y. Jouvenel, L. Tunesi, L. Vigliola y R. Galzin, 1999. Spatio-temporal variability in growth of juvenile sparid fishes from Mediterranean littoral zone. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 79 (1): 137-143.
- Pollock, B.R., 1985. The reproductive cycle of yellowfin, *Acanthopagrus australis* (Gunther), with particular reference to protandrous sex inversion. *J. Fish Biol.*, 26: 301-311.
- Prager, M.H., S.B. Sayla y C.W. Recksiek, 1987. A microcomputer program for

- parameter estimation of nonlinear models in fishery science. *Old Dominion University Tech. Rep.*, 87 (10): 37 pp.
- Reinboth, R., 1962. Morphologische und funktionelle Zweigeschlechtlichkeit bei marinen Teleostiern (Serranidae, Sparidae, Centranchthidae, Labridae). *Zool. Jb. Physiol.*, 69 (4): 405-480.
- Reinboth, R., 1969. Intersexuality of fishes. En: *Hormones and Enviroment*, G.K. Benson y J.G. Phillips (Editores). University Press, Cambridge, p. 515-544.
- Ricker, W.E., 1979. Growth rates and models. En: *Fish Physiology. Vol. 8*, W.J. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett (Editores). Academic Press, New York, p. 677-743.
- Rodríguez-Roda, J., 1957. Crecimiento relativo del atún, *Thunnus thynnus* (L.), de Barbate (costa sudatlántica española). *Inv. Pesq.*, 9: 33-64.
- Rodríguez-Roda, J., 1982. Biología de la caballa (o estornino), *Scomber (Pneumatophorus) japonicus* Houttuyn (1782) del Golfo de Cádiz. *Inv. Pesq.*, 46 (1): 143-159.
- Rodríguez-Roda, J., 1983. La función alométrica aplicada al crecimiento diferencial en el atún, *Thunnus thynnus* (L.). Estudio de las poblaciones de atunes de ambas orillas del Atlántico norte y del Mediterráneo. *Inv. Pesq.*, 47 (2): 171-202.
- Rodríguez-Roda, J. y B. Andreu, 1973. Contribución al estudio de la biomatría de la albacora, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre), del Atlántico noroeste y sus zonas de pesca. *Inv. Pesq.*, 37 (3): 641-664.
- Rosecchi, E. y Y. Nouaze, 1987. Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Rev. Tran. Inst. Pêches marit.*, 49 (3-4): 111-123.

- Royce, W.F., 1984. *Introduction to the Practice of Fishery Science*. Academic Press, San Diego, 428 pp.
- Sachs, L., 1982. *Applied Statistics. A Handbook of Techniques*. Springer-Verlag, New York, 706 pp.
- Sadovy, Y. y D.Y. Shapiro, 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia*, 1987 (1): 136-156.
- Saila, S.B., C.W. Recksiek y H. Prager, 1988. Basic Fishery Science Programs. A compendium of Microcomputer Programs and Manual of Operation. *Develop. Aquat. Fish. Sci.*, 18: 1-230.
- Sánchez Lizaso, J.L. y A.A. Ramos Esplá, 1995. Incidencia de los herbívoros sobre la fanerógama marina *Posidonia oceanica* en la reserva marina de Tabarca, España. *Inv. Mar. CICIMAR*, 9 (2): 103-108.
- Sellami, A. y J. Bruslé, 1975. Contribution à l'étude de la sexualité de la saupe *Boops salpa* Linnaeus 1758 (Téléostéen Sparidae) des cotes de Tunisie. *Vie et Milieu, Ser. A.*, 25 (2): 261-275.
- Shapiro, D.Y., 1981. Behavioural changes of protogynous sex reversal in a coral reef laboratory. *Anim. Behav.*, 29: 1185-1198.
- Shapiro, D.Y., 1984. Sex reversal and sociodemographic process in coral reef fishes. En: *Fish Reproduction, Strategies and Tactics*, G.W. Potts y R.J. Woottom (Editores). Academic Press, London, p. 103-117.
- Shapiro, D.Y., 1987. Differentiation and evolution of sex change in fishes. *Bioscience*, 37: 490-497.



- Shung, S.H., 1973. The sexual activity of yellowfin tuna caught by the longline fishery in the Indian Ocean, based on the examination of ovaries. *Bull. Fan. Seas Res. Lab.*, 9: 123-142.
- Smale, M.J. y E. Punt, 1991. Age and growth of the red steenbras *Petrus rupestris* (Pisces: Sparidae) on the south-east coast of South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 10: 131-139.
- Smith, M.M. y P.C. Heemstra, 1986. *Smiths' Sea Fishes*. Macmillan, Johannesburg, 1047 pp.
- Stramma, L. y G. Siedler, 1988. Seasonal changes in the North Atlantic Subtropical gyre. *J. Geophys. Res.*, 93 (7): 8111-8118.
- Takashima, F. y T. Hibiya, 1995. Gonads. En: *An Atlas of Fish Histology. Normal and Pathological Features*, F. Takashima y T. Hibiya (Editores). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, p. 128-153.
- Tortonese, E., 1975. Osteichthyes (Pesci Osei) 2. En: *Fauna d'Italia*, 11. Colderini, Bologna, 636 pp.
- van der Walt, B.A. y A. Govender, 1996. Stock assessment of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the KwaZulu-Natal Coast, South Africa. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 17: 195-204.
- van der Walt, B.A. y L.E. Beckley, 1997. Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. *Fish. Res.*, 31: 241-248.
- van der Walt, B.A. y B.Q Mann, 1998. Aspects of the reproductive biology of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. *S. Afr. J. Zool.*, 33 (4): 241-248.

- Verlaque, M., 1990. Relations entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Teléostéen, Sparidae) les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal méditerranéen. *Oceanol. Acta*, 13 (3): 373-388.
- Warner, R.R. y R. Robertson, 1978. Sexual patterns in the labroid fishes of the western Caribbean: I. The wrasses (Labridae). *Smithson. Contrib. Zool.*, 254: 1-27.
- Whitfield, A.K., 1985. The role of zooplankton in the feeding ecology of fish from some southern African estuaries. *S. Afr. J. Zool.*, 20 (3): 166-171.
- Williams, T. y B.C. Bedford, 1974. The use of otoliths for age determination. En: *Ageing of Fish International Symposium*, T.B. Bagenal (Editor). UnwinBrothers Ltd, Londres, p. 114-123.
- Windell, J.T., 1971. Food analysis and rate of digestion. En: *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*, W.E. Ricker (Editor). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 215-226.
- Zar, J.H., 1968. Calculation and miscalculation of the allometric equation as a model in biological data. *Bioscience*, 18 (12): 1118-1120.

