



PARASITOFAUNA DEL SALMONETE DE ROCA  
(*Mullus surmuletus*) EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL:  
VARIABILIDAD ESPACIOTEMPORAL Y SU IMPLICACIÓN PESQUERA

TESIS DOCTORAL POR:  
**EUGENIA FERRER CASTELLÓ**

DIRECTORES:  
**FRANCISCO JAVIER AZNAR AVENDAÑO**  
**JUAN ANTONIO RAGA ESTEVE**

VALENCIA, OCTUBRE 2015

VNIVERSITAT (ò≈)  
ID VALÈNCIA  
Facultat de Ciències Biològiques  
PROGRAMA DE DOCTORADO DE BIODIVERSIDAD Y BIOLOGÍA EVOLUTIVA



VNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA



VNIVERSITAT (ò ≈)  
ED VALÈNCIA  
Facultat de Ciències Biològiques

INSTITUTO CAVANILLES DE BIODIVERSIDAD Y BIOLOGÍA EVOLUTIVA  
PROGRAMA DE DOCTORADO DE BIODIVERSIDAD Y BIOLOGÍA EVOLUTIVA (TITULACIÓN 632 119A)

**PARASITOFAUNA DEL SALMONETE DE ROCA (*Mullus surmuletus*) EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL:  
VARIABILIDAD ESPACIOTEMPORAL Y SU IMPLICACIÓN  
PESQUERA**

TESIS DOCTORAL POR:  
**EUGENIA FERRER CASTELLÓ**

DIRECTORES:  
**FRANCISCO JAVIER AZNAR AVENDAÑO  
JUAN ANTONIO RAGA ESTEVE**

Valencia, 2015



FRANCISCO JAVIER AZNAR AVENDAÑO, Profesor Titular del Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universitat de València, y

JUAN ANTONIO RAGA ESTEVE, Catedrático del Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universitat de València

CERTIFICAN: que Eugenia Ferrer Castelló ha realizado bajo nuestra dirección y con el mayor aprovechamiento el trabajo de investigación recogido en esta memoria, y que lleva por título: “Parasitofauna del salmonete de roca (*Mullus surmuletus*) en el Mediterráneo español: variabilidad espaciotemporal y su implicación pesquera”, para optar al grado de Doctora en Ciencias Biológicas.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente, expedimos el presente certificado en Paterna, en octubre de 2015.

Francisco Javier Aznar Avendaño

Juan Antonio Raga Esteve



*A la mejor madre del mundo,  
a mis iaños y a mi sol, Jose*



## AGRADECIMIENTOS

Ha sido un camino muy largo pero al final ha llegado a su fin, aunque en este camino no he estado sola, por eso quiero agradecer a todos/as por acompañarme y apoyarme todos estos años. Me gustaría daros las gracias y mencionaros a todos uno por uno, pero sois tantos que esto se puede hacer eterno, incluso hay gente que debería nombrarla dos o tres veces.

En primer lugar quiero agradecer a mis directores: A Juan Antonio Raga Esteve (Toni), por haber confiado en esta loquita que apareció un día por el departamento para colaborar, sin ti, nunca me hubieran dado una beca ni habría empezado una tesis doctoral, ni la habría acabado.

A Francisco Javier Aznar Avendaño (Javi) me has enseñado a pensar, me has encauzado, has estado conmigo desde el primer día hasta el último, sufriendo (lloros, estrés, bloqueos) y disfrutando de los buenos momentos de esta tesis tanto como yo, sabes que sin ti esto no hubiera sido posible.

También quiero agradecer a mis amigos/as compañeros de trabajo, que buenos ratos hemos pasado y que risas durante estos años: Merche muchas gracias por leer los primeros borradores de esta tesis cuando no tenías porque, se ve que te gustó y quieres repetir leyéndotela entera, eh?. Paquito, que te voy a decir que no sepas tú, me has enseñado a identificar los bichos rarunos de este pez y a ser precisa en las descripciones, eres una "machine" y además siempre dispuesto ayudar a todo el mundo, entre ellas, yo. A Juan Antonio siempre me has escuchado y me has ayudado con análisis estadísticos, entre ellos, las redes neurales y el programa R. A Carmen y Chati, mis mejores profesoras de la Universidad me habéis enseñado a ser curiosa y siempre me habéis dado ánimos y buenos consejos. Javi B, Pascual, Paquito y David a ver quién contaba el chiste más bestia en esas tardes eternas en el Cavanilles. Pascual que hubiera hecho sin tu ayuda y tus consejos informáticos. Y Vicky que siempre has estado ahí en mis dos facetas de doctoranda y de opositora, que grandes charlas no hemos pegado y de que gran ayuda me han servido.

Aneta Kostadinova gracias por haberme enseñado a trabajar con peces y parásitos, a ser constante y a identificar y trabajar con parásitos. A Astrid por ser tan clara y meterme caña para acabar la tesis, a Carlos el Canario por su simpatía, y alegría. A mi Patri, que mapas más bonitos me has conseguido para la tesis y cuanto apoyo y ánimo me has dado, y siempre intentando meterme en las salidas de campo que sabes que me encantaban. Igual que mi Isa, siempre un buen consejo, siempre ayudando y siempre en todo, que suerte haberos conocido a las dos. Vicent, el químico, programador informático y cocinillas, que bien nos has tratado estos años a todos, y que ayuda indispensable me has proporcionado con los programas que has creado solo para mí.

A mis amigas de fatigas con la tesis anda que no nos hemos echado unas buenas risas aunque también hemos compartido nuestros momentos de agobio y por supuesto, ese olor a pescado que nos caracteriza; Celia (me enseñaste a necropsiar y a

censar en nuestros viajes en barco), Barbi (rubiaaaaaa), Diana y Amaia, aunque estéis lejos ahora, siempre estuvisteis ahí en los momentos que os necesite. Aigüetes, Anita Ahuir, Isa B., Neus, Ana P. y las demás de arriba y las que mencionaré abajo, las pescaderas mayores del reino, pues no habremos abierto peces en estos años, compartido lupas, pinzas, etc., y lo mejor, vuestra compañía en todo momento cada una con vuestras virtudes. Que os voy a contar que no sepáis, si siempre habéis estado ahí en lo bueno y en lo malo, ¿verdad? Y, ahora, todas ya sois doctoras. Y también a mis compañeros chicos, Jesús (el mejicano), Jesús Tomás, ya hace mucho que nos conocemos y siempre os habéis interesado por cómo me iba, y a los nuevos: Margaaaaaa, mi detective preferida, y gracias por tu ayuda con los “bichis”, jejeje, Raúl, tú siempre ayudándome, Abril y Mar, siempre con una sonrisa, a los atuneros, Maria, Javi, Jose y a los tortugeros: Ohiana, gracias por tus consejos, Francesc, siento mucho haberte fastidiado juego de tronos jejeje, y, a los dos, con Gabi y Jaime gracias por ser tan silenciosos en el laboratorio.

Y, sobre todo a mis salmoneteras/os, estos voluntari@s que venían por amor al arte o me ayudaron en algún momento a diseccionar y contar parásitos, y que venían y me alegraban el día: M<sup>a</sup> Jose, Alejandra, Ana Darós, Eva, Óscar Sanisidro, Javi G., Daniel, Tamara (mi cubana), Bea, Mar, Merche 3, Íñigo, Irene la italiana y Jessica. Y Gema y Ana B., que han compartido horas conmigo y los salmonetes y que ahora son doctoras y seguro que conseguirán todo lo que se propongan. A Óscar también le quiero agradecer sus fantásticos dibujos de monogeneos.

Lukinhas y Silvinha (vecinos del piso de abajo) también me habéis soportado estos años de tesis, y me habéis alegrado en todo momento, nunca una mala palabra ni un mal gesto. Lo mismo que nuestros visitantes italianos: Giulia, Chiara, Salvatore.

A David Gibson, Rodney Bray, Tim Littlewood, Andrea, Peter, Ting-Bao, y Boyko Georgiev todos los compañeros del Natural History Museum de Londres por su ayuda y apoyo cuando estuve de estancia. Gracias por todo el material prestado, bibliografía, ideas, consejos que me disteis, y en especial, a Boyko por ofrecerme un alojamiento, y cuidar de mí.

A Lassad Neifard, su mujer Lotvna, Manel, Hela, y todos los integrantes de la Universidad de Sfax en Túnez que nos trataron como si fuéramos parte de su familia, llevándonos a su casa y trabajando codo con codo con nosotros.

A los pescadores de Barcelona (Paco), Burriana (Jose), Santa Pola (Estebán), Roquetas de Mar (Antonio) y Fuengirola (Jose Aurelio) que me proporcionaron todo el pescado y en unas fantásticas condiciones.

A mis palomaaaaaaaaaaaaas y palomooooooooooooos: Marta, Nuri, Vir, Angi, Ana Himan, Ana, Mari, Vane Laura, Tonika, Migue desde el colegio/instituto hasta que nos muramos. A Paloma Gomís y Yolanda Melero (mis amigas de la universidad). Tod@s mis amig@s siempre escuchándome, dándome consejos y dándome ánimos para que acabara la tesis. Algunos me prometisteis venir disfrazados de algo, de verdad, no hace falta, por favor. Os quiero mucho, aunque este último año casi no nos hemos visto por mi aventura tejana, y por acabar esto.

A mis amigos/as que conocí en Francia: Ángela (alma gemela), María (la matemática más guapa y ocurrente), Saruki (sol), Irene (la oceanógrafa más intrépida), Muchos MAUUUUUS!!! y los portugueses: Shana, Ruy, Phillipe y Zef, que buenos momentos pasamos todos en el laboratorio, jugando al palo, y en las calles de Montpellier. Quiero agradecer a Serge Morand por todo su apoyo cuando estuve trabajando allí, y por su paciencia para explicarme la ecología de parásitos.

A mis compañeras de la Universidad de Zoología Marina y Biología Funcional que han estado conmigo estos últimos meses tan importantes, y que siempre me han ayudado en todo lo que han podido, facilitándome el trabajo y alegrándome el día con las anécdotas que cada día nos pasaban. Gracias Amparo, Bea, Dori, Consuelo, Pilar, Isabel y Pepa por facilitarme la transición entre EEUU y España. Un beso a todas.

A mi Gema Mora, M<sup>a</sup> del Mar, Irene, Pineda, Rosario, Ana Casas, Antonio, Fernando, Paloma y a todos en general, por ser compañeros allá en el lejano sureste de Texas. Muchos besos y que os vaya bonito.

Y no me puedo olvidar de mi familia, mamá y Adolfo, sin vosotros que habéis venido por mí a altas horas de la noche cuando no tenía coche, que me dejasteis el vuestro, que me ayudasteis con la tesis en todo lo que pudisteis, y que me apoyasteis dándome siempre vuestra sincera opinión y que sólo saber que estáis siempre ahí ya es algo impagable. ¡¡¡¡Os quiero mucho!!!. A mi hermana María, que siempre ha intentado ayudarme en todo lo que ha podido, y con la que he compartido los años más bonitos de mi vida y las experiencias más importantes, siempre has sido como mi segunda madre, y por eso, te quiero. A mi sobrino, Arnau que lo he visto crecer y ahora lo tengo abandonado y lo echo de menos. A mi padre que me ha ayudado en todos los trámites administrativos que son su especialidad. A mi abuela "Visantica", te quiero iaia, eres la mejor abuela del mundo, me encantan tus historias, tus cuentos y tu compañía. A mis abuelos Jesús, Jesús Ferrer no llegue a conocerte mucho pero todo lo que recuerdo de ti es excepcional y recuerdo que me querías mucho, y a mi iaio Jesús, me enseñó matemáticas, a jugar y contar las cartas, a ejercitar la memoria, a ser buena estudiante y a ser una buena persona, reflejo de todo lo que era él, aunque no esté entre nosotros, ha dejado una gran huella, en sus hijas/o, nietas y sobrinos/a para los que fue como un padre y abuelo. Él siempre decía: "El que mès m'agrada és que vos pareixeu més a mí que a ella". A mis primos y primas Héctor, Amador, a mi plimi Jùlia, y a mi tata Carla, a mi tía Xelo y mi tío Eduardo que siempre han estado ahí para ayudar a mi madre, a mi hermana y a mí. Y a mi tía Vicenta y mi tío Pepe, que como buenos profesores me marcaron unas pautas de estudio y se interesaron por mis estudios y mi tesis. Gracias a todos por esas comidas y cenas familiares que nunca olvidaré.

A mi amor, y a mi compañero desde hace muchos años, mi Jose, cruzaste medio mundo por mí, subiste en avión que te da pavor, siempre has estado ahí, alegrándome los días, compartiendo los buenos y malos momentos, siempre tan compresivo por el poco caso que te he hecho en estos últimos meses y, en general, cuando trabajo con la tesis, ahora ya se acabó, por fin. A mi segunda familia, Jose, siempre pendiente de tu

hijo y de mí, Paqui eres como una madre para mí, y Ana aprende inglés yaaaaa, es broma, te necesitaré para el día de la lectura, no voy a saber qué ponerme. Y gracias, en general, a toda la familia del Pozo, y Hidalgo, por los buenos momentos que pasamos juntos en familia.

A José Rafa García March por las fotos de los salmonetes de la portada. La foto de la contraportada es una postal de ediciones Mirontaine, que fue comprada en Sète (Francia). Y, por último, pero no por ello menos importante, a Fran gracias por tu tiempo para acabar y darle a forma a esta tesis tan bonita. Por favor, si me he dejado a alguien que no se sienta ofendido, habrán sido las prisas de última hora, pero agradezco a todo el mundo que me ha ayudado en algún momento de todos estos años. Sinceramente, GRACIAS.

Este trabajo ha sido posible gracias a una beca F.P.U. concedida por el Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España y a los proyectos:

1. Identificación de stocks y trazabilidad de capturas de salmonete de roca, *Mullus surmuletus*, en el Mediterráneo español mediante marcadores parasitológicos y morfométricos (UV-AE-20070202).
2. "Les parasites bioindicateurs des populations de poissons d'interet comercial" (A/6543/06).
3. Parásitos como indicadores de trazabilidad de la caballa, *Scomber scombrus*, en aguas españolas (REN2003-01758 / MAR).





# ÍNDICE

<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>25</b>
1.1 EL MAR MEDITERRÁNEO	27
1.2 LA ACTIVIDAD PESQUERA EN EL MEDITERRÁNEO	28
1.3 ESTADO DE LOS RECURSOS PESQUEROS EN EL MEDITERRÁNEO	29
1.4 LA ESPECIFICIDAD DEL MEDITERRÁNEO: GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PESCA MEDITERRÁNEA	30
1.5 REGULACIÓN ACTUAL	32
1.6 IMPORTANCIA DEL STOCK	33
1.7 MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE STOCKS: EL USO DE PARÁSITO COMO MARCADORES	36
1.8 TRAZABILIDAD: UN ENFOQUE COMPLEMENTARIO MÁS RECIENTE	38
1.9 LA ESPECIE OBJETIVO: EL SALMONETE DE ROCA ( <i>MULLUS SURMULETUS</i> )	39
1.10 ESTUDIOS PREVIOS SOBRE EL SALMONETE DE ROCA	43
1.11 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	44
REFERENCIAS	45
<b>OBJETIVOS</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES</b>	<b>57</b>
2.1 DISEÑO MUESTRAL	59
2.2 LOCALIDADES DE ESTUDIO	60
BARCELONA	63
BURRIANA	64
SANTA POLA	65
ROQUETAS DE MAR	66
FUENGIROLA	67
SFAX Y ZARZIS	68
2.3 RECOLECCIÓN Y PROCESADO DE LOS PARÁSITOS	68
2.4 TERMINOLOGÍA EMPLEADA	69
REFERENCIAS	70

<b>3.1 FILO PLATYHELMINTES</b>	<b>75</b>
<b>3.1.1 CLASE TREMATODA RUDOLPHI, 1808: SUBCLASE DIGENEA CARUS, 1863</b>	<b>75</b>
FAMILIA OPECOELIDAE OZAKI, 1925	76
3.1.1.1 <i>PORACANTHIUM FURCATUM</i>	76
3.1.1.2 <i>OPECOELOIDES FURCATUS</i>	78
FAMILIA MONORCHIIDAE ODHNER, 1911	81
3.1.1.3 <i>LASIOTOCUS MULLI</i>	81
3.1.1.4 <i>PROCTOTREMA BACILLIOVATUM</i>	83
3.1.1.5 <i>TIMONIA MEDITERRANEA</i>	85
FAMILIA FELLODISTOMIDAE NICOLL, 1909	87
3.1.1.6 <i>PROCTOECES MACULATUS</i>	87
FAMILIA DEROGENIDAE NICOLL, 1910	90
3.1.1.7 <i>DEROGENES LATUS</i>	90
3.1.1.8 <i>DEROGENES VARICUS</i>	92
FAMILIA HEMIURIDAE (LOOSS, 1899) LÜHE, 1901	94
3.1.1.9 <i>LECITHOCLADIUM EXCISUM</i>	94
3.1.1.10 <i>LECITHOCHIRIUM RUFOVIRIDE</i>	96
FAMILIA LECITHASTERIDAE ODHNER, 1905	98
3.1.1.11 <i>LECITHASTER CONFUSUS</i>	98
3.1.1.12 <i>APONURUS MULLI</i>	100
FAMILIA CRYPTOAGONIMIDAE WARD, 1917	102
3.1.1.12 <i>APHALLUS TUBARIUM (METACERCARIA)</i>	102
FAMILIA BUCEPHALIDAE POCHE, 1907	104
3.1.1.13 <i>PROSORHYNCHUS CRUCIBULUM (METACERCARIA)</i>	104
FAMILIA DIDYMOZOIDEA POCHE, 1907	106
3.1.1.14 <i>DIDYMOZOIDEAE LARVA</i>	106
FAMILIA ACANTHOCOLPIDAE LÜHE, 1906	108
3.1.1.15 <i>STEPHANOSTOMUM SP. (METACERCARIA)</i>	108
<b>3.1.2 CLASE MONOGENEA VAN BENEDEEN, 1858</b>	<b>112</b>
FAMILIA CAPSALIDAE BAIRD, 1853	113
3.1.2.1 <i>ENCOTYLLABE CF. VALLEI</i>	113
FAMILIA DACTYLOGIRIDAE BYCHOWSKY, 1933	115
3.1.2.2 <i>CALCEOSTOMELLA CF. INERMIS</i>	115
3.1.2.3 <i>DIPLECTANOTREMA SP.</i>	117
<b>3.1.3 CLASE CESTODA CARUS, 1885 SUBCLASE EUCESTODA</b>	<b>119</b>
3.1.3.1 FAMILIA TENTACULARIIDAE POCHE, 1926	120
3.1.3.2 <i>TETRAPHYLLIDEA GEN. SP. (PLEROCERCOIDE)</i>	122
<b>FAMILIA BOTHRIOCEPHALIDAE BLANCHARD, 1849</b>	<b>123</b>
<b>3.2 FILO NEMATODA</b>	<b>125</b>
<b>3.2.1 CLASE ENOPLA INGLIS, 1983</b>	<b>126</b>
FAMILIA CAPILLARIIDAE	126
3.2.1.1. <i>CAPILLARIA (NEOCAPILLARIA) SP.</i>	126
<b>3.2.2. CLASE RHABDITEA INGLIS, 1983</b>	<b>128</b>
FAMILIA ANISAKIDAE RAILLIET, 1915	128
3.2.2.1. <i>HYSTEROETHYLACIUM FABRI Y H. ADUNCUM</i>	128

FAMILIA CUCULLANIDAE COBBOLD, 1864	132
3.2.2.2. <i>CUCULLANUS LONGICOLLIS</i>	132
FAMILIA CYSTIDICOLIDAE SKRJABIN, 1946	134
3.2.2.3. <i>ASCAROPHIS VALENTINA N. SP.</i>	134
<b>3.3 FILO ACANTHOCEPHALA</b>	<b>135</b>
<b>3.3.1 CLASE PALAEACANTHOCEPHALA MEYER, 1931</b>	<b>137</b>
FAMILIA ARHYTHMACANTHIDAE	137
3.3.1.1. <i>BREIZACANTHUS IRENAE</i>	137
<b>3.4 FILO ARTHROPODA</b>	<b>139</b>
<b>3.4.1 CLASE MAXILLOPODA DAHL, 1956</b>	<b>140</b>
FAMILIA PHILICHTYDAE VOGT, 1877	140
3.4.1.1. <i>COLOBOMATUS STEENSTRUPI</i>	140
FAMILIA BOMOLOCHIDAE SUMPFF, 1871	142
3.4.1.2. <i>PSEUDOEUCANTHUS SP.</i>	142
3.4.1.3. <i>LERNAEOLOPHUS SULTANUS</i>	144
FAMILIA HATSCHEKIIDAE KABATA, 1979	146
3.4.1.4. <i>HATSCHEKIA MULLI</i>	146
FAMILIA CALIGIDAE BURMEISTER, 1835	148
3.4.1.5. <i>CALIGUS SP.</i>	148
<b>3.4.2. CLASE MALACOSTRACA LATREILLE, 1802</b>	<b>150</b>
FAMILIA GNATHIIDAE LEACH, 1814	150
3.4.2.1. <i>GNATHIA SP.</i>	150
FAMILIA CYMOTHOIDAE LEACH, 1814	152
3.4.2.2. <i>ANILOCRA FRONTALIS</i>	152
<b>REFERENCIAS</b>	<b>156</b>
<b>CAPÍTULO 4. UNA NUEVA ESPECIE DE <i>ASCAROPHIS</i> (NEMATODA) DEL SALMONETE DE ROCA EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL</b>	<b>165</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>167</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>167</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>168</b>
<b>RESUMEN TAXONÓMICO</b>	<b>170</b>
<b>COMENTARIOS</b>	<b>170</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>176</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>180</b>
<b>CAPÍTULO 5. VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE <i>APONURUS MULLI</i> (DIGENEA): IMPLICACIONES TAXONÓMICAS</b>	<b>183</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>185</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>186</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>190</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>195</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>198</b>

<b>CAPÍTULO 6. PATRONES DE DIVERSIDAD EN DIGENEO DEL SALMONETE DE ROCA EN EL MEDITERRÁNEO: UNA COMPARACIÓN BIOGEOGRÁFICA</b>	<b>203</b>
INTRODUCCIÓN	205
MATERIALES Y MÉTODOS	206
RESULTADOS	209
DISCUSIÓN	213
REFERENCIAS	219
<b>CAPÍTULO 7. PARÁSITOS COMO MARCADORES Y PROBLEMAS DE PSEUDORREPLICACIÓN: EL CASO DEL SALMONETE DE ROCA</b>	<b>225</b>
INTRODUCCIÓN	227
MATERIALES Y MÉTODOS	228
RESULTADOS	230
DISCUSIÓN	236
REFERENCIAS	238
<b>CAPÍTULO 8. PARÁSITOS COMO MARCADORES DE STOCKS DE SALMONETE DE ROCA A DIFERENTES ESCALAS ESPACIALES</b>	<b>243</b>
INTRODUCCIÓN	245
MATERIAL Y MÉTODOS	247
DISCUSIÓN	263
REFERENCIAS	269
<b>CAPÍTULO 9. TRAZABILIDAD ESPACIOTEMPORAL DEL SALMONETE DE ROCA MEDIANTE SUS PARÁSITOS</b>	<b>277</b>
INTRODUCCIÓN	279
MATERIALES Y MÉTODOS	280
RESULTADOS	283
DISCUSIÓN	290
REFERENCIAS	292
<b>CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES</b>	<b>295</b>
CONCLUSIONES	297





# **Abstract**



An investigation on the fauna of metazoan parasites of the striped red mullet, *Mullus surmuletus*, in the Spanish Mediterranean has been carried out. It represents the most detailed parasitological study of this species in this region to date. Our research focuses on the advantages and limitations of the use of parasites as population tags, and as a tool to trace the origin (spatial and temporal) of captures of striped red mullet. The main goal is to provide useful, yet critical evidence to achieve a sustainable management of this overexploited fish species.

Overall, we analyzed 1024 fish during the period 2003-2006: 1000 fish were collected from 5 localities of the Spanish Mediterranean (from north to south: Barcelona, Burriana, Santa Pola, Roquetas de Mar and Fuengirola), and 100 from 2 Tusinian localities, i.e., Sfax y Zarzis. In addition, a total of 104 fish was also collected for validation of predictive models, including fish from other localities from Mediterranean (Palamós, Peñíscola, Valencia) and Atlantic (Barbate) localities, as well as fish from the 5 main Spanish localities of the study that were larger or smaller than those used to build the predictive models.

This thesis is divided into 3 main sections:

1. A taxonomic section, in which parasite taxa are identified and described in detail, or eventually classified as new species. This long section is necessary to reliably perform research on parasites as biological tags.
2. An ecological (biogeographical) section in which diversity patterns of parasites from striped red mullets are examined at a large geographical scale (the whole Mediterranean Sea). This analysis allows a better understanding of the processes that generate patterns of diversity (e.g., species' turnover) and abundance at smaller spatial scales.
3. A section about the use of parasites as biological tags, in which we firstly investigate the validity of some implicit assumptions usually adopted in studies about the use of parasites to discriminate stocks and traceability of fish. Then, we investigate the use of parasites for both stock discrimination and traceability in the case of red-striped mullet at several spatial scales and between different seasons.

Regarding the description of the **parasite fauna of striped red mullets**, all analyzed fish harbored parasites. A total of 36 parasites species was found, with a mean of 12 taxa per fish. The distribution of taxa per taxonomic group was as follows: 16 species of digeneans, 3 monogeneans, 5 cestodes, 1 acanthocephalan, 5 nematodes, 4 copepods and 2 isopods. One nematode species, *Ascarophis valentina*, was new to science. Thirteen species were new records for the striped red mullets, including *Lecithochirium rufoviride*, *Lecithaster confusus*, *Aphallus tubarium* and the larval form of the type *Allomonilicaecum*

(Digenea); *Encotyllabe vallei* and *Calceostomella inermis* (Monogenea); *Kotorella* sp. and *Scolex pleuronectis* (Cestoda); *Capillaria* (*Neocapillaria*) (Nematoda); *Pseudoeucanthus* sp., *Lernaelophus sultanus* and *Caligus* sp. (Copepoda); *Anilocra frontalis* (Isopoda). Twelve taxa were found in >50% of fish (in decreasing order): *Aphallus tubarium*, *Opecoeloides furcatus*, *Hysterothylacium* sp., *Prosorhynchus crucibulum*, *Gnathia* sp. *Poracanthium furcatum*, *Lasiotocus mulli*, *Ascarophis valentina*, *Hatschekia mulli*, *Proctotrema bacillovatum*, *Aponurus mulli* and Tentaculariidae spp. Seventeen species could be regarded as rare or accidental, with a maximum prevalence of 7%. The striped red mullet was definitive host for most parasite taxa; only 8 species were found as larvae. In the latter, striped red mullet could act as intermediate hosts except for *Gnathia* sp. which has a monoxenous life cycle. Ten parasite species were specific to members of the family Mullidae or *M. surmuletus*; the remaining generalist species have been reported in other fish.

*Ascarophis valentina* n. sp. was described, using both light microscopy and SEM, based on material obtained from 216 striped red mullets collected from the coast of Valencia. Diagnostic characters include left spicule length of males (440  $\mu$ m) and morphology of eggs, which bear 2 long, thick filaments that stem from a single polar knob. The new species resembles *Ascarophis capelanus*, which also has a single polar knob with 2 filaments, but *A. valentina* exhibits a larger body size, a longer esophagus (but relatively shorter compared to body length), a posterior vulvar placement and a longer left spicule. The new species also exhibits significant morphological differences with 3 congeneric species, i.e. *A. mullusi*, *A. upenei* y *A. parupenei*, previously reported in species of the family Mullidae. This study also provided a revision of the genus *Ascarophis*, in which valid species were grouped according to egg morphology and the length of left spicule of males.

A second taxonomic issue concerned the systematics of species of the genus *Aponurus*, which has traditionally been based on morphological, specially morphometric, criteria. However, studies have seldom examined the potential influence of geographical locality and host individual on worms' morphology. We examined the influence of these two factors on the **morphometrical variability of *Aponurus mulli***, a recently described species with a morphology similar to the widespread digenean of fish *A. laguncula*. In particular, we investigated the amount of variability of 17 morphometric traits associated to (1) the host individual, based on individuals of *A. mulli* from striped red mullets that were collected from a single locality (Burriana), and (2) between specimens of *A. mulli* collected from striped red mullets from 3 localities 300-600 km apart, i.e. Barcelona, Burriana y Santa Pola. Given the morphological similarity between *A. mulli* and *A. laguncula*, we also compared specimens from both species. Material from *A. laguncula* was obtained from museums and included samples from a many geographical regions all over the world. A PERMANOVA analysis revealed highly significant effects, not only of locality, but also of host individual, on the morphology of *A. mulli*. Such effects could not be attributed to crowding. Accordingly, extreme care should exerted when using morphometric traits to erect species within the genus *Aponurus*, and the potential effect of confounding variables such as host individual and locality should always be controlled for. A MANOVA revealed morphometric differences between specimens of *A. mulli* and those from two samples of *A. laguncula* with enough sample size. However, similar differences were also found in the comparison between the two later samples. Furthermore, a

Principal Component Analysis (PCA) showed that (1) specimens of *A. mulli* could not be distinguished from some specimens identified as *A. laguncula* from Australia, and (2) samples of *A. laguncula* (including autotypes) were segregated only along the first PCA axis (i.e., multivariate size) depending on host species and/or locality. It is likely that *A. laguncula* represents a species-complex, as it has been reported for other digeneans. Our results also stress the need to include molecular data in species' characterization.

The parasitological survey of the striped red mullets in the study area was completed with a **biogeographical comparison** of the parasite fauna in the Mediterranean Sea aimed at examining longitudinal patterns of diversity and composition. We selected digeneans because this is a species-rich group in striped red mullets that has been studied extensively. Our working hypothesis was that a western-eastern gradient of decreasing diversity of digeneans should show up because it also occurs in most groups of marine free-living organisms in the Mediterranean. Analyses were based on parasite data at infracommunity and component community levels that were obtained from this study and from published parasitological surveys of striped red mullets in the Mediterranean. Results indicated that species richness (controlled for sampling effort) was significantly higher in the western and central basins than in the eastern basin; species' composition was also different. This pattern held at both infracommunity and component community levels, and for specialist and generalist parasites. Apparently, both historical (the Messinian Salinity Crisis) and ecological (differences in primary productivity) factors favored higher diversity and abundance of organisms in the western Mediterranean. This would have positively influence a successful completion of the life cycle of digeneans of mullets as well as higher transmission rates in this region. To our knowledge, this is the first large-scale biogeographic analysis on parasite in the Mediterranean.

In the next chapter, we examined the requisites for a suitable use of parasites as population markers of striped red mullets. Many studies that have used parasites in this context rely on single samples per locality to identify stocks or predict the locality of capture. However, the lack of sampling replication within localities results in a form of **pseudoreplication** (i.e., no replication). In essence, many studies implicitly assume that infection levels in samples of fish from the same locality are less variable than in samples from different localities. We investigated this issue in the case of striped red mullet. We sampled 25 fish of comparable size in 3 localities ca. 300 km apart (Barcelona, Burriana and Santa Pola) in the summer and fall of two consecutive years (i.e., 4 samples per locality). Prevalence and abundance of 3 long-lived (> 1 yr) parasite taxa significantly differed between localities, suggesting their potential to discriminate stocks. However, hierarchical cluster analysis (for prevalence) and MANOVA (for ranked abundance data) indicated strong intra-locality variability of fish samples, with no consistent segregation of samples according to locality. A Discriminant Analysis (DA) based on log<sub>10</sub>-transformed abundance of 17 parasite taxa correctly assigned over 80% of fish to their locality, and the narrow 95% CIs of classification suggested that predictive ability was stable. However, when a DA based on data from the first year was used to predict the locality of fish from the second year, the predictive power fell down drastically (46% of success). In summary, our results suggest that the parasite communities of striped red mullets change at a smaller spatial scale than that implicitly assumed in the inter-locality comparison and, therefore,

inferences drawn from a single round of sampling could have been misleading. This finding emphasizes the need for proper sampling replication in studies about fish stock structure based on parasitological data.

In the next chapter, we explored the use of parasites as a tool for **stock discrimination** of striped red mullets. Results from this study could assist in identifying ecological stocks, an essential concept to design plans for a sustainable management of this fish species. Seasonal sampling of 25 fish of comparable size was carried out in 5 localities from the Spanish Mediterranean (Barcelona, Burriana, Santa Pola, Roquetas de Mar and Fuengirola) in two consecutive years (total  $n= 1000$  fish). This was considered the 'mesoscale' study. Within each locality, there was high inter-sample heterogeneity that could not be accounted for by congruent seasonal changes. To understand the reasons for such heterogeneity we also compared parasite communities of fish from the Spanish Mediterranean with those ( $n= 100$ ) from two Tunisian localities, Sfax and Zarzis, which are separated from Spain by  $>1000$  km; this was considered the 'macroscale' study. Likewise, we compared the parasite fauna of striped red mullets ( $n= 76$ ) that had been collected during the same day by 4 boats operating, on average, 20 km away from each other; this was the 'microscale' study. At 'mesoscale', PERMANOVA and ANOSIM analyses based on infection parameters of 4 long-lived parasite taxa confirmed highly significant differences between localities, and among samples within localities. At 'macroscale', a Discriminant Analysis (DA) correctly assigned 92.4% of fish to country; note, however, that only 29% of fish were correctly assigned to Tunisia. The percent success dropped when assigning fish to locality (47.3%), and even more to sample (16.1%). A LOESS analysis, along with a permutational lineal regression, revealed a slight, but significant decreasing trend of similarity with geographical distance. Also, the average similarity of samples from the same locality declined when spatial heterogeneity (especially of rocky substrates) in the fishing area increased. At 'microscale', PERMANOVA and Kruskal-Wallis tests showed that infection parameters differed significantly in striped red mullets collected from boats  $>13$ km apart. Overall, our results suggest that there is significant spatial structure of parasite fauna of striped red mullets at macro-, meso- and microscale. Microscale differences appear to result from strong sedentarity of mullets when they are recruited to the benthic phase. Differences of parasite transmission in a matter of dozens of km could be linked to high turnover of intermediate hosts at this small scale. The geographical signal observed at larger spatial scales (meso- and macroscales) seem to be related to autocorrelation effects, including pure autocorrelation and induced spatial dependence. In summary, our study strongly suggests how the studies of stock discrimination based on parasitological could benefit from analyzing the variability of infection parameters at several spatial scales. Furthermore, our study also offers clues to achieve a better management of striped red mullets. According to our results, each fishing locality contain fish population segments that are markedly sedentary. Therefore, it is unclear how local depletion could affect fishery dynamics. The key question is to ascertain how the pelagic phases of mullets (or other fish with similar life cycles) disperse. In particular, it is peremptory to know how, and where, benthic individuals are recruited if management is to be improved.

In the last chapter, we addressed the use of parasite for traceability of striped red mullets. Successful traceability occurs when, based on parasitological data, it is possible to accurately predict the locality and season of fishing for any given sample of fish with unknown or doubtful spatial / temporal origin. This goal is of paramount importance to control illegal fishing and to provide safety to consumers. Specifically, in this study we analyzed the extent to which parasites were suitable to make good spatial predictions (using 5 localities from the Spanish Mediterranean as a test –see above) and/or temporal predictions (using the four seasons of capture). We performed Discriminant Analyses (DA) with raw and  $\log_{10}$ -transformed values of parasite abundance of 1000 fish using two methods: (1) *prediction without a sample, i.e.*, we attempted to predict the locality and/or season of a fish sample from a locality (n= 25) based on an AD built with the remaining samples; (2) *random prediction, i.e.*, we attempted to predict the locality and/or season of a fish sample (n= 24) composed of randomly selected fish from samples of all localities, based on an AD built with the remaining fish. The success in predicting the locality of capture ranged from 40% to 78% (*prediction without a sample*), and from 45% to 83% (*random prediction*). Prediction success was markedly lower for season in both analyses (3% - 26%). On the other hand, we used typicality analysis based on Mahalanobis distance to test whether fish collected from Tunisia (n= 100) were recognized as something “different” from the Spanish samples. Unfortunately, only 9 out of 100 fish from Tunisia were identified as being of different origin than the Spanish samples; the remaining were assigned to a Spanish locality (Fuengirola). Finally, we tested the predictive model using parasite data from “blinded” samples (total n= 104), including fish from other Spanish localities (Palamós, Peníscola, Valencia y Barbate) as well as fish from Barcelona y Burriana whose body size was out of the range used to build the predictive model. About a half of fish of these “blinded” samples was misclassified as belonging to the nearest locality. Overall, our results indicate that parasites are not a reliable tool to trace the spatial-temporal origin of samples of striped red mullets due to the high variability observed among local samples. Even at component community level, the parasite fauna of striped red mullets is too homogeneous in the western Mediterranean, thus hampering its use to solve fishing conflicts between neighboring countries. To our knowledge, this is the first time that a study intends to predict the origin of fish captures at several spatial scales, namely *ca.* 300 km and *ca.* 1500 km, and the first time that parasite are used to predict the season of capture.



# **Resumen**



En el presente trabajo se ha realizado un estudio de la fauna de metazoos parásitos del salmonete de roca, *Mullus surmuletus*, en el Mediterráneo español. Se trata del estudio más detallado y completo hasta la fecha sobre los parásitos de este teleósteo en esta región. Además, en este trabajo investigamos las ventajas y limitaciones del uso de los parásitos como marcadores poblacionales y como herramientas para trazar el origen de las capturas de salmonete de roca con el fin de ayudar a gestionar y manejar esta especie que actualmente se encuentra sobreexplotada. Para ello se analizaron 1204 peces durante el período 2003-2006: 1000 procedentes de 5 puertos del Mediterráneo español (de norte a sur: Barcelona, Burriana, Santa Pola, Roquetas de Mar y Fuengirola) y 100 de 2 localidades de la costa tunecina (de norte a sur: Sfax y Zarzis); además, para realizar pruebas de validación se muestrearon 104 individuos de otras localidades de la costa española (de norte a sur: Palamós, Peñíscola, Valencia), incluyendo una localidad del Océano Atlántico (Barbate), así como peces de las 5 localidades principales del estudio, pero cuyo tamaño corporal se encontraba fuera del rango de los 1000 seleccionados para el estudio principal.

Esta tesis se divide en 3 grandes apartados:

1. Un apartado taxonómico, donde se describe en detalle o se clasifica la parasitofauna encontrada. Este extenso apartado se justifica porque, para investigar el uso de los parásitos como marcadores, se necesita primero *identificar de forma crítica*, o eventualmente *clasificar*, las especies de parásitos hasta el nivel taxonómico más bajo posible.
2. Un apartado ecológico (biogeográfico), donde se examinan *patrones de diversidad parasitaria del salmonete a gran escala geográfica* (todo el Mediterráneo), que sirven de base para comprender la variación espacial a escalas más pequeñas. De este modo se puede entender mejor los procesos que generan diferencias de diversidad y sustitución (*turnover*) de especies de parásitos, lo que ayuda a definir más críticamente el uso de éstos como marcadores.
3. Un apartado de uso de parásitos como marcadores, donde se investiga la *validez* de los principios en que se basa el uso habitual de los parásitos en la identificación y discriminación de stocks y en la trazabilidad pesquera a meso y microescala. Este procedimiento se aplica a la especie de objeto de estudio con el fin de, conociendo mejor la biología del salmonete de roca, poder ofrecer información valiosa para el control y manejo sostenible de la pesquería de este teleósteo.

Respecto a la descripción de la **parasitofauna del salmonete de roca** se observó que todos los peces analizados albergaban parásitos. En conjunto se hallaron 36 especies, con una media de 12 taxones por pez. La distribución por grupos taxonómicos fue como

sigue: 16 especies de trematodos, 3 monogeneos, 5 cestodos, 1 acantocéfalo, 5 nematodos, 4 copépodos y 2 isópodos. Una de las especies de nematodos, *Ascarophis valentina*, fue nueva para la ciencia. Trece especies representaron nuevas citas para el salmonete de roca: *Lecithochirium rufoviride*, *Lecithaster confusus*, *Aphallus tubarium* y la forma larvaria del tipo *Allomonilicaecum* (Digenea); *Encotyllabe vallei* y *Calceostomella inermis* (Monogenea); *Kotorella* sp. y *Scolex pleuronectis* (Cestoda); *Capillaria* (*Neocapillaria*) (Nematoda); *Pseudoeucanthus* sp., *Lernaelophus sultanus* y *Caligus* sp. (Copepoda); *Anilocra frontalis* (*Isopoda*). Doce taxones se encontraron en más del 50% de los peces (por orden de prevalencia): *Aphallus tubarium*, *Opecoeloides furcatus*, *Hysterothylacium* sp., *Proisorhynchus crucibulum*, *Gnathia* sp. *Poracanthium furcatum*, *Lasiotocus mulli*, *Ascarophis valentina*, *Hatschekia mulli*, *Proctotrema bacillovatum*, *Aponurus mulli* y *Tentaculariidae* spp. Diecisiete especies podrían considerarse raras o accidentales, con una prevalencia máxima del 7%. En la mayoría de los taxones, el salmonete de roca actuaba como hospedador definitivo; sólo 8 especies se encontraron en fase larvaria, aunque el salmonete de roca podría ejercer de hospedador intermediario en todas menos en *Gnathia* sp., ya que su ciclo es monoxeno. Diez especies eran específicas de miembros de la familia Mullidae o de *M. surmuletus*. El resto de los parásitos eran generalistas y se habían citado en otras especies de teleósteos.

*Ascarophis valentina* n. sp. se describió a partir del material obtenido de 216 salmonetes de roca procedentes de la costa valenciana usando microscopía óptica y electrónica de barrido. Como caracteres diagnósticos fundamentales de la nueva especie cabe señalar (1) la longitud de la espícula izquierda (440 µm) de los machos y (2) la morfología de los huevos, que presentan 2 filamentos largos y gruesos que parten del único engrosamiento polar. La nueva especie se parece a *Ascarophis capelanus*, que también posee huevos con un único engrosamiento polar del cual surgen 2 filamentos, pero *A. valentina* se distingue por el mayor tamaño del cuerpo, la mayor longitud del esófago (aunque relativamente más corto respecto a la longitud de su cuerpo), la posición posterior de la vulva y el mayor tamaño de la espícula izquierda. La nueva especie también muestra diferencias morfológicas substanciales con 3 especies previamente descritas en hospedadores de la familia Mullidae: *A. mullusi*, *A. upenei* y *A. parupenei*. En este estudio se proporcionó también una revisión actualizada del género *Ascarophis*, cuyas especies consideradas válidas se agruparon de acuerdo con la morfología de los huevos y la longitud de la espícula izquierda.

Por otra parte, la taxonomía de las especies del género *Aponurus* se ha basado tradicionalmente en criterios morfológicos, especialmente morfométricos. No obstante, raramente se ha analizado la influencia potencial que, tanto la localidad de muestreo como el hospedador individual, ejercen sobre la morfología del parásito. En este segundo estudio se analizó la **variación morfométrica de individuos de *Aponurus mulli***, una especie recientemente descrita, y morfológicamente similar a una especie de digeneo generalista de peces, *A. laguncula*. En concreto, investigamos la variación de 17 medidas morfométricas de *A. mulli* asociada (1) al hospedador individual, basándonos en material obtenido de salmonetes de roca de una misma localidad (Burriana) y (2) entre especímenes obtenidos de salmonetes de tres localidades separadas entre sí por 300 km: Barcelona, Burriana y Santa Pola. Dada la similitud morfológica entre *A. mulli* con *A.*

*laguncula*, también se consideró interesante comparar especímenes de ambas especies. El material de *A. laguncula* se obtuvo a partir de ejemplares depositados en museos, e incluyó muestras de diversas regiones geográficas en todo el mundo. Un análisis PERMANOVA indicó efectos altamente significativos, no sólo de la localidad, sino también del hospedador individual, sobre la morfología de *A. mulli*. Dichos efectos no parecían ser consecuencia de efectos de hacinamiento (*crowding*). Debido a esta notable variabilidad a pequeña escala (individuo hospedador y/o localidad), se recomienda utilizar con extrema cautela las variaciones morfométricas para designar especies dentro del género *Aponurus*, evaluando en lo posible la contribución relativa de las variables de confusión potenciales. Un MANOVA señaló diferencias morfométricas significativas del mismo orden de magnitud de los especímenes de *A. mulli* respecto a dos muestras de *A. laguncula* con suficiente número de ejemplares, que entre estas dos últimas. Además, un Análisis de Componentes Principales (ACP) reveló que (1) los especímenes de *A. mulli* no eran claramente separables de especímenes de Australia nominalmente identificados como *A. laguncula*, y que (2) existían segregaciones claras entre las muestras de *A. laguncula* (incluyendo los autotipos) sólo a lo largo del primer eje del ACP (tamaño multivariante) dependiendo de la especie hospedadora y/o la localidad geográfica. Es probable que *A. laguncula* sea en realidad un complejo de especies, tal y como se ha señalado para otros helmintos. Los resultados también indican la clara necesidad de complementar los análisis morfológicos con evidencia molecular.

Una vez conocida la parasitofauna en el área de estudio, se llevó a cabo una **comparación biogeográfica** de la fauna parasitaria del salmonete de roca en el mar Mediterráneo con el fin de examinar patrones longitudinales de variación de diversidad y composición. Se escogieron los digeneos por ser un grupo bien estudiado en el salmonete de roca y con alta diversidad de especies. Nuestra hipótesis de partida fue que debería existir un gradiente occidental-oriental de disminución de riqueza de digeneos, tal y como se ha observado para muchos grupos de organismos de vida libre. El estudio se basó en datos propios y otros de trabajos previamente publicados, y se realizó a nivel de comunidad componente y de infracomunidad. Los diferentes análisis sobre matrices de similitudes, y riqueza de especies (corregida para el esfuerzo muestral) indicaron que, a pesar de anomalías locales puntuales, la fauna de digeneos (tanto de especies generalistas como específicas) de las cuencas occidental y central del Mediterráneo era diferente, y más diversa, que la de la cuenca oriental, tanto a nivel de comunidad componente, como a nivel de infracomunidad. Ambos patrones sugieren que los factores históricos (Crisis de Salinidad del Messiniense) y ecológicos (diferencias de productividad primaria) han generado diferencias de diversidad y abundancia de organismos entre cuencas que, directa o indirectamente, han afectado positivamente el establecimiento exitoso de los ciclos de los digeneos del salmonete de roca, así como la probabilidad de encuentro entre los parásitos y sus hospedadores, en la cuenca occidental. Hasta la fecha no existía ningún trabajo sobre patrones biogeográficos de parásitos en el Mediterráneo.

Una vez establecidos los patrones biogeográficos de la parasitofauna del salmonete, en el siguiente capítulo se examinaron los requisitos para una adecuada aplicación de los parásitos como marcadores poblacionales de esta especie. En este contexto, muchos de los estudios que usan los parásitos como marcadores poblacionales de peces a menudo

emplean un único muestreo para identificar posibles stocks o predecir la localidad de captura. Sin embargo, la falta de replicación genera **pseudorreplicación**, ya que se asume implícitamente que los niveles de infección de los parásitos de la misma localidad son más similares entre sí que respecto a muestras de otra localidad. Se investigó esta asunción en el caso del salmonete de roca en 3 localidades del Mediterráneo español (Barcelona, Burriana and Santa Pola) separadas entre sí aproximadamente 300 km. Muestras de 25 peces de tamaño similar se recogieron en cada localidad en el verano y otoño de dos años consecutivos (esto es, 4 muestras por localidad). La prevalencia y la abundancia de 3 parásitos de larga duración (>1 año) difirieron significativamente entre localidades, indicando su potencial como indicadores de stocks. Sin embargo, el análisis de conglomerados (para la prevalencia) y un MANOVA (para valores de abundancia transformados por rangos) indicaron una fuerte variabilidad entre muestras, incluso dentro de una misma localidad, con muy poca segregación espacial coherente entre localidades. Un análisis discriminante (AD) basado en la abundancia (transformada logarítmicamente) de 17 taxones parasitarios permitió asignar correctamente más del 80% de los peces a su localidad, y el intervalo de confianza del 95% de la clasificación fue estrecho, indicando así una gran estabilidad predictiva. Sin embargo, cuando un AD basado en los datos del primer año fue usado para predecir la localidad de los peces recogidos el segundo año, el poder predictivo descendió drásticamente (46% de asignación correcta). En conjunto, los resultados sugieren que las comunidades parásitas del salmonete de roca cambian a una escala espacial mucho más pequeña de la que implícitamente se adoptaba *a priori* en la comparación de muestras únicas entre localidades. Por tanto, cualquier inferencia basada en dicha comparación podría haber resultado equívoca. Este hallazgo sugiere la necesidad de una adecuada replicación para hacer inferencias fiables sobre la estructura de stocks de poblaciones de peces basadas en datos parasitológicos.

En el siguiente capítulo exploramos el uso de los **parásitos como marcadores para la discriminación de stocks** del salmonete de roca para ayudar a identificar y manejar estas unidades poblacionales (stocks ecológicos), lo que resulta esencial para el manejo de los recursos pesqueros. Los muestreos se realizaron estacionalmente durante dos años consecutivos en 5 localidades españolas del Mediterráneo separadas entre sí por *ca.* 300 km., tomando un total de 25 peces por muestra y localidad (n= 1000 peces). Consideramos este análisis como un estudio a mesoescala. La gran heterogeneidad en la parasitofauna entre las distintas muestras de una misma localidad, no atribuible a cambios estacionales, motivó un análisis a escalas espaciales mayores (macroescala) y menores (microescala) con el fin de interpretar mejor las razones de esta heterogeneidad. Para ello se muestrearon 100 peces de dos localidades de Túnez, Sfax y Zarzis, separadas de la costa española por >1000 km, y 76 peces obtenidos en un mismo día en 4 embarcaciones que operaban en Burriana; la distancia media de captura en este caso fue de 20 km entre barcos. En el estudio a mesoescala, los análisis PERMANOVA y ANOSIM basados en los parámetros de infección de 4 taxones parasitarios de larga duración confirmó la existencia de diferencias significativas entre localidades, pero también entre muestras dentro de cada localidad. En el estudio a macroescala, el porcentaje total de peces correctamente asignados por el Análisis Discriminante (AD) a su país (España y Túnez) fue de 92,4%; sin embargo, el porcentaje de acierto para Túnez fue tan sólo del 29%. El porcentaje de éxito

global del AD respecto a localidad cayó al 47,3%, y respecto a muestra sólo fue de un 16,1%. Un análisis LOESS, junto con una regresión lineal permutacional, indicaron que existía una ligera, pero significativa, disminución en la similitud entre muestras a medida que aumentaba la distancia geográfica. Por otra parte, el incremento de heterogeneidad espacial en las áreas de pesca, especialmente de los sustratos rocosos, estaba vinculado con la disminución de similitud promedio entre muestras. En el estudio a microescala, los análisis PERMANOVA y Kruskal-Wallis revelaron diferencias significativas en los parámetros de infección entre barcos: a partir de los 13 km de distancia, todas las comparaciones por pares resultaron significativas. Estos resultados sugieren que existe una estructura espacial significativa de la fauna parasitaria a la escala de región (macroescala) y localidad (mesoescala), pero también a la escala más pequeña (microescala). Esta última evidencia sugiere que los salmonetes, cuando alcanzan la fase bentónica, se mueven muy poco en relación con la escala espacial de los muestreos realizados. Las diferencias de transmisión de los parásitos en cuestión de decenas de km podrían estar ligada a una alta sustitución de hospedadores intermediarios a esta escala tan pequeña. La señal geográfica observada a escalas mayores parece relacionada con diversos efectos de autocorrelación pura y dependencia espacial inducida. Nuestro trabajo muestra cómo los estudios sobre la discriminación de stocks podrían beneficiarse de la interpretación de la variabilidad de los parámetros de infección a diferentes escalas espaciales. Además también invita a hacer una reflexión más general sobre cómo la evidencia obtenida pueden ayudar a definir mejor la gestión pesquera del salmonete. Si, como indica nuestro análisis, cada localidad contiene segmentos de población de salmonete marcadamente sedentarios, no es evidente cómo afectaría la sobreexplotación local del recurso a la población regional de la especie. La cuestión clave es conocer la distancia a la que se dispersan las fases juveniles del salmonete y, en general, de todas las especies de teleósteos cuyos adultos son poco móviles pero poseen una fase dispersiva pelágica. Saber cómo y dónde se producen los asentamientos en la fase de reclutamiento bentónico ayudaría a mejorar la gestión y el manejo del salmonete de roca y de otros recursos pesqueros similares.

En el último capítulo abordamos el tema del uso de los parásitos en la **trazabilidad pesquera** del salmonete de roca. La trazabilidad supone una aplicación más reciente de los parásitos como marcadores poblacionales y consiste en predecir con éxito el lugar y el momento de captura de una muestra de peces o de un pez individual cuyo origen o período de captura no se conoce o es dudoso. Este objetivo es fundamental para controlar la pesca ilegal y garantizar la seguridad alimentaria a los consumidores. En este trabajo analizamos en qué medida los parásitos del salmonete de roca podrían servir para realizar buenas predicciones espaciales (las 5 localidades de la costa mediterránea española –véase más arriba) y/o temporales (las cuatro estaciones de captura). Se realizaron varios análisis discriminantes (AD) usando la abundancia (datos brutos, y transformados logarítmicamente) de los parásitos de 1000 salmonetes *de dos formas distintas*: (1) *predicción sin una réplica*, esto es, predecir la localidad y/o estación de captura de una muestra de peces de una localidad (n= 25) a partir de un AD construido con el conjunto de todas las muestras restantes; (2) *predicción al azar*, esto es, predecir la localidad y/o estación de captura de una muestra problema compuesta con peces escogidos

aleatoriamente de todas las muestras (n=24) a partir de un AD construido con el conjunto de todos los peces restantes. El éxito de la asignación espacial de peces-problema en la *predicción sin una réplica* basculó entre 40% al 78% dependiendo de la localidad, y el de la *predicción al azar* del 45% al 83%. Sin embargo, el éxito predictivo por estación con los dos tipos de análisis fue muy bajo (del 3% al 26% de acierto). Por otra parte, a través de un análisis de *typicalities* basado en la distancia de Mahalanobis intentamos averiguar si los peces de Túnez se reconocían como diferentes a los de las muestras españolas. Desgraciadamente, sólo 9 de los 100 peces de Túnez analizados fueron identificados como pertenecientes a una localidad diferente de las españolas; el resto fueron asignados a Fuengirola. Finalmente, el modelo predictivo se contrastó también usando datos parasitológicos de muestras “ciegas” (n total= 104), que incluían peces de otras localidades españolas (Palamós, Peníscola, Valencia y Barbate), así como peces de Barcelona y Burriana cuyo tamaño se hallaba fuera del rango utilizado para generar el modelo. La mitad de los peces de puertos españoles fuera de muestreo fueron asignados a sus puertos más cercanos. En conjunto, estos resultados indican que la fauna parasitaria del salmonete no es una herramienta fiable para trazar el origen de las capturas pesqueras debido a la alta variabilidad parasitológica entre muestras. A nivel de comunidad componente, la fauna parasitaria es bastante similar en el Mediterráneo occidental, lo que también imposibilita su uso en conflictos pesqueros potenciales entre países vecinos. Esta es la primera vez que un estudio intenta predecir el origen de captura de peces a diferentes escalas espaciales, una a *ca.* 300 km y otra a *ca.* 1500 km, y la primera vez que se utilizan los parásitos para predecir la estación de captura.





# **Capítulo 1. Introducción**



## 1.1 El Mar Mediterráneo

El Mediterráneo es un mar semicerrado con una superficie aproximada de 2,51 millones de km<sup>2</sup>; si se incluye el Mar Negro, cuya extensión es de 436.400km<sup>2</sup>, la superficie total alcanzaría los 3 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa el 0,8% de la superficie marina mundial. El Mediterráneo abarca un rango de latitudes relativamente estrecho (de 30°N a 46°N) en la zona templada del Hemisferio Norte, por lo que muestra una marcada estacionalidad. La plataforma continental es estrecha excepto en el Mar Adriático, el Golfo de Gabès y la mitad septentrional del Mar Negro (Fig.1.1). El Mediterráneo se considera un mar oligotrófico, es decir, con escasos nutrientes y baja productividad (Margalef, 1985; Estrada, 1996). La principal razón de su pobreza reside en la escasa cantidad nutrientes disponibles para la fotosíntesis, que se ve agravada por la hidrología y los patrones de circulación oceánica, ya que el agua profunda más rica en nutrientes se ve forzada a salir hacia el Atlántico, mientras que el Mediterráneo recibe del éste agua superficial pobre en nutrientes (Rodríguez, 1982; Millot y Taupier-Letage, 2005). A pesar de ello, en el mediterráneo existe una gran diversidad de especies: se han citado más de 17.000 de animales y plantas (el 5,5 % de la fauna marina mundial, véase Farrugio et al., 1993; Coll et al., 2010), lo cual es bastante inusual para una mar de su tamaño y situado en una región templada (Zenetos et al., 2007).

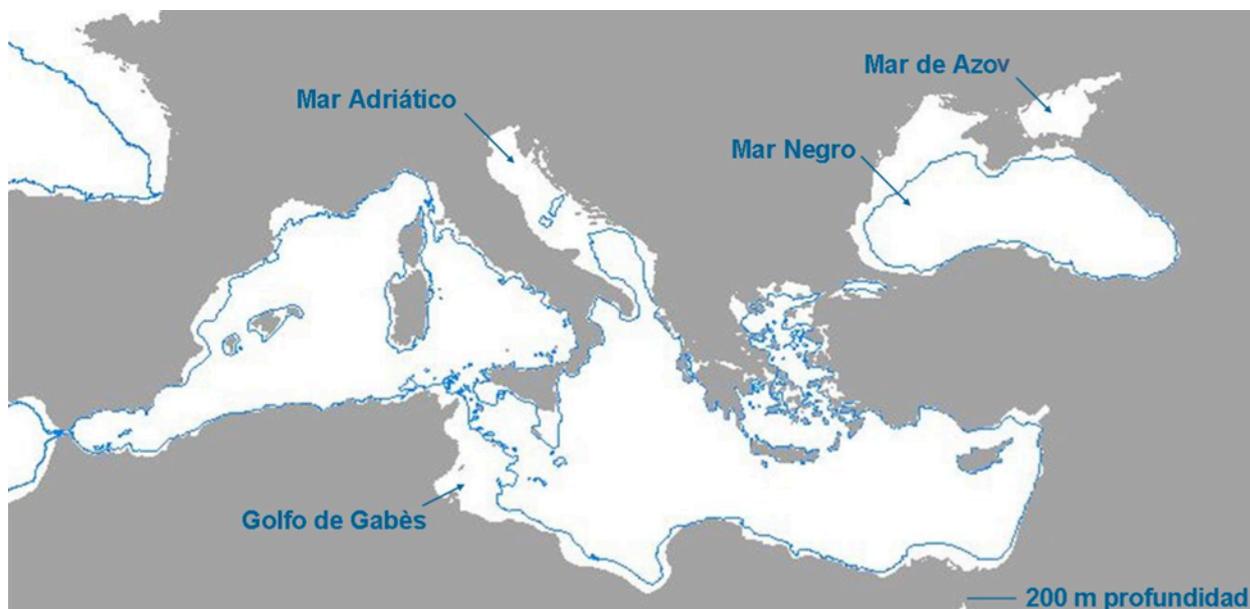


Fig.1.1. Mapa del Mediterráneo mostrando la plataforma continental

Incluyendo las costas del Mar Negro, un total de 27 países bordean el Mar Mediterráneo. De ellos, 9 son miembros de la Unión Europea (UE): España, Francia, Italia, Grecia, Eslovenia, Bulgaria, Rumania, Malta y Chipre. Los cuatro de mayor desarrollo económico (España, Francia, Italia y Grecia) ocupan en conjunto un tercio de la línea costera (Farrugio, 1996). Con todo, existe un gran número de países ribereños que no

pertenecen a la UE y que, por tanto, no están sujetos a las normas de la Política Pesquera Común (PPC). Esta circunstancia se agrava debido a la gran disparidad que existe entre dichos países, tanto a nivel económico como en materia de desarrollo, investigación científica y capacidad de control legal.

## 1.2 La actividad pesquera en el Mediterráneo

La mayor parte de la flota pesquera del mediterráneo es de carácter esencialmente artesanal si se atiende a las dimensiones de los buques: más del 80% son de eslora inferior a 12 m y, por ende, también en lo que se refiere a la mano de obra y las inversiones de capital. Gran parte de las actividades pesqueras son de pequeño alcance y la pesca realizada en las aguas costeras varía en función del período del año. A ello hay que añadir la elevada proporción de pescadores semiprofesionales o que ejercen esta actividad a tiempo parcial, lo que hace que la estructura empresarial difiera de las de otras zonas como la del Atlántico. Por ejemplo, la pesca comercial del bacalao (*Gadus morhua*), donde se las capturas son del orden de toneladas, los busques de pesca son de gran envergadura y las zonas de pesca son muy extensas (Perdiguero-Alonso, 2008).

Este carácter artesanal también se refleja en el ámbito social. Ante todo, la pesca mediterránea es un negocio familiar. Es en este entorno familiar donde se aprende el oficio y donde se transmite a lo largo de generaciones desde tiempos inmemoriales. Tal vez por ello el actual modelo de pesquerías es más la consecuencia de esta larga historia que del resultado de una política de control y manejo específicos (Lleonart y Maynou, 2003). Podría decirse que la pesca en el Mediterráneo es algo más que una actividad económica: es parte de la cultura y del arte de vivir. Regiones enteras se han construido y desarrollado en torno a las actividades pesqueras, especialmente en las islas y en el sur de España e Italia. En cualquier caso, no debemos minimizar el impacto de esta pesca sobre los recursos, ya que puede ser muy intenso cuando se incluyen barcos de grandes dimensiones, por lo general, arrastreros demersales y pelágicos o cerqueros de más de 12 m de eslora.

En cuanto al volumen de desembarcos en el Mediterráneo, en el período 1991-2001, la media anual fue de alrededor de 1,5 millones de Tm (p.e., 1,54 en el año 1999) según la (FAO, 2000). Esta pesca representa una pequeña proporción (1,5%) de la producción mundial, y un 12% de la producción de los países de la UE. Sin embargo, a pesar de que el volumen de desembarques de la flota mediterránea no parece ser muy elevado, su valor económico es muy grande. Esta situación obedece a dos razones: 1) existe una gran diversidad de las capturas, de modo que su precio global puede aumentar si éstas incluyen especies de peces de pequeña talla con un gran valor comercial; 2) la mayor parte de capturas desembarcadas en el Mediterráneo están destinadas al consumo (Comisión Europea, 2002a). Desde un punto de vista socioeconómico, la pesca del Mediterráneo ofrece trabajo a miles de personas. En esta región, las pesquerías son muy diversas, y varían geográficamente, no solo por la existencia de distintos ambientes marinos, sino también por las diferentes situaciones socioeconómicas.

### 1.3 Estado de los recursos pesqueros en el Mediterráneo

Desde la década de los 80 del pasado siglo la producción de la pesca en el Mediterráneo y el mar Negro ha disminuido notablemente: en 1986 hubo 1.950 millones de toneladas en capturas, frente a las 1.450 en 2005 (datos de Eurostat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>) (Fig.1.2). Podría pensarse que este descenso de las capturas se debe a una disminución de la actividad pesquera, pero en realidad lo que revela es un declive importante en las poblaciones de peces (Comisión Europea, 2008a). La mayor parte de los recursos pesqueros del Mediterráneo, ya se trate de especies demersales, de pequeños pelágicos o de especies altamente migratorias, se consideran sobreexplotados desde hace ya tiempo (Comisión Europea, 2002a; Coll et al., 2010; Mouillot et al., 2011). Las especies más afectadas por la sobreexplotación son el pez espada (*Xiphias gladius*), la merluza (*Merluccius* sp.), el merlán (*Merlangius merlangus*), los salmonetes (*Mullus* spp.), los espáridos, la sardina (*Sardina pilchardus*), la anchoa (*Engraulis* sp.), el camarón de altura (*Parapenaeus longirostris*) y la gamba rosada (*Aristeus antennatus*) y, eso sólo si consideramos poblaciones para las que existen evaluaciones (Comisión Europea, 2008a).

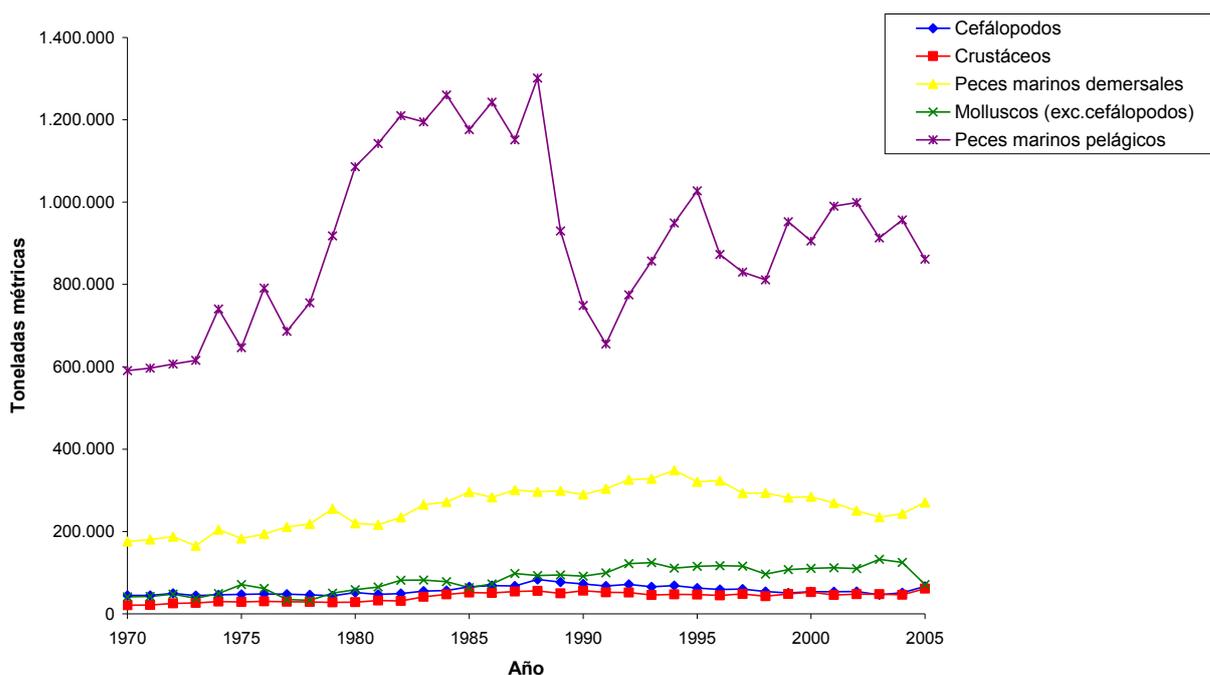


Fig.1.2. Serie de desembarcos pesqueros en el mar Mediterráneo y mar Negro (FAO, 2000)

Con respecto a la calidad de las capturas, es decir, a la composición de especies y al tamaño de los individuos, el número de especies ha variado mucho con el paso del tiempo. Por ejemplo, los individuos de especies de vida larga y de mayor tamaño prácticamente han desaparecido en algunas zonas (Comisión Europea, 2002a). Esta situación de sobreexplotación exige medidas de conservación eficaces que tengan en cuenta los rasgos específicos de este mar semicerrado.

## 1.4 La especificidad del Mediterráneo: Gestión y evaluación de la pesca mediterránea

La gestión de la pesca en el Mediterráneo presenta una complejidad particular debido a la gran cantidad de países en contacto con este mar. La mayoría de estos países no han ejercido su derecho a establecer Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de 200 millas, según lo que establece la Ley del Mar de 1982 de las Naciones Unidas. Por el momento, tan sólo han reclamado una franja de 12 millas de aguas territoriales a partir de sus costas. Esto significa que una gran parte del Mediterráneo está considerado como aguas internacionales, lo que significa que no está bajo la supervisión de nadie. El problema de la escasa vigilancia de estas aguas se agrava aún más con la fácil accesibilidad de las mismas.

El único mecanismo multinacional a través del cual los diversos países mediterráneos han intentado emprender una acción conjunta para proteger la pesca en las zonas de alta mar, así como armonizar la gestión de la pesca en las aguas costeras, es la Comisión General de la Pesca del Mediterráneo (“General Fisheries Commission for the Mediterranean” (GFCM)). La CGPM fue establecida en 1949 con el objetivo de promover el desarrollo, la gestión racional, la explotación responsable y la conservación de los recursos marinos del mar Mediterráneo. Se trata de un organismo intergubernamental que reúne a sus miembros cada año a fin de informar sobre las tendencias de la pesca y compartir información, realizar estudios científicos, debatir políticas y hacer recomendaciones para una gestión adecuada de los recursos. Sus miembros son los países ribereños del Mediterráneo y las organizaciones económicas regionales, así como los países miembros de la FAO y la UE que pescan habitualmente en el Mediterráneo (véase la página [web http://www.gfcm.org/gfcm](http://www.gfcm.org/gfcm)). La CGPM es un organismo regional de pesca (ORP) que permite a los gobiernos colaborar estrechamente en la gestión regional de la pesca. Esta organización, a pesar de funcionar en el ámbito de la ONU, cuenta con una gran autonomía que ha ido fortaleciéndose progresivamente, sobre todo en los últimos años.

Además de las complejidades de tipo político que se presenta en el Mediterráneo, existen otros rasgos de tipo geofísico e histórico que hacen que la forma de gestión sea diferente a la de otras regiones y que deba ser muy específica para una adecuada gestión de sus recursos. El Mediterráneo es un mar muy profundo, con una media batimétrica de 1.500 m de profundidad. Esto hace que los organismos acuáticos, que generalmente evitan la oscuridad y la reducción de alimento típico de las profundidades, se concentren en la plataforma continental que, como ya señalamos más arriba, es por lo general muy estrecha. Este entorno especial no puede garantizar la subsistencia de grandes poblaciones de peces marinos como en otros mares. A excepción atún rojo (*Thunnus thynnus*), el pez espada y los moluscos, no existe un pequeño grupo de especies que constituyan el objetivo de los pescadores, como sucede en el océano Atlántico. En otras palabras, la pesca en el Mediterráneo es *multiespecífica*: los pescadores, en cada salida, capturan una combinación variada de especies que deben clasificar después. Por esta razón, no existen cuotas de captura (TAC) como en el Atlántico (Comisión Europea, 2008a).

La concentración de especies en la plataforma continental determina los tipos de pesca que se practican. Como ya hemos mencionado anteriormente, se trata de pesca

principalmente costera y artesanal que se realizan a bordo de pequeñas embarcaciones durante salidas cortas que rara vez sobrepasan las 12 horas. Siendo esta pesca tan local, existen múltiples lugares donde se realiza el desembarco de las capturas, repartidas a lo largo de miles de kilómetros y con frecuencia sin ningún control y vigilancia (Comisión Europea, 2002a). De hecho, debido a esta venta no regulada, además de las capturas no informadas o los descartes que se hacen antes de llegar a puerto, se cree que muchas de las estadísticas oficiales sobre capturas pesqueras representan subestimaciones que no reflejan la realidad (Lleonart y Maynou, 2003).

Por otra parte, el hecho de que los caladeros se concentren próximos a la costa, donde se halla la mayor diversidad de especies, genera una intensa competencia entre los pescadores, además de provocar un gran impacto medioambiental de las pesquerías sobre los fondos. Debido a la escasa extensión de las aguas nacionales, la competencia entre pescadores es más de tipo local o nacional y debe gestionarse a ese nivel. No obstante, el desarrollo de nuevas pesquerías con un mayor radio de acción y al mayor conocimiento científico ha provocado que aumente el número de pesquerías compartidas en el Mediterráneo, generando solapamientos de las actividades pesqueras de las flotas de estados miembros de la UE, o de éstas con flotas no pertenecientes a la UE. Esta situación exige buscar y adoptar medidas comunes tanto a nivel europeo como intercontinental. Por otro lado, también existe competencia entre los pescadores profesionales y los deportivos, ya que la pesca deportiva ejerce también una presión considerable debido al gran turismo que se genera en el Mediterráneo, pudiendo llegar a superar el 10% de la producción pesquera total. En cuanto a las amenazas medioambientales, el creciente impacto de la pesca destruye los hábitats donde viven las especies comerciales y, también, al resto de especies asociadas o dependientes de aquéllas que, aunque pueden no tener valor comercial, sí son importantes para el buen funcionamiento del ecosistema (Comisión Europea, 2002a).

En la última década, las recientes innovaciones tecnológicas (mayor potencia motriz, mayor tamaño de las artes pesqueras, y mayor grado de sofisticación de sistemas electrónicos de localización) han incrementado notablemente la eficacia de la pesca. A esto hay que añadir que la presión pesquera sobre muchas especies se agudiza por el uso de una gran variedad de artes destinados hacia todas las clases de edad. Por ejemplo, la población de reproductores de distintas especies ha ido mermando con el desarrollo de artes de pesca fijos en zonas donde hasta ahora era inaccesible cualquier tipo de pesca. Este escenario es obviamente incompatible con una pesca sostenible y rentable (Comisión Europea, 2002a).

Una buena gestión pesquera debe apoyarse en dos pilares: una evaluación de los recursos existentes y un plan de conservación. Desgraciadamente, la disponibilidad de datos adecuados por falta de estandarización y de estudios a largo plazo sobre la composición de edades representan uno de los principales problemas en la evaluación de las pesquerías mediterráneas (Lleonart y Maynou, 2003). Durante los últimos años se ha llevado a cabo una serie de proyectos que han permitido ampliar los conocimientos científicos de los recursos pesqueros en el Mediterráneo. La mayoría aborda estudios sobre dinámica poblacional, campañas de estimación de efectivos a partir de métodos acústicos y de arrastre, como MEDITS. Aun así, uno de los mayores problemas es la falta de

comunicación entre los tres principales actores del control y manejo de la pesca, esto es, la administración, los pescadores y los científicos (Leonart y Maynou, 2003). Según Kirkwood (1998), el problema acaba siendo el de un pez (nunca mejor dicho) que se muerde la cola: los datos no son fiables, por lo que la evaluación y el consejo de los científicos es muy probable que no sean fiables y, en consecuencia, también sería políticamente poco prudente, y hasta contraproducente, imponer un control basado en consejos no fiables.

## 1.5 Regulación actual

A pesar de todos los problemas citados anteriormente, en noviembre de 2006, tras tres años de consultas entre todas las partes implicadas, se adoptaron nuevas medidas con objeto de favorecer una explotación sostenible de los recursos pesqueros en el Mediterráneo. Este Reglamento (Comisión Europea, 2006; BOE, 2012) pretende fundamentalmente limitar el esfuerzo pesquero y en mejorar la selectividad a través de tres ejes.

El primer eje aborda la mejora de la selectividad pesquera. Ante todo se trata de proteger los juveniles para que crezcan y se conviertan en individuos con un valor mayor y para que alcancen la madurez, contribuyendo así al sostenimiento de la población (Comisión Europea, 2008a). Desde esta perspectiva debe adoptarse una serie de medidas técnicas:

- Artes más selectivos. Por ejemplo, las redes de arrastre deben tener mallas cuadradas de 40 mm sobre la totalidad del copo y, los palangreros, anzuelos más grandes.
- Reducción del tamaño o del número de artes. Los artes deben respetar unos límites específicos de tamaño y número. Por ejemplo, la cantidad de anzuelos de palangre debe ser inferior a 3500.
- Refuerzo de la protección de los fondos marinos. Con el fin proteger el hábitat y los alevines que viven en ellos, no pueden utilizarse redes de arrastre a menos de 3 millas de la costa si la profundidad es inferior a 50 metros.
- Hábitats protegidos. El uso de ciertos artes está prohibido en las praderas de *Posidonia*, en los hábitats coralígenos, en los mantos de rodolitos, y a más de 1000 m de profundidad.
- Zonas de protección de la pesca. Se trata de proteger ciertas zonas especialmente propicias para la reproducción o repoblación piscícola mediante la restricción de actividades pesqueras.
- Tamaño mínimo. Se ha impuesto un tamaño mínimo de desembarque para 28 especies sobreexplotadas, entre otras, la anchoa europea (*Engraulis encrasicolus*) (9 cm), y los salmonetes (11 cm).

El segundo eje lo constituye la gestión de las poblaciones a largo plazo. Sus principios esenciales son limitar la mortalidad por pesca, dejar que los alevines alcancen la

edad madura, favorecer la reproducción y proteger los primeros meses de desarrollo. Para garantizar la eficacia de estos objetivos es necesario que las medidas tengan carácter plurianual y, por ende, que sean a largo plazo (Comisión Europea, 2008a).

Aunque se plantean planes comunitarios de gestión en las zonas que se extienden más allá de las aguas territoriales, debido a la reducida extensión de la plataforma continental y a la mayor actividad pesquera en esta zona, el reglamento prevé la posibilidad de que los estados miembros establezcan planes nacionales de gestión dentro de la franja de 12 millas. Los planes nacionales se deben centrar en la selectividad de los artes, la reducción de los descartes y la limitación del esfuerzo pesquero. Entre otras medidas que ayudan a reducir el esfuerzo pesquero se encuentran, por ejemplo, la prohibición de artes muy eficaces o la reducción de la flota, así como la reducción de días de pesca, o el establecimiento de zonas y períodos de veda.

Todas estas medidas no sirven de mucho si no existe un control que garantice su aplicación real. Este es el problema que aborda el tercer eje del reglamento: el incremento del control de las actividades pesqueras (Comisión Europea, 2008a). En concreto, se plantea que los barcos más productivos (entre otros, los arrastreros demersales y pelágicos, los barcos con redes de cerco con jareta y los palangreros pelágicos) deben desembarcar y comercializar sus capturas en puertos designados a tal efecto. Otras novedades son la ampliación del uso de un diario de abordo que debe registrar todas las capturas superiores a 15 kg, y una llamada lista blanca, es decir, un registro de barcos de más de 15 m autorizados a pescar en la zona CGPM. De este modo, se pueden identificar rápidamente los buques que operan ilegalmente (y ponerlos, por así decir, en una “lista negra”). Esta medida también asegura la participación de los estados que forman parte del CGPM para que se responsabilicen de los barcos a los que conceden autorizaciones para pescar, y para sancionarlos cuando sea necesario. Estas medidas ya habían sido adoptadas por los países miembros de la UE, pero no por los otros países, así es que se espera que contribuya a instaurar un tratamiento equitativo para todos los buques activos del Mediterráneo.

## **1.6 Importancia del stock**

La elaboración y la aplicación de la legislación arriba descrita no puede ser efectiva si no se ha determinado correctamente la unidad mínima de gestión: el “stock”. En este apartado discutiremos esencialmente las ideas descritas por Abaunza (2008). La identificación de los stocks es un prerrequisito para cualquier estudio de pesquerías, del mismo modo que, la estructura poblacional se considera el elemento básico de la biología de la conservación (Thorpe et al., 1995). Por lo tanto, el primer paso sería definir de forma precisa qué es un stock. A pesar de su importancia, no se ha logrado una definición unánime para este concepto y su uso depende de los objetivos planteados y del campo de conocimiento en el que los investigadores han desarrollado su labor (Carvalho y Hauser, 1994). Una de las definiciones más robusta y más utilizada es la que propusieron Ihssen et

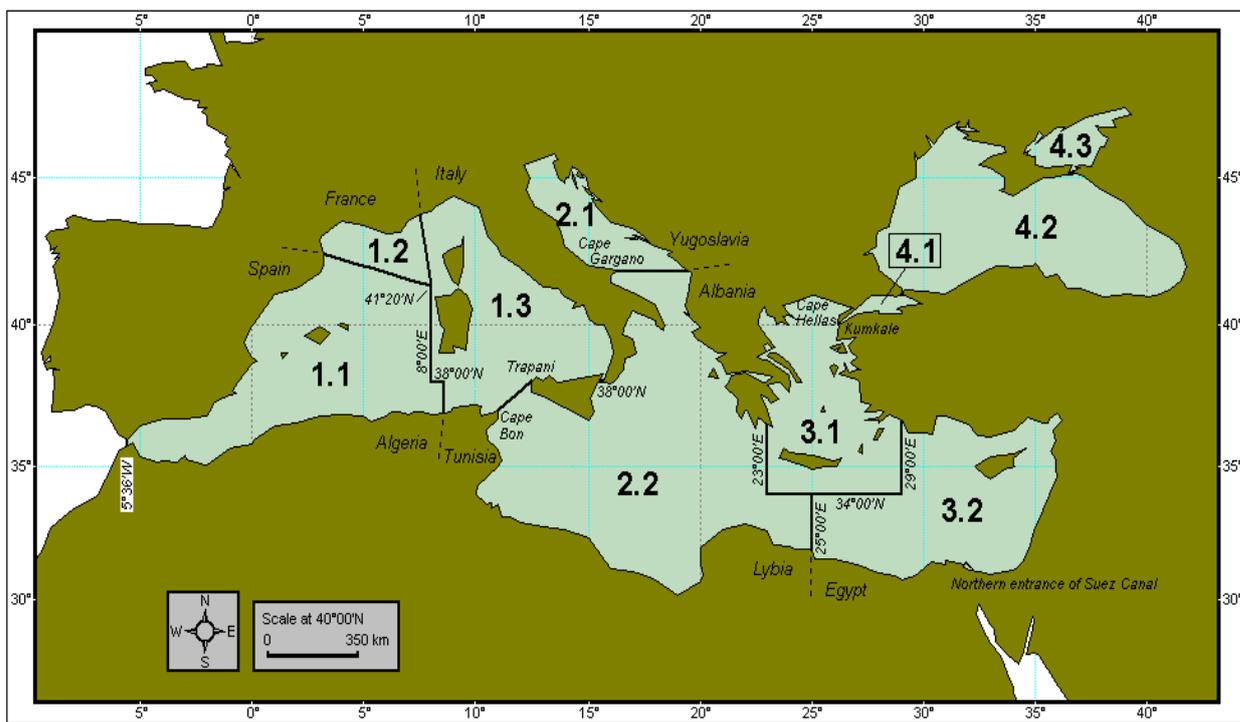
al. (1981), según la cual un stock es un grupo intraespecífico de individuos que se aparean de forma aleatoria y mantienen una integridad espacial o temporal.

En realidad el concepto de stock ha seguido un camino paralelo al desarrollo del concepto de “población”, con la salvedad de que un stock hace referencia a individuos de una especie explotada comercialmente con la actividad pesquera (Shaklee y Currens, 2003). La población o el stock tiene una serie de características estadísticas y/o variables de estado que resultan de la suma de cada uno de sus individuos, tales como la densidad, la tasa de nacimiento, la mortalidad, la inmigración y emigración, la estructura poblacional y la distribución de los individuos en el espacio (Krebs, 1994). Teóricamente, en la definición de stock se incluye implícitamente una delimitación espacial. El problema es que en la práctica resulta muy difícil definir los límites entre poblaciones o stocks. En el medio marino este problema aún se complica más por la existencia de un menor número de barreras topográficas, y por la dificultad inherente de estudiar y observar el ecosistema marino (Abaunza, 2008).

Sea cual sea la definición de stock que adoptemos, el concepto será útil y aplicable si responde a un fenómeno real de la naturaleza y no a una abstracción del científico (Sinclair, 1988). La definición natural de stock es importante porque permite conocer el vínculo entre la freza y la población adulta desde el punto de vista de la dinámica poblacional (Abaunza, 2008). Dicho conocimiento es básico para la evaluación y gestión de las pesquerías, que se basa principalmente en la relación stock-reclutamiento (Hilborn y Walters, 1992). Por lo tanto, si se conoce un stock natural se puede hallar la relación entre la biomasa de desove y el reclutamiento resultante que corresponde a una dinámica real de la población.

La identificación de los stocks o de los límites geográficos dentro de los cuales se reproducen los adultos y se desarrolla el ciclo biológico desde el huevo hasta el adulto es crucial para una gestión efectiva de los recursos pesqueros (Mustafa, 1999). Por ello, el principal propósito de la identificación de stocks es proporcionar información que sirva para diseñar estrategias adecuadas de gestión; si los stocks están identificados erróneamente, podría producirse un agotamiento impredecible de los recursos pesqueros (Begg et al., 1999).

La comunidad científica y los gestores pesqueros están de acuerdo en que la información sobre la estructura de los stocks es crucial para un efectivo manejo de las pesquerías. Sin embargo, existen muy pocos casos donde dicha información se haya utilizado en la práctica para optimizar dicho manejo. En el caso del Mediterráneo, el debate sobre la definición de unidades de stocks ha estado ausente, y en muchos casos ha resultado problemática (Caddy, 1993). De hecho, se ha hecho una división de 10 áreas de manejo de acuerdo con consideraciones políticas y estadísticas, más que biológicas o económicas (Fig.1.3).



FAO, IV-2001

Miller cylindrical projection

Fig.1.3. Zonas de manejo pesquero en el Mediterráneo propuestas por la FAO. Tomado de <http://www.fao.org/gfcm/data/map-geographical-subareas/es/>.

No obstante, en 1999, el comité científico del CGPM decidió hacer más hincapié en definir mejor estas unidades, y actualmente existen 30 subáreas geográficas en la región mediterránea (véase GFCM, 2007) (Fig.1.4), en las cuales se asume implícitamente la presencia de un sólo stock por especie (Gulland, 1983; Caddy, 1998).

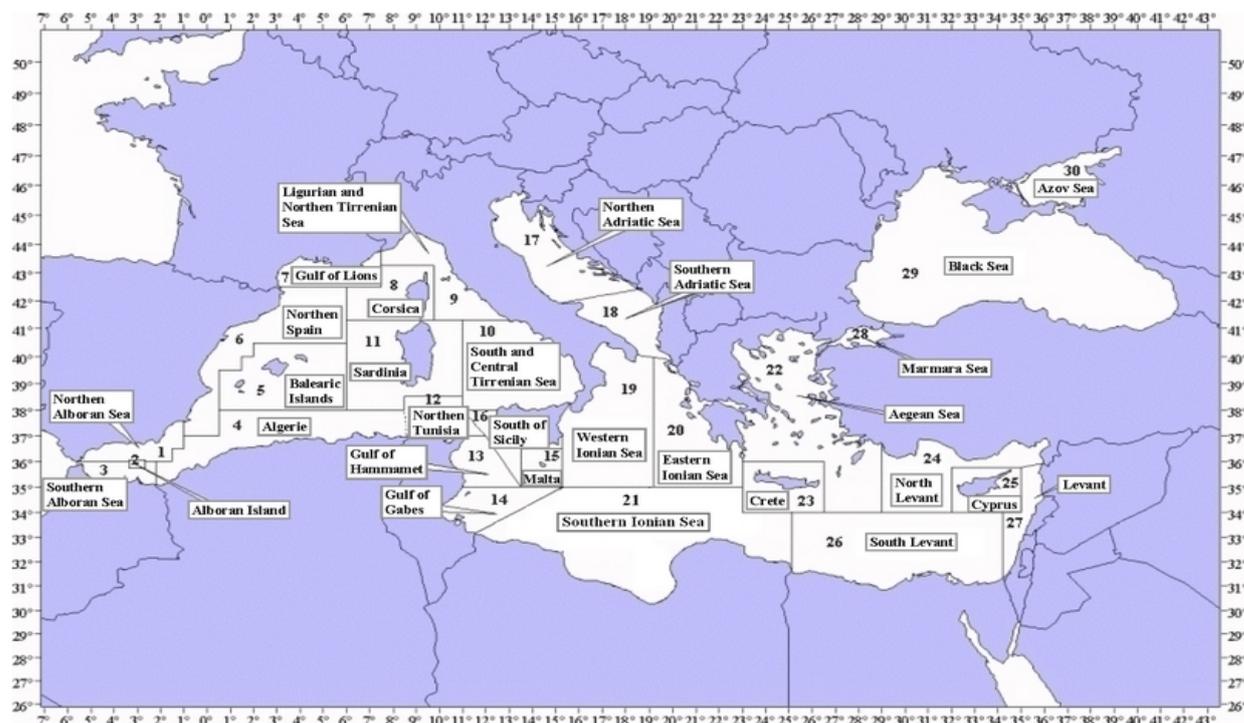


Fig.1.4. Mapa de las 30 subáreas geográficas de pesca del Mediterráneo. Tomado de <http://www.fao.org/gfcm/data/map-geographical-subareas/es/>.

## 1.7 Métodos para la identificación de stocks: el uso de parásito como marcadores

Los diferentes métodos usados para identificar stocks se han recopilado en Cadrin y Friedland (1999) y se pueden clasificar en tres grupos (Abaunza, 2008):

- Estudios sobre dinámica poblacional, que incluyen el análisis de las características de las estrategias vitales: crecimiento, reproducción, mortalidad, reclutamiento, abundancia y distribución.
- Uso de marcadores naturales: morfometría, merística, parasitología, genética, composición química de los otolitos, etc.
- Uso de marcadores artificiales: marcas externas e internas, marcas electrónicas, etc.

Cada método de identificación de stocks posee ventajas y limitaciones en su aplicación que deben tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados. En los estudios de parámetros de historia vital, las diferencias entre muestras de peces pueden sugerir que las poblaciones a las que pertenecen están separadas geográficamente, y por lo tanto, son unidades diferentes desde el punto de vista de la gestión. El gran problema es que estos estudios suelen basarse en datos de capturas comerciales y, como ya hemos mencionado, dichas capturas presentan sesgos de varios tipos: descartes, selectividad del tipo de pesca, demanda del mercado y manejo. Una forma alternativa de obtener datos es a través de grandes campañas de investigación pesquera que desgraciadamente son muy caras porque requieren grandes barcos, mucho tiempo y gran cantidad de personal. Así pues, estas campañas son escasas, y se tiende a realizar los estudios con varios barcos pequeños en diferentes momentos, por lo que los resultados que se obtienen presentan tal variación que a menudo son difíciles de interpretar (Pawson y Jennings, 1996).

En los últimos años, con el espectacular desarrollo las técnicas moleculares se han ido utilizando progresivamente marcadores de este tipo. Tradicionalmente se ha asumido que la evidencia obtenida con marcadores moleculares es más fiable para identificar stocks porque sólo tiene en cuenta las diferencias fijadas genotípicamente, y no las diferencias fenotípicas inducidas ambientalmente. De hecho, se les reconoce como los marcadores más fiables a largo plazo por su gran estabilidad temporal (Pawson y Jennings, 1996). No obstante, la fiabilidad de los marcadores moleculares depende del tiempo de divergencia y el grado de aislamiento de las poblaciones (Begg y Waldman, 1999). Un resultado de un análisis molecular que indica diferencias entre dos poblaciones resulta muy fiable, pero la ausencia de divergencia no permite asegurar si existe uno o varios stocks, ya que los stocks pueden haber divergido recientemente o mantener un mínimo contacto reproductivo. Es más, un mismo stock definido mediante marcadores puede estar formado por diferentes subunidades, cada una con distinto potencial reproductivo, y este hecho debe obviamente tenerse en cuenta en el manejo de pesquerías (Caddy, 1975; Williams et al., 2003; Bergenius et al., 2006). Estos problemas se agravan en el caso de especies marinas, ya que es más difícil encontrar diferencias genéticas (a excepción de las poblaciones de salmónidos) debido a las escasas barreras que existen en este medio, y a la escasa cantidad de flujo genético que es necesaria para mantener la homogeneidad genética (Pawson y Jennings, 1996).

Para detectar diferencias debidas a efectos ambientales y/o poblacionales a corto plazo, se requiere otro tipo de métodos. En el caso de los parásitos, un pez puede llegar a infectarse con un parásito cuando entra en contacto con su estado infectivo. Estos estados suelen tener distribuciones discontinuas en el rango de la población del pez, puesto que se encuentran sólo en puntos limitados en el espacio o en el tiempo en los cuales son capaces de infectar al hospedador (Lester, 1990). Por lo tanto, los parásitos “marcan” a los peces de forma natural y, cuando éstos se mueven, portan un legado que refleja los hábitats que han ocupado anteriormente. Así, la parasitofauna puede proporcionarnos información sobre los movimientos y estrategias vitales de sus hospedadores (Pawson y Jennings, 1996). Las ventajas de los parásitos como marcadores poblacionales son evidentes: 1) se trata de método muy barato; 2) cada pez analizado representa una observación válida; 3) es un marcaje natural que no requiere recaptura; 4) se pueden usar incluso en el caso de especies delicadas o difíciles de capturar, y 5) normalmente, los parásitos no modifican drásticamente el comportamiento del pez. Es importante señalar, además, que los parásitos identifican subpoblaciones de peces con comportamientos diferenciados, pero entre los cuales puede existir un considerable flujo genético; es lo que se conoce como *stocks ecológicos* (Mackenzie, 2002). De acuerdo con Sindermann (1983), Mackenzie (1983), Mackenzie (1987) y Williams et al. (1992), un parásito marcador ideal sería aquél que presenta diferentes niveles de infección geográficamente y que permanezca constante de año en año, además debe perdurar en el hospedador un largo período de tiempo (dependiendo del tipo de estudio) y ser fácilmente detectable e identificable.

Sin embargo, como todos los métodos, el uso de los parásitos como marcadores también tiene sus limitaciones: 1) la falta de información adecuada sobre los ciclos vitales y la taxonomía de algunos parásitos, y 2) la escasez de un método válido para obtener la edad de peces e invertebrados, que dificulta la interpretación de los resultados obtenidos (Mackenzie y Abaunza, 2005). Con el avance del conocimiento sobre los ciclos de vida y con la reciente aplicación de técnicas moleculares en la taxonomía (véase Mattiucci et al., 2007), el uso de los parásitos como marcadores está siendo cada vez más eficiente. En cualquier caso, es muy raro encontrar parásitos que cumplan todos los criterios señalados arriba, por lo que normalmente se adopta una serie de compromisos, como que el parásito debe mostrar niveles de infección significativamente diferentes entre las distintas zonas del área de estudio y que debe permanecer en el hospedador por un periodo de tiempo suficiente a la escala espaciotemporal adoptada por el estudio.

Independientemente de los métodos usados para la delimitación de stocks, es aconsejable adoptar una aproximación holística (Begg y Waldman, 1999). El uso de diferentes métodos en un mismo estudio de identificación de stocks permite obtener más datos, y a su vez, analizar su congruencia o incongruencia, lo que permite definir mejor la estructura del stock. Aunque las discrepancias entre los distintos métodos pueden interferir a la hora de elaborar planes de gestión, la información obtenida puede ser fundamental para desarrollar nuevos conceptos de stock más realistas para las especies marinas (Hauser et al., 2005). Por ejemplo, usando datos electroforéticos Kinsey et al. (1994) hallaron una población panmíctica de sardina española (*Sardinella aurita*) en Florida; sin embargo, los datos morfométricos y merísticos indicaban diferencias más regionales. Lester et al. (1988) demostraron diferencias en la parasitofauna de poblaciones

del pez reloj anaranjado (*Hoplostethus atlanticus*) que estaban tan sólo separadas por 300 km, mientras que los datos genéticos sugerían la existencia de un único stock. La gran mezcla de los huevos y larvas en la región estudiada limitaban el potencial discriminatorio de los marcadores moleculares, pero no el de los métodos morfométricos y/o parasitológicos, que son capaces de detectar variaciones ambientales que podrían haber afectado a las larvas en el momento de su establecimiento (Begg y Waldman, 1999).

## **1.8 Trazabilidad: un enfoque complementario más reciente**

Hasta ahora hemos discutido el proceso de la *identificación de stocks*, es decir, la labor de identificar unidades discretas dentro de una especie. Sin embargo, una vez identificadas dichas unidades (stocks), puede existir otro paso más, es decir, la *discriminación de stocks*, que se refiere al proceso de asignar individuos o muestras de individuos a dichas unidades. Aunque los objetivos de identificar y discriminar stocks están estrechamente vinculados no son necesariamente equivalentes. Por ejemplo, podemos hallar cierta divergencia genética entre unidades poblacionales, pero con esta información quizá no podamos predecir con precisión el stock de pertenencia de una muestra problema de peces. El aspecto predictivo de la discriminación de stocks entronca directamente con otro de los aspectos clave de la PPC: la tarea de determinar el origen espaciotemporal de las capturas, esto es, su *trazabilidad* (Comisión Europea, 2008b; Comisión Europea, 2013).

La trazabilidad es esencial desde el punto de vista de la gestión y sostenibilidad de los stocks porque ayuda a controlar la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR) (FAO, 2001; Comisión Europea, 2002b). En la Conferencia Internacional sobre la INDRN (2002) se reconoció que dicha pesca menoscaba gravemente la recuperación de las poblaciones pesqueras y, por ello, la lucha contra esta actividad reviste una importancia crucial desde el punto de vista de la sostenibilidad. En este contexto, la trazabilidad de las capturas representa un instrumento vital de evaluación y control, ya que ayuda a identificar las poblaciones explotadas y a averiguar si el lugar y el momento de captura se atienen a la legalidad. De hecho, en el apartado de investigación del Plan de Acción Internacional contra la INDNR de la FAO se reconoce específicamente la necesidad de desarrollar métodos fiables de trazabilidad (FAO, 2001).

Es importante enfatizar que la trazabilidad permite establecer también el vínculo entre un producto pesquero y su origen. Por tanto, la trazabilidad ayuda a proporcionar confianza y seguridad alimentaria a las administraciones públicas y al consumidor. El Reglamento (CE) 104/2000 del Consejo otorga un carácter prioritario al hecho de que el consumidor posea una adecuada información sobre el producto que va a consumir. En España, este reglamento se ha concretado en la obligatoriedad del etiquetado de productos marinos (Real Decreto 121/2004, BOE 5.2.2004). Dentro de la información mínima exigida debe consignarse la zona de captura.

En los últimos años se ha discutido en diversos foros científicos los métodos más eficaces para la identificación y discriminación de stocks (véanse, p.e., el congreso específico sobre el tema de la American Fisheries Society en 1998 *Fisheries Resesearch*, 43 o las sesiones temáticas de la Reunión Científica Anual del ICES durante 2004 y 2005). El consenso general es que resulta recomendable utilizar diversos métodos de identificación y discriminación de stocks, p.e., marcadores moleculares, morfometría, parásitos, rasgos de historia vital, etc. No obstante, resulta claro que cada marcador puede proveer de información diferente para los criterios de gestión. Por ejemplo, los marcadores genéticos puede revelar un escaso grado de aislamiento de las poblaciones de una especie dada, pero esta información puede ser de poca utilidad para la gestión si la especie es sedentaria y está siendo sobreexplotada estacionalmente en una parte de su área de distribución (Waldman, 1999).

## **1.9 La especie objetivo: el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*)**

La familia Mullidae (Teleostei) representa un grupo muy homogéneo de teleósteos demersales de aguas costeras, incluyendo estuarios, que habitan sobre fondos rocosos, arenosos o fangosos en regiones tropicales y templadas (Hureau, 1986). Dentro de esta familia se incluyen 68 especies de 6 géneros (Gosline, 1984; Nelson, 1994): *Mullus* (Linnaeus, 1758), *Upeneus* (Cuvier, 1829), *Upeneichthys* (Bleeker, 1855), *Pseudupeneus* (Bleeker, 1862), *Parupeneus* (Bleeker, 1863) y *Mulloidichthys* (Whitley, 1929). La ubicación sistemática de la familia Mullidae ha sido muy cambiante debido a las diferentes características utilizadas en las clasificaciones, y actualmente se incluye en el orden Perciformes, suborden Percoidei (Nelson, 1994).

Los múlidos son de pequeña talla, con un cuerpo alargado y ligeramente comprimido, cubierto de escamas grandes de tipo ctenoideo. Su boca es pequeña, subterminal y protractil, con un gran número de especializaciones en el premaxilar relacionados con su proyección, y con un gran número de dientes pequeños. Los ojos son de tamaño moderado y se sitúan en la mitad dorsolateral superior de la cabeza. Presentan dos aletas dorsales bien separadas, la primera con 6-8 radios espinosos y la segunda con un radio espinoso y 7-9 radios blandos; la aleta anal es corta y presenta 1-2 espinas y las pectorales poseen 1 radio espinoso y 5 radios blandos (Aguirre, 2000). Presenta un conjunto de 23 vértebras, 9 troncales + 14 caudales. El estómago tiene forma de sifón y posee alrededor de 20 ciegos pilóricos (Günther, 1859).

Los múlidos se diferencian de otras familias del suborden Percoidei principalmente por poseer un par de barbillones hioideos (Gosline, 1984) que se desarrollan a partir de la modificación del radio braquial anterior durante la fase larvaria (Lo Bianco, 1907). En estos barbillones se alojan órganos sensoriales ("Taste Buds": TB) que se utilizan para la búsqueda del alimento en el substrato (Lombarte y Aguirre, 1997; Aguirre y Lombarte, 2000). La presencia de ojos grandes y de este sistema de TBs bien desarrollados les permite detectar y capturar presas con una gran eficiencia. Estas presas son normalmente

animales bentónicos con escasa movilidad, en su mayoría miméticos, que viven enterrados en el substrato (Gharbi y Ktari, 1979). Cuando el campo visual se encuentra restringido por cualquier motivo -la turbidez propia del agua o la creada por el animal en su proceso de forrajeo, así como por el mimetismo y/o el enterramiento de la presa-, la presencia de estas TBs incrementa la probabilidad de detección y localización de presas (Aguirre, 2000).

En el mar Mediterráneo, la familia Mullidae está representada por dos especies nativas del género *Mullus*: el salmonete de fango (*M. barbatus*) y el salmonete de roca (*M. surmuletus*). Además, tres especies del género *Upeneus* (*U. moluccensis*, *U. asymmetricus* y *U. pori*) han invadido el Mediterráneo desde el mar Rojo; esto es, son colonizadores lessepsianos. Se cree que estas especies atravesaron el Canal de Suez, estando circunscritas al Mediterráneo Oriental (Ben-Tuvia, 1985; Ben-Tuvia y Golani, 1989; Golani y Galil, 1991). Recientemente, se ha observado en el Mediterráneo occidental una nueva especie perteneciente a un tercer género, *Pseudopeneus prayensis* (Whitehead et al., 1986).

Las especies del género *Mullus* se caracterizan por presentar dientes viliformes en la mandíbula inferior, en el vómer y en el palatino, pero no en la mandíbula superior (Günther, 1859; Hureau, 1986). Las diferencias entre las dos especies del Mediterráneo, el salmonete de roca y el de fango son, en primer lugar, el perfil de la cabeza (convexo-redondeado en el salmonete de roca, y muy abrupto, casi vertical en el de fango). Además, la coloración del salmonete de roca es de un color rojizo más intenso, mostrando una línea longitudinal de color rojo más intenso que va del ojo a la aleta caudal, y tres líneas amarillas-marrones que la acompañan por debajo. El salmonete de roca también presenta dos marcas negras bien definidas en la primera aleta dorsal, ausentes en el de fango (Fig.1.5). El número y el tamaño de las escamas suborbitales también difieren de una especie a otra.



Fig.1.5. Salmonete de roca (*Mullus surmuletus*). Foto de A. M. Arias extraída de [http://www.ictieterm.es/nombre\\_cientifico.php?nc=97](http://www.ictieterm.es/nombre_cientifico.php?nc=97)

El salmonete de roca es un pez costero-demersal que se distribuye en el mar Mediterráneo (incluyendo el mar Negro), y el Atlántico Oriental a lo largo de las costas de Europa y África (Fig.1.6). A diferencia del salmonete de fango, el de roca típicamente se establece sobre fondos rocosos y de grava, en praderas de *Posidonia oceanica* y, ocasionalmente, sobre fondos arenosos y fangosos (Aguirre, 2000). El intervalo de

distribución batimétrica de *M. surmuletus* va de 1 a 460 m (Lombarte et al., 2000; Aguirre, 2000). Aparece frecuentemente entre 50 y 100 m y, ocasionalmente, a profundidades mayores de 100 m (Reñones et al., 1995; Machias et al., 1998; Lombarte et al., 2000; Tserpes et al., 2002). Suele ser menos gregario que el salmonete de fango (Hureau, 1986), y durante el día se mueve en pequeños grupos o en solitario. Durante la noche, los salmonetes de roca se posan sobre el fondo formando agrupaciones discretas y dispersas (Aguirre, 2000), alimentándose de pequeños crustáceos, moluscos, equinodermos y anélidos (Gharbi y Ktari, 1979; Golani y Galil, 1991; Labropoulou et al., 1997; Le Pommelet, 1997; Aguirre, 2000).

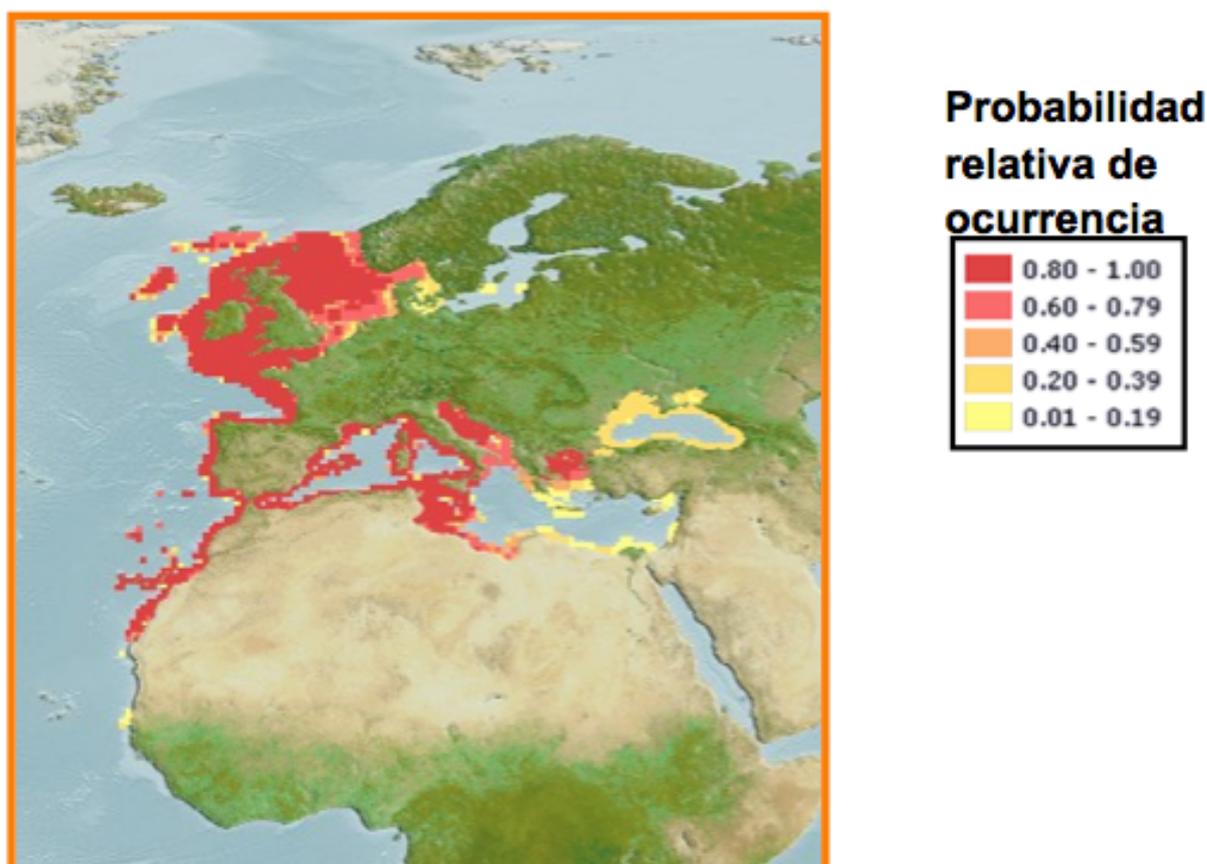


Fig.1.6. Distribución del salmonete de roca. Fuente: ([http://www.aquamaps.org/imagethumb/cached\\_maps/2050/pic\\_Fis-30320.jpg](http://www.aquamaps.org/imagethumb/cached_maps/2050/pic_Fis-30320.jpg))

Muchos autores han investigado el crecimiento y la reproducción del salmonete de roca en diferentes lugares de su área de distribución (Bougis, 1952; Menu y Girin, 1978; Gharbi y Ktari, 1981a; Jabeur et al., 2000; Jabeur et al., 2004). En esta sección, nos centraremos más en los trabajos realizados en la principal zona de estudio, el Mediterráneo español. Se trata de una especie con un ciclo de vida corto, de 4 a 6 años. El 50% de la madurez sexual se alcanza a los 15 cm y a los 16,8 cm de longitud total ( $L_T$ ) en machos y hembras, respectivamente (Reñones et al., 1995). Según Aguirre (2000), el periodo de desove se extiende de febrero a mayo, con un pico máximo en marzo y abril, mientras que según Morales-Nin (1991) y Reñones et al. (1995) el desove tendría lugar de marzo a junio, con un pico máximo en abril y mayo. El ciclo de vida del salmonete de roca es muy similar

al propuesto para el de fango por Suau y Vives (1957) (Reñones et al., 1995; Aguirre, 2000) (Fig.1.7). La zona máxima de freza se extiende entre las isóbatas de 80 a 120 m, aunque se han señalado agregaciones de adultos en aguas ligeramente más someras (entre 50-70 m) en la época de reproducción (Gharbi y Ktari, 1981b; Reñones et al., 1995; Aguirre, 2000). Una vez finalizada la freza, los salmonetes se retiran hacia aguas más profundas (Planas et al., 1955; Aguirre, 2000), mientras que la freza, los huevos y las larvas son arrastrados por las corrientes superficiales de alta mar hacia la costa, lo que se confirma por el hecho de observar salmonetes muy pequeños (de 20-64 mm de  $L_T$ ) entre las isóbatas de 40 a 60 m (Suau y Vives, 1957) y en alta mar (Deudero, 2002). La zona en la que los salmonetes tienden ya a tornarse más bentónicos en su viaje hacia la costa parece estar comprendida entre 20 y 40 m de profundidad. Durante este periodo, los juveniles van transformando su morfología a medida que avanza su ontogenia; p.e., su color pasa del azul de la fase pelágica al rojizo del adulto. Tras el asentamiento en aguas someras (7-15 m) en verano-otoño, los juveniles comienzan una migración paulatina hacia aguas más profundas (80-150 m) reclutándose a la población adulta a principios del invierno (Larrañeta y Rodríguez-Roda, 1956; Suau y Vives, 1957; Aguirre, 2000) (Fig.1.7).

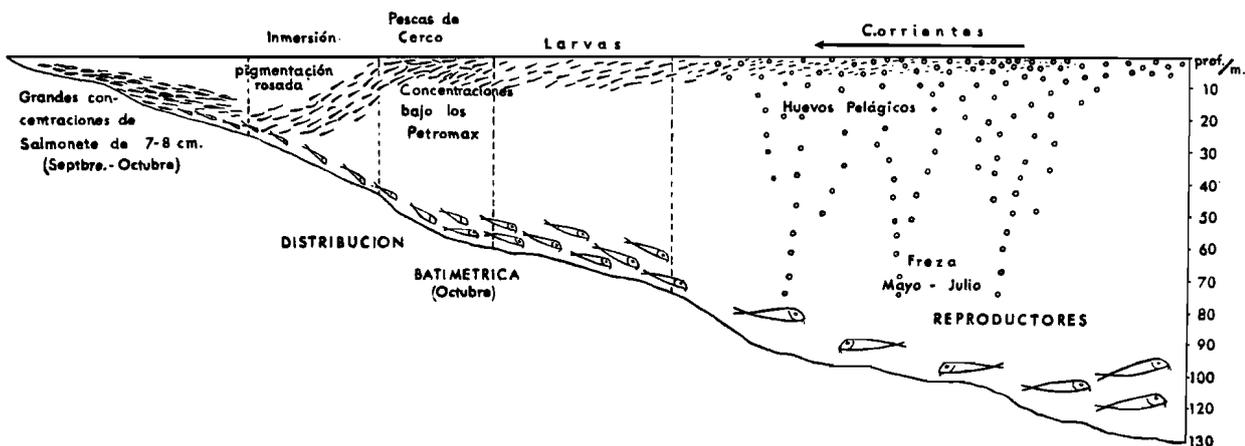


Fig.1.7. Ciclo de vida de los salmonetes (*Mullus* spp). Tomado de Suau y Vives (1957).

El salmonete de roca posee un gran valor comercial. Su precio puede llegar a ser de 12 €/kg hasta casi 20 €/kg en la subastas de la lonjas pesqueras, vendiéndose al público al doble del precio en las pescaderías, supermercados e hipermercados. Su alto valor comercial lo convierte en una especie muy apreciada, siendo objeto de una intensa pesca en todo el Mediterráneo (Stergiou, 1990; Morales-Nin, 1991; Reñones et al., 1995). En España, sus capturas comerciales han variado sustancialmente a lo largo del tiempo (Fig.1.8). En los años 60 se pescaban de 2.500 a 3.000 toneladas anuales, mientras que sus capturas han ido descendiendo hasta unas 800 o 1.000 toneladas en la última década (FAO, 2000) (Fig.1.8) Dicho descenso se debe a la sobreexplotación pesquera que sufre esta especie, sobre todo en las fases juveniles (Hadjistefanou, 1992; Stergiou et al., 1992; Farrugio et al., 1993; Demestre et al., 1997; Lleonart y Maynou, 2003; FAO, 2004). Actualmente, el salmonete de roca se considera como una especie sobreexplotada, tanto en

su fase juvenil (sobrepesca de crecimiento), como adulta (Deudero, 2002; Tserpes et al., 2002; Oliver, 2005).

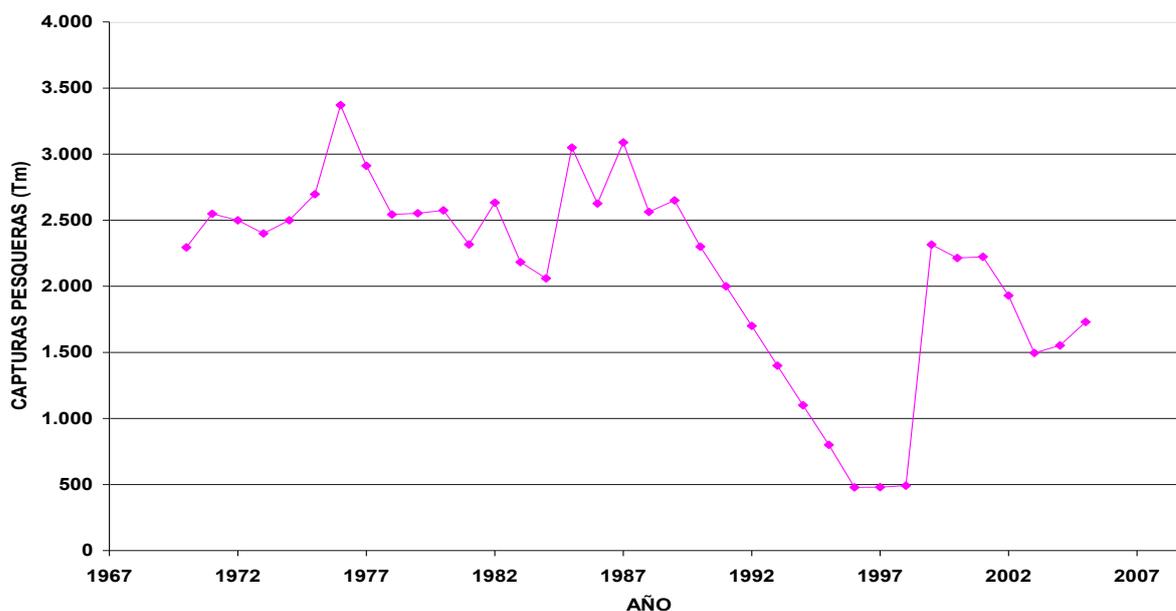


Fig.1.8. Capturas pesqueras anuales de salmonete de roca (en toneladas) en España (datos del FishstatPlus v.2.3)

## 1.10 Estudios previos sobre el salmonete de roca

El salmonete de roca ha sido objeto de una amplia variedad de estudios en todo el Mediterráneo dada su gran importancia económica. Se han investigado su ciclo de vida y estrategia vital, su morfología funcional (Aguirre y Lombarte, 1999; Aguirre y Lombarte, 2000; Bougis, 1952; Gharbi y Ktari, 1981b; Morales-Nin, 1991; Lombarte y Aguirre, 1997; Vassilopoulou y Papaconstantinou, 1991), su hábitat (Machias et al., 1998; Lombarte et al., 2000; Tserpes et al., 2002), estructura poblacional (Mamuris et al., 1998b; Mamuris et al., 1999; Mamuris et al., 2001), y dieta (Gharbi y Ktari, 1979; Golani y Galil, 1991; Labropoulou et al., 1997; Aguirre y Sánchez, 2005).

Con todo, se han realizado poco estudios sobre el salmonete de roca con el fin de conocer la estructura poblacional de esta especie (Mamuris et al., 1998b; Mamuris et al., 1999; Mamuris et al., 2001). En el estudio más reciente utilizando marcadores moleculares se halló evidencia de cierta estructura poblacional en Grecia, entre poblaciones de salmonetes del mar Jónico, del norte del mar Egeo y del Mar de Creta (sur del Egeo) (Mamuris et al., 2001). Aparentemente, estas diferencias se deben a las grandes restricciones oceanográficas y batimétricas que sufre la costa griega, que reducen el flujo genético entre estas zonas, tanto de individuos adultos bentónicos, como de las fases pelágicas (huevos y larvas). Quizá de forma un tanto sorprendente, no existen estudios similares para las poblaciones del Mediterráneo central y occidental.

En el Mediterráneo se han llevado a cabo varios estudios sobre la parasitofauna del salmonete de roca: en Grecia (Papoutsoglou, 1976), en Italia (Arculeo et al., 1997; Figus et al., 2005; Giannetto y Gaglio, 2005) y en Turquía (Akmirza, 2000). Algunos trabajos se han centrado en los digeneos, el grupo de parásitos más diverso en el salmonete de roca: en la

región mediterránea de Francia, (Bartoli y Prevot, 1966; Bartoli y Bray, 1987; Bartoli, 1989; Bartoli y Gibson, 1991; Bartoli et al., 2005; Le Pommelet et al., 1997; Le Pommelet, 1997), en Argelia (Brahim-Tazi et al., 2009), Israel (Fischthal, 1980) y el Líbano (Saad-Farès, 1985). Sin embargo, en aguas españolas, sólo existen estudios puntuales sobre ciertos taxones de parásitos (digeneos de la familia Opecoeliidae, nematodos del género *Hysterothylacium* y mixozoos) (Lopez-Roman y Guevara-Pozo, 1977; Martínez-Vicaria et al., 2000; Martín-Sánchez et al., 2003; Paramá et al., 2007). En cualquier caso, ninguno de los estudios anteriores ha abordado la utilización de los parásitos como marcadores poblacionales. Hasta la fecha sólo existe un estudio de este tipo: Barrett et al. (2005), utilizando información parasitológica de salmonetes de roca muestreados en dos localidades del Mediterráneo español (Burriana y Santa Pola), separadas entre sí por unos 300 km, consiguieron clasificar correctamente el 98,4 % de los peces en su localidad de procedencia.

## 1.11 Definición del problema

Como se ha señalado anteriormente, el salmonete de roca es una especie comercial de gran interés económico que actualmente se encuentra sobreexplotada. Por ello es fundamental conocer cómo están realmente estructuradas las unidades poblacionales (stocks) con el fin de mejorar la gestión pesquera de este recurso. Hasta la fecha, la CGPM ha dividido el Mediterráneo en 30 subáreas geográficas (véase GFCM, 2007, en las cuales los investigadores se dedican a recopilar datos (estimaciones de crecimiento y mortalidad, gráficas de CPUE [Captura Por Unidad de Esfuerzo] frente a la media del esfuerzo)), asumiendo implícitamente que los peces de cada subunidad geográfica constituyen un stock (Gulland, 1983; Caddy, 1998). Las preguntas clave son, pues, las siguientes: la subdivisión empleada es adecuada para una correcta gestión del recurso? ¿Existen procesos que generen estructuración poblacional a diferentes escalas espaciales, de forma que su conocimiento permita mejorar la gestión pesquera?

Como ya se señaló con anterioridad, los diferentes métodos que deberían utilizarse para identificar las unidades de stocks dependen de la especie estudiada, de la escala geográfica y de la pregunta que se desea contestar (Mamuris et al., 1998b). En nuestro caso, los estudios previos del salmonete de roca y el de fango (especies muy emparentadas filogenéticamente), sugieren que existe una variación local importante, ya que salmonetes alejados tan sólo por centenares de kilómetros han revelado diferencias en su carga parasitaria (Barrett et al., 2005) y también en sus caracteres morfológicos (Mamuris et al., 1998a). Aunque los marcadores moleculares también han detectado cierta variación intraespecífica en el salmonete de roca (Mamuris et al., 2001) entre regiones extensas, su capacidad de detectar variación a escala espacial más pequeña resulta más limitada, como ya hemos mencionado anteriormente.

## REFERENCIAS

- Abaunza, P. (2008). Teoría y práctica en la identificación de stocks de peces de interés comercial. El jurel (*Trachurus trachurus*) como ejemplo de una aproximación holística a la identificación de stocks. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco.
- Aguirre, H. (2000). Aspectos biológicos y ecológicos del salmonete de fango *Mullus barbatus* y del salmonete de roca *Mullus surmuletus* del Mediterráneo Noroccidental. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Aguirre, H. and Lombarte, A. (1999). Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. *Journal of Fish Biology*, 55, 105-114.
- Aguirre, H. and Lombarte, A. (2000). Distribution pattern of taste buds along hyoidal barbels of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. *Brain Behavior and Evolution*, 56, 323-329.
- Aguirre, H. and Sánchez, P. (2005). Repartición del recurso trófico entre *Mullus barbatus* y *M. surmuletus* en el Mar Catalán (Mediterráneo Noroccidental). *Ciencias Marinas*, 31, 429-439.
- Akmirza, A. (2000). Metazoon parasites of red mullet (*Mullus surmuletus* L.) caught near Gökçeada. *Journal of Faculty of Veterinary of Medicine University of*, 26, 129-140.
- Arculeo, M., Hristosvki, N., and Riggio, S. (1997). Helminth infestation of three fishes (*Serranus scriba*, *Mullus surmuletus*, *Scorpaena porcus*) from a coastal seaground in the Gulf of Palermo (Tyrrhenian Sea). *Italian Journal of Zoology*, 64, 283-286.
- Barrett, J., Kostadinova, A., and Raga, J. A. (2005). Mining parasite data using genetic programming. *TRENDS in Parasitology*, 21, 207-209.
- Bartoli, P. (1989). Distomatoses des Poissons teleosteens de l'herbier de posidonies de la Reserve Naturelle de Scandola. II Les Trématodes digénétiques de Rouget de roche, *Mullus surmuletus* L. *Travaux scientifiques du Parc Naturel Regional et de Reserves Naturelles de Corse*, 186, 1-75.
- Bartoli, P. and Bray, R. A. (1987). Redescriptions of two cryptogonimid digeneans from the fish *Dentex dentex* (L.,1758) (Sparidae) in the Mediterranean Sea. *Systematic Parasitology*, 10, 117-127.
- Bartoli, P. and Gibson, D. I. (1991). On *Podocotyle scorpaenae*, *Poracanthium furcatum* and *Derogenes latus*, three poorly known digenean parasites of western mediterranean teleosts. *Systematic Parasitology*, 20, 29-46.
- Bartoli, P., Gibson, D. I., and Bray, R. A. (2005). Digenean species diversity in teleost fish from a nature reserve off Corsica, France (Western Mediterranean), and a comparison with other mediterranean regions. *Journal of Natural History*, 39, 47-70.
- Bartoli, P. and Prevot, G. (1966). Contribution to the study of Monorchidae parasites of the fish of the *Mullus* genus in the Mediterranean. Description of *Timonia mediterranea* n. gen, n. sp. (Trematoda-Digenea) [Engl. sum.]. *Annales de Parasitologie Humaine et comparee*, 41, 397-412.
- Begg, G. A., Friedland, K. D., and Pearce, J. B. (1999). Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fisheries Research*, 43, 1-8.
- Begg, G. A. and Waldman, J. R. (1999). An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*, 43, 35-44.
- Ben-Tuvia, A. (1985). The impact of Lessepsian (Suez Canal) fish migration on the Eastern Mediterranean ecosystem. In M. Moraito-Apostolopoulo and V. Kiortsis (Eds.), *Mediterranean Marine Ecosystem*. NewYork: Plenum Press. (pp. 367-375).
- Ben-Tuvia, A. and Golani, D. (1989). A new species of goatfish (Mullidae) of the genus *Upeneus* from the Red-Sea and the Eastern Mediterranean. *Israel Journal of Zoology*, 36, 103-112.
- Bergenius, M. A. J., Begg, G. A., and Mapstone, B. D. (2006). The use of otolith morphology to indicate the stock structure of common coral trout (*Plectropomus leopardus*) on the Great Barrier Reef, Australia. *Fishery Bulletin*, 104, 498-511.
- BOE. Orden AAA/2808/2012, de 21 de diciembre, por la que se establece un Plan de Gestión Integral para la conservación de los recursos pesqueros en el Mediterráneo afectados por las pesquerías realizadas con redes de cerco, redes de arrastre y artes fijos y menores, para el período 2013-2017. 1-8. 2012.

- Bougis, P. (1952). Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L., *Mullus surmuletus* L.). *Archives de Zoologie Expeérimentale et Générale*, 89, 57-174.
- Brahim-Tazi, N. A., Meddour, A., Bayssade-Dufour, Ch., and Boutiba, Z. (2009). Investigation sur les parasites digenea de *Mullus surmuletus* Linné, 1758 dans le littoral algerien. *European Journal of Scientific Research*, 25, 448-462.
- Caddy, J. (1998). Issues in the Mediterranean fisheries management: geographical units and effort control. Rome, General Fisheries Commission for the Mediterranean. FAO. Studies and Reviews, 70, 1-64.
- Caddy, J. F. (1975). Spatial Model for An Exploited Shellfish Population, and Its Application to Georges Bank Scallop Fishery. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, 1305-1328.
- Caddy, J. F. (1993). Some future perspectives for assessment and management of Mediterranean fisheries. In J. Lleonart (Ed.), *Northwestern Mediterranean Fisheries*. Barcelona: Scientia Marina. (pp. 121-130).
- Cadrin, S. X. and Friedland, K. D. (1999). The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. *Fisheries Research*, 43, 129-139.
- Carvalho, G. R. and Hauser, L. (1994). Molecular-genetics and the stock concept in fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 4, 326-350.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C. N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froggia, C., Galil, B. S., Gasol, J. M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M. S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., Lopez-Fe de la Cuadra, C., Lotze, H. K., Martín, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J. I., San Vicente, C., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., and Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean sea: estimates, patterns, and threats. *Plos One*, 5, e11842.
- Comisión Europea. (2002a). Comunicación de la comisión al consejo y al parlamento europeo en la que se establece un plan de acción comunitario para la conservación y la explotación sostenible de los recursos pesqueros en el Mar Mediterráneo en el marco de la política pesquera común. Informe de la Comisión de las Comunidades Europeas 535. 1-40.
- Comisión Europea. (2002b). Plan de acción comunitario para erradicar la pesca ilegal, incontrolada y no regulada. Informe de la Comisión de las Comunidades Europeas 180. 1-12.
- Comisión Europea. (2006). Reglamento (CE) nº 1967/2006 del consejo de 21 de diciembre de 2006 relativo a las medidas para la explotación sostenible de los recursos pesqueros en el Mar Mediterráneo y por el que se modifica el Reglamento (CEE) nº 2847/93 y se derroga el Reglamento (CE) nº1626/94. 1-75.
- Comisión Europea (2008a). Especial Mediterráneo: la gestión de la pesca en el Mar Mediterráneo. *Pesca y acuicultura en Europa*, 39, 1-11.
- Comisión Europea. (2008b). Reglamento (CE) Nº 1005/2008 del consejo de 29 de septiembre de 2008 por el que se establece un sistema comunitario para prevenir, desalentar y eliminar la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada.
- Comisión Europea. (2013). Reglamento (UE) Nº 1380/2013 del parlamento europeo y del consejo de 11 de diciembre de 2013 sobre la Política Pesquera Común.
- Demestre, M., Sbrana, M., Alvarez, F., and Sanchez, P. (1997). Analysis of the interaction of fishing gear in *Mullus barbatus* fisheries of the western Mediterranean. *Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift fur Angewandte Ichthyologie*, 13, 49-56.
- Deudero, S. (2002). Unexpected large numbers of *Mullus surmuletus* juveniles in open waters of the Mediterranean sampled with light attraction devices. *Journal of Fish Biology*, 61, 1639-1642.
- Estrada, M. (1996). Primary production in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 60, 55-64.
- FAO. FISHTAT Plus: Universal software for fishery statistical time series. V 2.3. 2000. FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Units.
- FAO. (2001). International Plan of Action to prevent, deter and eliminate illegal, unreported and unregulated fishing. Rome, FAO Fisheries Report. 1-24.
- FAO. (2004). Report of the sixth stock assessment sub-committee meeting (SCSA), 10-12 May, Málaga (Spain). Rome, FAO.
- Farrugio, H. (1996). Mediterranean fisheries status and management. Evolution of the research

- and improvement of regional cooperation. Venezia (Italy): Diplomatic Conference on Fisheries Management in the Mediterranean.
- Farrugio, H., Oliver, P., and Biagi, F. (1993). An overview of the history, knowledge, recent and future research trends in Mediterranean fisheries. In J. Lleonart (Ed.), *Northwestern Mediterranean Fisheries*. Barcelona: Scientia Marina. (pp. 105-119).
- Figus, V., D'Amico, V., Cortis, M., and Canestri-Trotti, G. (2005). Prevalence, intensity and abundance of helminth parasites in *Mullus barbatus* L. and *M. surmuletus* L. from the south coast of Sardinia, Italy. *Biologia Marina Mediterranea*, 12, 675-677.
- Fischthal, J. H. (1980). Some digenetic trematodes of marine fishes from Israel's Mediterranean Coast and their zoogeography, especially those from Red Sea immigrant fishes. *Zoologica Scripta*, 9, 11-23.
- GFCM. (2007). GFCM Recommendations and Resolutions on Mediterranean Fisheries Management 31/02/2007
- Gharbi, H. and Ktari, M. H. (1979). Régime alimentaire des rougets (*Mullus barbatus* L., 1758 et *Mullus surmuletus* L., 1758) du Golfe de Tunis. *Bulletin Station Océanographique de Salammbô*, 6, 41-52.
- Gharbi, H. and Ktari, M. H. (1981a). Biologie de *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 et *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 (Poissons, Téléostéens, Mullidés) des côtes tunisiennes, taille et âge de première maturité sexuelle, cycle sexuel et coefficient de condition. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô*, 8, 41-51.
- Gharbi, H. and Ktari, M. H. (1981b). Croissance des rougets en Tunisie. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô*, 8, 5-40.
- Giannetto, S. and Gaglio, G. (2005). Indagini parassitologiche in specie ittiche marine selvatiche e allevate nella provincia di Messina. Ce.S.P.O.M. Promozione del prodotti della pesca e dell'acquacoltura dell'area della provincia di Messina e azioni di supporto alle aziende di produzione dei prodotti ittici per la certificazione di qualità.
- Golani, D. and Galil, B. (1991). Trophic relationships of colonizing and indigenous goatfishes (Mullidae) in the Eastern Mediterranean with special emphasis on decapod crustaceans. *Hydrobiologia*, 218, 27-33.
- Gosline, W. A. (1984). Structure, function, and ecology in the goatfishes (Family Mullidae). *Pacific Science*, 38, 312-323.
- Gulland, J. A. (1983). *Fish stock assesment. A manual of basic methods*. Chichester, New York: John Wiley and Sons.
- Günther, A. (1859). Catalogue of the Acanthopterygian Fishes. *Collection of the British Museum* (pp. 397-411).
- Hadjistefanou, N. A. (1992). Assessment of five demersal marine fish stocks of Cyprus for the year 1989. *FAO Fisheries Reports*, 477, 23-34.
- Hauser, L., Carvalho, G. R., and Hatfield, E. M. C. (2005). Big questions on small fish: Conceptual, methodological and analytical challenges in the population identification of pelagic species. ICES C.M.2005/K:06.
- Hilborn, R. and Walters, C. J. (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment*. Chapman y Hall, New York: Choice, Dynamics y Uncertainty.
- Hureau, J. C. (1986). Mullidae. In P. J. P. Whitehead, M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen, and E. Tortonese (Eds.), *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. V II*. Paris: UNESCO. (pp. 877-882).
- Ihsen, P. E., Booke, H. E., Casselman, J. M., Mcglade, J. M., Payne, N. R., and Utter, F. M. (1981). Stock Identification - Materials and Methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38, 1838-1855.
- Jabeur, C., Gobert, B., and Missaqui, H. (2004). Cycle de vie du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) dans le Golfe de Gabès et effet des métiers de la pêche au chalut sur son stock. *Biologia Marina Mediterranea*, 11, 155-158.
- Jabeur, C., Missaqui, H., Gharbi, H., and El Abed, A. (2000). La croissance du rouget rouge (*Mullus surmuletus*, L.1758) dans le golfe de Gabès. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô*, 27, 35-43.
- Kinsey, S. T., Orsoy, T., Bert, T. M., and Mahmoudi, B. (1994). Population-Structure of the Spanish sardine *Sardinella aurita*. Natural morphological variation in a genetically homogeneous population. *Marine Biology*, 118, 309-317.
- Kirkwood, G. (1998). Applicability of alternative methodologies and approaches to Mediterranean fisheries assessments. Workshop on gaps in Fishery Science. CIESM Workshop Series.

- Krebs, C. J. (1994). *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. California: Addison-Wesley Longman Inc.
- Labropoulou, M., Machias, A., Tsimenides, N., and Eleftheriou, A. (1997). Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research*, 31, 257-267.
- Larrañeta, M. G. and Rodríguez-Roda, J. (1956). Contribución al conocimiento de la pesquería del salmonete de fango (*Mullus barbatus*) de las costas de Castellón. *Investigación Pesquera*, 3, 45-68.
- Le Pommelet, E. (1997). Structures spatiales des populations, échelles d'organisation et biodiversité: les Digénes mésoparasites des Rougets du genre *Mullus* (Teleostei, Mullidae). Thèse Doctorat, Université de Montpellier.
- Le Pommelet, E., Bartoli, P., and Silan, P. (1997). Biodiversity of the digeneans and other intestinal helminths of goatfishes: A review for *Mullus surmuletus* (Linne, 1758) and *M. barbatus* (L., 1758) in the Mediterranean basin. *Annales des Sciences Naturelles-Zoologie et Biologie Animale*, 18, 117-133.
- Lester, R. J. G. (1990). Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41, 855-865.
- Lester, R. J. G., Sewell, K. B., Barnes, A., and Evans, K. (1988). Stock discrimination of orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*, by parasite analysis. *Marine Biology*, 99, 137-143.
- Lleonart, J. and Maynou, F. (2003). Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. *Scientia Marina*, 67, 37-49.
- Lo Bianco, S. (1907). L'origine dei barbigli taccili nel genere *Mullus*. *Classe di Scienza Fisiche, Matematiche e Naturali*, 16, 577-586.
- Lombarte, A. and Aguirre, H. (1997). Quantitative differences in the chemoreceptor systems in the barbels of two species of Mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) with different bottom habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 150, 57-64.
- Lombarte, A., Recasens, L., González, M., and Gil de Sola, L. (2000). Spatial segregation of two species of Mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) in relation to habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 206, 239-249.
- Lopez-Roman, R. and Guevara-Pozo, D. (1977). Algunos Opecoelidae Ozaki, 1825 de teleostéos del Mar de Alborán. *Exerta Parasitológica en Memoria del Doctor Eduardo Caballero y Caballero* (pp. 223-231). Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Machias, A., Somarakis, S., and Tsimenides, N. (1998). Bathymetric distribution and movements of red mullet *Mullus surmuletus*. *Marine Ecology Progress Series*, 166, 247-257.
- Mackenzie, K. (1983). Parasites as biological tags in fish population studies. *Annals of Applied Biology*, 7, 251-331.
- Mackenzie, K. (1987). Parasites as indicators of host populations. *International Journal for Parasitology*, 17, 345-352.
- Mackenzie, K. (2002). Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. *Parasitology*, 124, S153-S163.
- Mackenzie, K. and Abaunza, P. (2005). Parasites as biological tags. In S. X. Cadrin, K. D. Friedland, and J. R. Waldman (Eds.), *Stock identification methods: Applications in fishery science*. London: Elsevier Academic Press. (pp. 211-225).
- Mamuris, Z., Apostolidis, A. P., Panagiotaki, P., Theodorou, A. J., and Triantaphyllidis, C. (1998a). Morphological variation between red mullet populations in Greece. *Journal of Fish Biology*, 52, 107-117.
- Mamuris, Z., Apostolidis, A. P., and Triantaphyllidis, C. (1998b). Genetic protein variation in red mullet (*Mullus barbatus*) and striped red mullet (*M. surmuletus*) populations from the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 130, 353-360.
- Mamuris, Z., Stamatis, C., Moutou, K. A., Apostolidis, A. P., and Triantaphyllidis, C. (2001). RFLP analysis of mitochondrial DNA to evaluate genetic variation in striped red mullet (*Mullus surmuletus* L.) and red mullet (*Mullus barbatus* L.) populations. *Marine Biotechnology*, 3, 264-274.
- Mamuris, Z., Stamatis, C., and Triantaphyllidis, C. (1999). Intraspecific genetic variation of striped red mullet (*Mullus surmuletus* L.) in the Mediterranean Sea assessed by allozyme and random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *Heredity*, 83, 30-38.
- Margalef, R. (1985). Introduction to the Mediterranean. In R. Margalef (Ed.), *Western Mediterranean* (pp. 1-16). Series Key Environments. Pergamon Press.
- Martín-Sánchez, J., Díaz, M., Artacho, M. E., and Valero, A. (2003). Molecular arguments for considering *Hysterothylacium fabri* (Nematoda: Anisakidae) a complex of sibling species. *Parasitology Research*, 89, 214-220.

- Martínez-Vicaria, A., Martín-Sánchez, J., Illescas, P., Lara, A. M., Jimenez-Albarran, M., and Valero, A. (2000). The occurrence of two opecoeliid digeneans in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* from the Spanish south-eastern Mediterranean. *Journal of Helminthology*, 74, 161-164.
- Mattiucci, S., Abaunza, P., Damiano, S., Garcia, A., Santos, M. N., and Nascetti, G. (2007). Distribution of *Anisakis* larvae, identified by genetic markers, and their use for stock characterization of demersal and pelagic fish from European waters: an update. *Journal of Helminthology*, 81, 117-127.
- Menu, B. and Girin, M. (1978). Ponte, incubation et développement larvaire du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) en laboratoire. *Vie et Milieu*, 29, 517-530.
- Millot, C. and Taupier-Letage, I. (2005). Circulation in the Mediterranean sea. *Mediterranean Sea*, 5, 29-66.
- Morales-Nin, B. (1991). Parámetros biológicos del salmonete de roca *Mullus surmuletus* (L. 1758), en Mallorca. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 7, 139-147.
- Mouillot, D., Albouy, C., Guilhaumon, F., Ben-áRais-áLasram, F., Coll, M., Devictor, V., Meynard, C., Pauly, D., Tomasini, J., Troussellier, M., Velez, L., Watson, R., Douzery, E., and Mouquet, N. (2011). Protected and Threatened Components of Fish Biodiversity in the Mediterranean Sea. *Current Biology*, 21, 1044-1050.
- Mustafa, S. (1999). Introduction. In S. Mustafa (Ed.), *Genetics in Sustainable Fisheries Management* Oxford: Fishing News Books. (pp. 3-23).
- Nelson, J. S. (1994). *Fishes of the World*. New York: John Wiley y sons.
- Oliver, P. (2005). Explotación y estado de los recursos pesqueros en Cataluña. Congreso de la Pesca Marítima en Cataluña. La Ametlla de Mar, 4-5 noviembre 2005.
- Papoutsoglou, S. E. (1976). Metazoan parasites of fishes from Saronic gulf Athens, Greece. *Thalassographica*, 1, 69-102.
- Paramá, A., Leiro-Vidal, J. M., and San Martín-Durán, M. (2007). Presencia de mixosporidios en salmonete de roca (*Mullus surmuletus*): estudio preliminar. Madrid 15-20 de Julio: Congreso Ibérico de Parasitología 10.
- Thorpe, J., Gall, G., Lannan, J., and Nash, C. (1995). *Conservation of Fish and Shellfish Resources*: Pawson, M. G. and Jennings, S. (1996). A critique of methods for stock identification in marine capture fisheries. *Fisheries Research*, 25, 203-217.
- Perdiguero-Alonso, D. Parasite communities of the European Cod. (2008). Tesis doctoral, Universitat de Valencia.
- Planas, A., Vives, F., and Suau, P. (1955). Estudio de los peces jóvenes capturados con artes de arrastre o "bou". *Investigación Pesquera*, 2, 55-83.
- Reñones, O., Massutí, E., and Morales-Nin, B. (1995). Life history of the red *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (north-west Mediterranean). *Marine Biology*, 123, 411-419.
- Rodríguez, J. Oceanografía del Mar Mediterráneo. 1-174. 1982. Madrid, Editorial Pirámide.
- Saad-Farès, A. (1985). Trematodes de poissons des côtes du Liban. Spécificité, transmission et approche populationnelle. Thèse Doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- Shaklee, J. B. and Currens, K. (2003). Genetic stock identification and risk assessment. In E. M. Hallerman (Ed.), *Population genetics: principles and applications for fisheries scientists* Bethesda, USA: American Fisheries Society. (pp. 291-328).
- Sinclair, M. (1988). *Marine populations. An essay on population regulation and speciation. Books in recruitment fishery oceanography*. Seattle and London: Wahisngton Sea Grant Program. Distributed by University of Washington Press.
- Sindermann, C. (1983). Parasites as natural tags for marine fish: a review. *Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Studies*, 63-71.
- Stergiou, K. I. (1990). Prediction of the Mullidae fishery in the Eastern Mediterranean 24 months in advance. *Fisheries Research*, 9, 67-74.
- Stergiou, K. I., Petrakis, G., and Papaconstantinou, C. (1992). The Mullidae (*Mullus barbatus*, *M. surmuletus*) fishery in Greek waters, 1964-1986. *FAO Fisheries Reports*, 477, 97-113.
- Suau, P. and Vives, F. (1957). Contribución al estudio del salmonete de fango (*Mullus barbatus*) del Mediterráneo occidental. *Investigación Pesquera*, 9, 97-118.
- Managing Diversity*. San Diego: Academic Press.

- Tserpes, G., Fiorentino, F., Levi, D., Cau, A., Murenu, M., Zamboni, A., and Papaconstantinou, C. (2002). Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management. *Scientia Marina*, 66, 39-54.
- Vassilopoulou, V. and Papaconstantinou, C. (1991). Preliminary biological data of the striped red mullet. *FAO Fisheries Reports*, 477, 85-96.
- Waldman, J. R. (1999). The importance of comparative studies in stock analysis. *Fisheries Research*, 43, 237-246.
- Whitehead, P. J. P., Bauchot, M. L., Hureau, J. C., Nielson, J., and Tortonese, E. (1986). *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Paris: UNESCO.
- Williams, A. J., Davies, C. R., Mapstone, B. D., and Russ, G. R. (2003). Scale of spatial variation in demography of a large coral-reef fish—an exception to the typical model? *Fishery Bulletin*, 673-683.
- Williams, H. H., Mackenzie, K., and McCarthy, A. M. (1992). Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, 144-176.
- Zenetos, A., Sioku-Frangou, I., Gotsis-Skreta, O., and Groom, S. (2007). The Mediterranean Sea. Blue oxygen-rich, nutrient-poor waters. European Environment Agency. Europe's biodiversity. 1-22.





# Objetivos



El principal objetivo de esta tesis es analizar e interpretar la variación espaciotemporal de la parasitofauna del salmonete de roca en el Mediterráneo occidental. Además de su valor intrínseco, dicha información se utilizará para identificar posibles stocks ecológicos de dicha especie que, si es el caso, sirvan para mejorar su gestión como recurso pesquero. Se abordarán los siguientes objetivos específicos:

1. Describir y caracterizar, por primera vez, los metazoos parásitos del salmonete de roca en la costa mediterránea española y en Túnez.

2. Clasificar, cuando proceda, nuevos taxones parasitarios e investigar la validez de los ya descritos.

3. Analizar la variación espacial de la fauna parasitaria a varias escalas espaciales: (1) biogeográfica (cuenca del Mediterráneo); (2) macroescala (entre España y Túnez); (3) mesoescala (entre diferentes localidades de la costa española) y (4) microescala (en diferentes puntos de una misma localidad) y explorar los procesos que explican dichas variaciones.

4. Analizar la variación temporal de la fauna parasitaria a dos escalas temporales, estacional e interanual, explorando los procesos que explican dichas variaciones.

5. Investigar las implicaciones de los objetivos 3 y 4 para la identificación de stocks y la trazabilidad pesquera del salmonete de roca. Ello implicará también realizar una revisión crítica del uso de parásitos como marcadores.



# **Capítulo 2. Materiales y métodos generales**



La elección del diseño de muestreo es un paso crucial en los estudios de identificación de stocks (Abaunza, 2008). Para ello, además del conocimiento estadístico, hay que tener en cuenta las características biológicas y ecológicas de la especie estudiada (Waters y Erman, 1990), y los aspectos operacionales de la recogida de muestras. Como ya se ha señalado, en este estudio el objetivo principal es investigar si los parásitos pueden ser usados para la identificación de *stocks*, además de predecir la localidad de captura, de los salmonetes de roca, investigando la variación a diferentes escalas espaciotemporales. El plan de muestro se diseñó teniendo en cuenta este objetivo.

## 2.1 Diseño muestral

Los ejemplares de salmonete de roca procedían de España y Túnez. En España, las muestras se recogieron estacionalmente desde el verano del 2003 hasta la primavera del 2005 (2 años consecutivos) en 5 puertos de la costa del Mediterráneo español: Barcelona, Burriana, Santa Pola, Roquetas de Mar y Fuengirola (Fig.2.1). Por tanto, se obtuvieron 8 muestras por localidad. El intervalo de los muestreos entre las distintas localidades dentro de cada estación nunca excedió 15 días. Además, se recogieron muestras puntuales procedentes de Palamós (abril de 2004), Peñíscola (noviembre de 2004) y Valencia (febrero de 2006), en el Mediterráneo español, y Barbate (junio de 2005), en el Océano Atlántico español (Fig.2.1). En Túnez, los salmonetes se recogieron de 2 localidades, Sfax y Zarzis, en la primavera y el invierno del 2006 (Fig.2.1).

En un principio el diseño muestral fue elaborado para observar si existían cambios estacionales o anuales ya que, como se señaló en la introducción, este es uno de los requisitos fundamentales para usar los parásitos como marcadores. Además, este diseño permite investigar la coherencia de los cambios estacionales en los parámetros de infección parasitaria entre localidades. No obstante, nuestros resultados revelaron una gran variabilidad intralocalidad que nos llevó a efectuar un estudio más minucioso dentro de una misma localidad. El diseño muestral en este caso se detallará en el Capítulo 8.

En todos los casos, los peces fueron capturados por barcos de pesca artesanal de trasmallo o arrastreros que faenaban en áreas adyacentes a los puertos y volvían en el mismo día. Los pescadores nos indicaron que las localidades de captura se encontraban en un radio aproximado de 5-40 km de distancia del puerto (es decir, un diámetro máximo de 80 km), pero fueron generalmente reacios a proporcionar las coordenadas geográficas exactas del lugar de captura. En cada puerto los peces fueron guardados en hielo hasta su llegada al laboratorio donde se obtuvo la longitud total (LT), la longitud estándar (LE) y el peso de cada ejemplar.

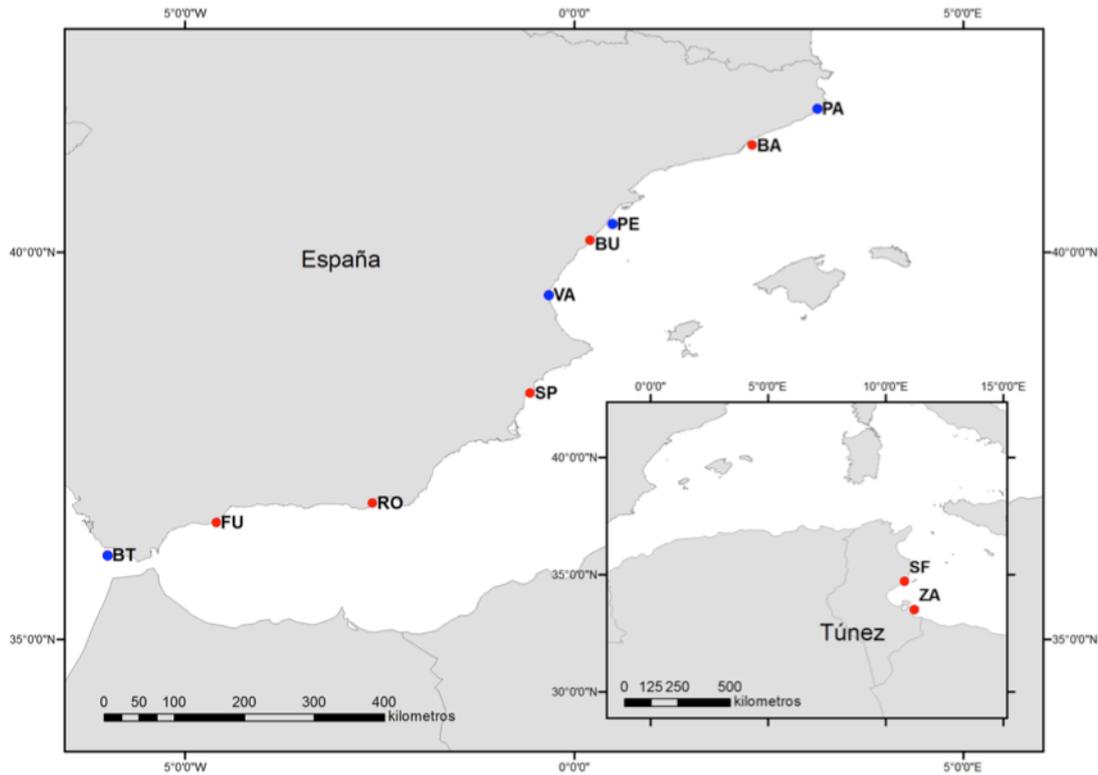


Fig.2.1. Mapa del Mediterráneo que muestra en rojo la ubicación de las 5 localidades clave de muestreo españolas (BA: Barcelona; BU: Burriana; SP: Santa Pola; RO: Roquetas de Mar; FU: Fuengirola) y las 2 tunecinas (SF: Sfax; ZA: Zarzis). Se señalan en azul otras localidades donde se hicieron muestreos puntuales: PA: Palamós; PE: Peñíscola; VA: Valencia; BT: Barbate.

El tamaño (edad) de los hospedadores podría influir en las comparaciones geográficas al afectar potencialmente los parámetros de infección. Para descartar dicho efecto, se seleccionaron 25 peces al azar de cada muestra global adquirida de los pescadores de forma que no presentaran diferencias en el tamaño medio ni en la distribución de tamaños entre muestras ( $P > 0,05$ ) (para más detalles véase el Capítulo 8). Los peces seleccionados se envolvieron individualmente en papel de aluminio, se etiquetaron y se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su examen.

## 2.2 Localidades de estudio

Como ya se ha señalado, el radio de acción pesquera cubría un rango de 5-40 km de distancia al puerto. Además, los pescadores señalaron que las capturas del salmonete de roca no sobrepasan la isobata de 200 m. A partir de estos datos se describió calculó el área potencial de actividad pesquera de cada localidad mediante los mapas de (Rey y Medialdea, 1989) usando el programa Image Tool 3.00 (disponible en <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>). Se calculó el área total de zona de pesca ( $\text{km}^2$ ) y el número y área de las manchas de cada tipo de sedimento (roca, grava, arena y fango). Al tratarse de estimaciones aproximadas, no se tuvo en cuenta la zona de exclusión de pesca de arrastre (3 millas de la costa si la profundidad es inferior a 50 metros).

Tabla 2.1 Datos biológicos del salmonete de roca. El número total de peces analizados por muestreo (N), los valores medios de la Longitud Estándar (LE) y del peso junto a la desviación típica (DT) y el nº de hembras están indicados por localidad y muestra.

<b>Barcelona</b>				
<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (mm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Verano 2003	25	146±9	83,2±15,2	22
Otoño 2003	25	151±10	82,7±16,6	7
Invierno 2004	25	146±10	73,5±13,8	11
Primavera 2004	25	149±9	78,6±15,7	3
Verano 2004	25	148±9	78,3±14,5	10
Otoño 2004	25	153±4	82,2±9,4	6
Invierno 2005	25	149±8	71,8±12,5	16
Primavera 2005	25	150±10	82,2±15,7	8

<b>Burriana</b>				
<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (mm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Verano 2003	25	147±6	80,8±10,2	18
Otoño 2003	25	151±8	83,9±13,0	18
Invierno 2004	25	149±8	81,3±16,0	7
Primavera 2004	25	149±10	78,7±15,4	20
Verano 2004	25	149±8	80,4±16,7	11
Otoño 2004	25	149±10	77,3±15,9	10
Invierno 2005	25	153±7	85,9±12,3	11
Primavera 2005	25	148±9	75,7±11,9	14

<b>Santa Pola</b>				
<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (mm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Verano 2003	25	147±9	76,2±13,6	14
Otoño 2003	25	147±7	73,6±12,6	23
Invierno 2004	25	146±9	79,5±15,9	15
Primavera 2004	25	148±11	74,8±15,9	13
Verano 2004	25	148±9	76,1±17,2	5
Otoño 2004	25	152±9	83,1±14,9	6
Invierno 2005	25	148±8	74,0±15,2	5
Primavera 2005	25	147±9	75,2±15,4	12

<b>Roquetas de mar</b>				
<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (mm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Verano 2003	25	148±8	78,1±12,7	21
Otoño 2003	25	145±8	77,2±12,1	18
Invierno 2004	25	147±10	73,5±8,5	15
Primavera 2004	25	148±9	78,8±15,1	21
Verano 2004	25	150±8	84,4±16,2	19
Otoño 2004	25	144±9	72,8±17,0	9
Invierno 2005	25	153±7	82,9±12,5	9
Primavera 2005	25	153±8	83,5±14,9	17

<b>Fuengirola</b>				
<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (mm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Verano 2003	25	149±8	84,4±13,3	17
Otoño 2003	25	148±9	81,4±14,8	10
Invierno 2004	25	149±10	79,9±18,1	13
Primavera 2004	25	147±11	78,2±16,4	17
Verano 2004	25	149±10	79,6±16,5	12
Otoño 2004	25	146±10	72,8±19,0	10
Invierno 2005	25	148±8	79,3±13,9	9
Primavera 2005	25	151±10	80,3±16,2	6

<b>Sfax</b>				
<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (cm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Invierno 2006	25	141±9	74,5±15,7	-
Primavera 2006	25	140±7	73,7±8,0	-

<b>Zarzis</b>				
<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (cm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Invierno 2006	25	142±14	77,3±22,0	-
Primavera 2006	25	150±12	92,0±20,4	--

Tabla 2.2 Datos biológicos del salmonete de roca fuera de las localidades del muestreo general. El número total de peces analizados por muestreo (N), los valores medios de la Longitud Estándar (LE) y del peso junto a la desviación típica (DT) y el nº de hembras están indicados por localidad y muestra.

<b>Fuera de muestreo</b>	<b>N</b>	<b>LE±D.T. (cm)</b>	<b>PESO±D.T (g)</b>	<b>Nº HEMBRAS</b>
Valencia	7	182±10	151,4±25,0	6
Peñíscola	5	159±7	93,4±11,7	1
Palamós	15	154±22	92,7±52,3	8
Barbate	15	195±12	186,4±37,3	8
Barcelona (fuera de talla)	32	141±49	92,8±10,4	8
Burriana (fuera de talla)	30	138±14	60,8±19,6	17

## Barcelona

Esta área de estudio está situada en el Mediterráneo noroccidental y forma parte del margen continental septentrional del mar Catalanobaleár. Se localiza en la costa catalana entre los 41° 44' y 41° 12' N y los 2° 40' y 1° 19' E (Fig.2.2), con un área total de 1566 km<sup>2</sup> y una relativa heterogeneidad de los distintos tipos de sedimentos que la conforman (Tabla 2.3).

En esta zona el margen continental presenta una plataforma relativamente estrecha, con una amplitud media de 20 km, surcada por varios cañones como el de Foix y Mataró de Arenys. La plataforma es de reducida extensión en el sector septentrional y va aumentando a medida que nos desplazamos hacia el sur, reduciéndose a 8 km justo en frente de Barcelona y volviendo a ensancharse progresivamente hacia el sur (Maldonado et al., 1989).

Tabla 2.3. Descripción de los fondos oceánicos del área de pesca indicando el nº de manchas y el área total de cada tipo de sedimento (km<sup>2</sup>).

Tipo de sedimento	Nº manchas	Área (km <sup>2</sup> )
Roca	2	8,5
Grava	2	10,8
Fango	5	413,2
Arena	3	1133,2
Área total	12	1565,7

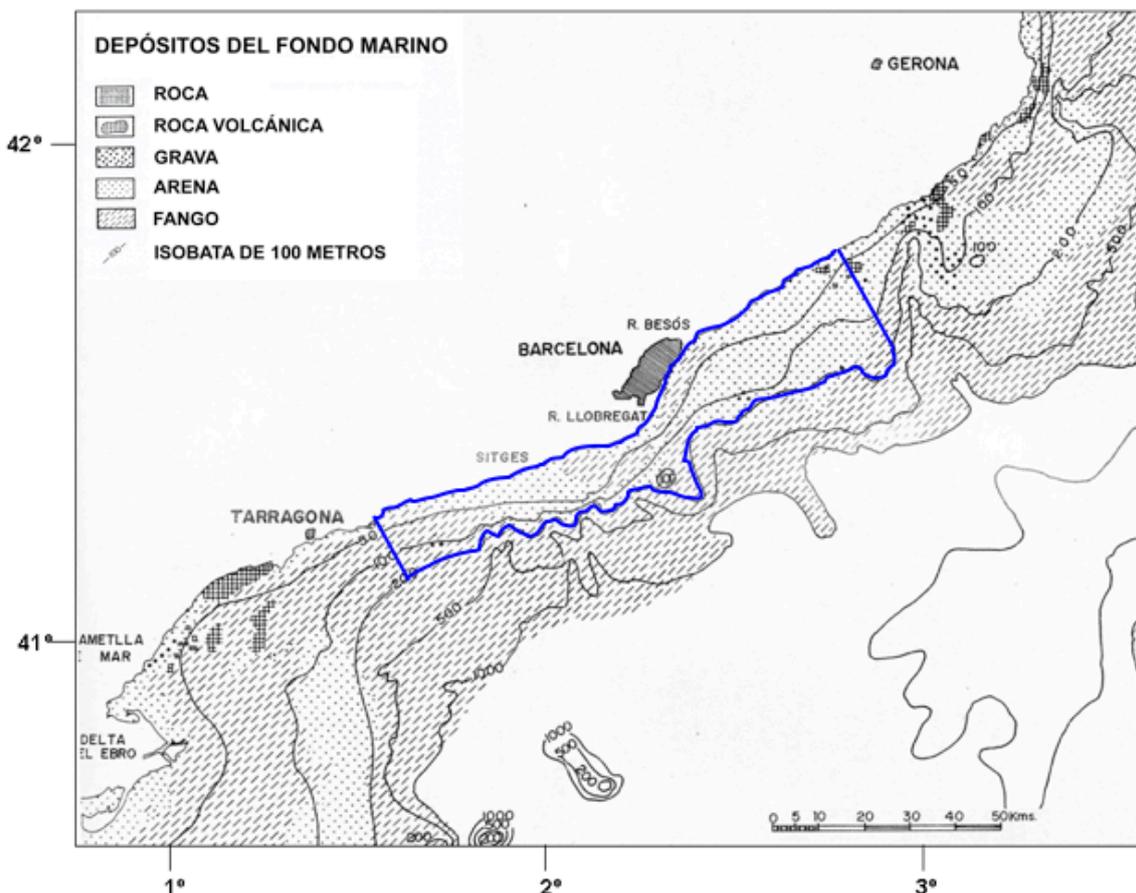


Fig.2.2. Descripción física de los sedimentos de la zona de pesca en Barcelona. La línea en azul delimita dicha zona. Tomado de Rey y Medialdea (1989).

### Burriana

Esta área está situada en el Mediterráneo noroccidental y forma parte del margen continental central del mar Balear. Se localiza en la costa valenciana entre los 40° 15' y 39° 8' N y los 0° 47' E y 0° 19' O (Fig.2.3), y su área total es de 4260 km<sup>2</sup>. El reparto de los diferentes tipos de sedimentos se encuentra en la Tabla 2.4. En este caso se ha eliminado el área correspondiente a la Reserva Marina de las Islas Columbretes donde está prohibido pescar. La plataforma continental de Burriana presenta el mayor desarrollo y extensión de la Península ibérica (Rey y Medialdea, 1989), pudiendo llegar hasta las 30 millas náuticas.

Tabla 2.4. Descripción de los fondos oceánicos del área de pesca indicando el nº de manchas y el área total de cada tipo de sedimento (km<sup>2</sup>).

Tipo de sedimento	Nº manchas	Área (km <sup>2</sup> )
Roca	10	278,0
Grava	7	214,6
Fango	3	1457,3
Arena	10	2310,3
Área total	30	4260,3

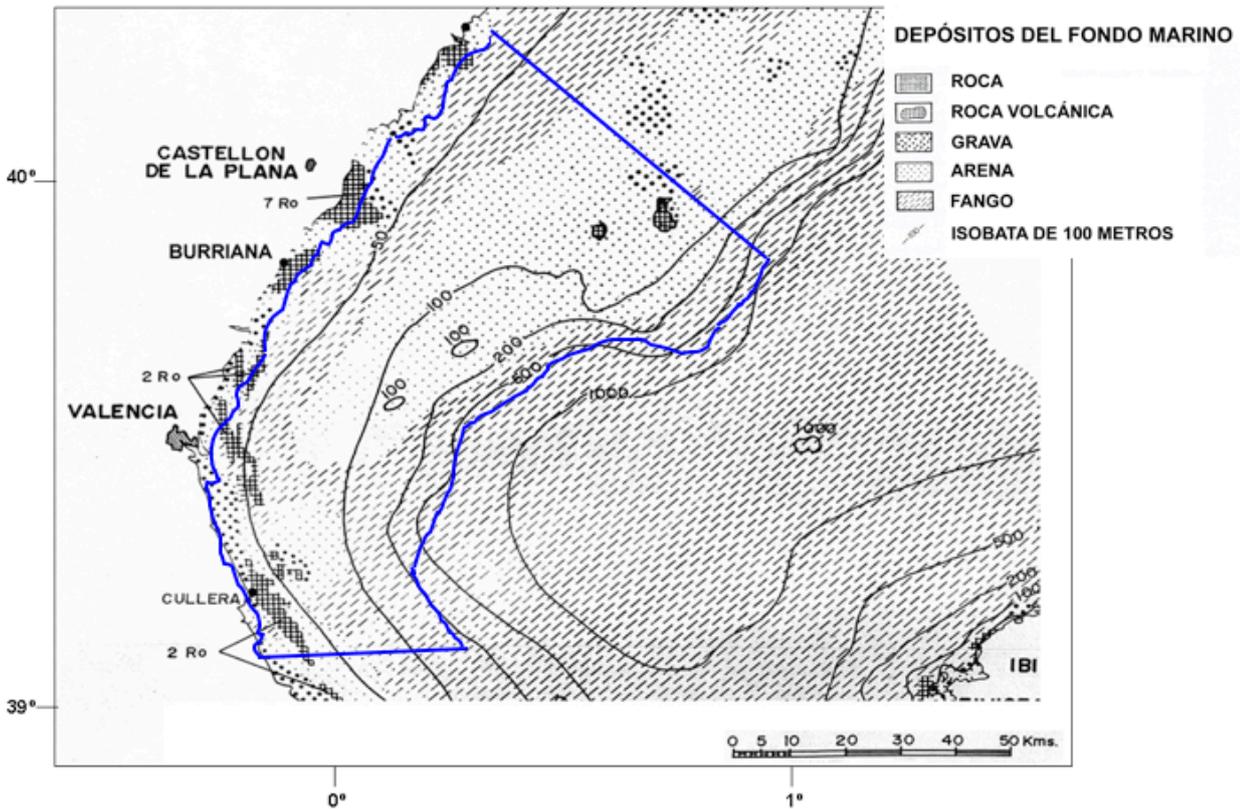


Fig.2.3. Descripción física de los sedimentos de la zona de pesca en Burriana. La línea en azul delimita dicha zona. Tomado de Rey y Medialdea (1989).

## Santa Pola

Esta área está situada en el Mediterráneo noroccidental y forma parte del margen continental meridional del mar Balear. Se localiza en la costa alicantina entre los 38° 33' y 37° 38' N y los 0° 38' Este y 0° 58' O (Fig.2.4), con un área total de 4032 km<sup>2</sup>. El reparto de los diferentes tipos de sedimentos se encuentra en la Tabla 2.5. En esta zona la plataforma continental posee una anchura media de 25 km, con un máximo de 30 km frente a Punta Prima (Alicante), a partir del cual va estrechándose progresivamente hacia el sur, llegando a presentar un mínimo de 13 km frente al Cabo de Palos (Catafau et al., 1990).

Tabla 2.5. Descripción de los fondos oceánicos del área de pesca indicando el nº de manchas y el área total de cada tipo de sedimento (km<sup>2</sup>).

Tipo de sedimento	Nº manchas	Area (km <sup>2</sup> )
Roca	16	787,2
Grava	10	306,4
Fango	7	1679,0
Arena	13	1260,4
Área total	46	4032,0

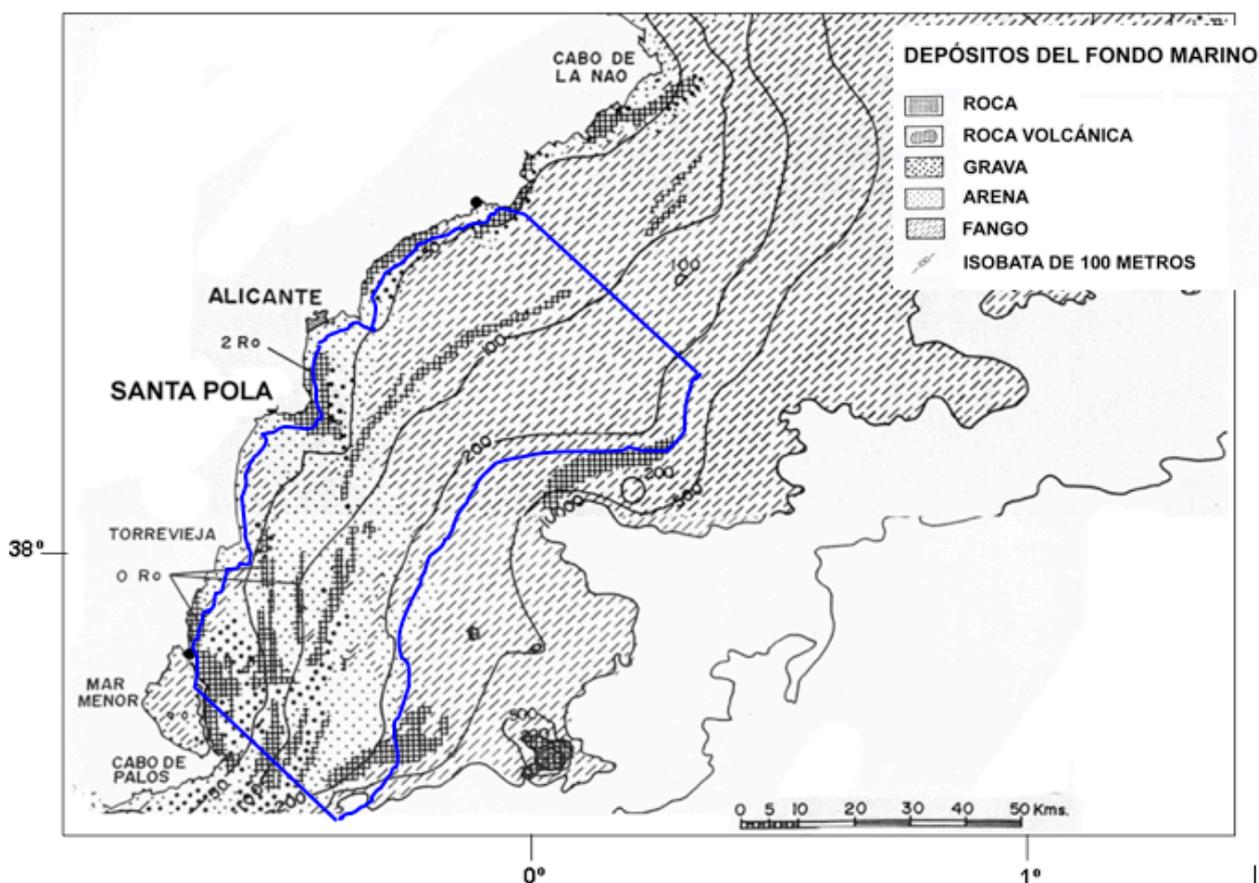


Fig.2.4. Descripción física de los sedimentos de la zona de pesca en Santa Pola. La línea en azul delimita dicha zona. Tomado de Rey y Medialdea (1989).

### Roquetas de Mar

Esta área se encuentra en el Mediterráneo suroccidental formando parte de la cuenca oriental del mar de Alborán. Se localiza en la costa almeriense entre los 36° 51' y 36° 33' N y los 2° 11' y 2° 59' O (Fig.2.5), con un área total de 1169 km<sup>2</sup>. El reparto en los diferentes tipos de sedimentos se encuentra en la Tabla 2.6. La plataforma continental en el Cabo de Gata hacia el sur alcanza una anchura de cerca de 20 km. En la zona oriental la plataforma es bastante irregular, con una anchura de 4 a 6 km. Rompiendo el suave gradiente de la plataforma aparecen una serie de escarpes alineados o frentes de terrazas, cuya situación varía entre los 90 y 130 m de profundidad. Al oeste del cabo de Gata la anchura de la plataforma continental se mantiene con cierta regularidad entre los 4 y 6 km (Baena et al., 1982).

Tabla 2.6. Descripción de los fondos oceánicos del área de pesca indicando el nº de manchas y el área total de cada tipo de sedimento (km<sup>2</sup>).

Tipo de sedimento	Nº manchas	Area (km <sup>2</sup> )
Roca	9	258,9
Grava	2	27,3
Rocas volcánicas	4	19,3
Fango	9	319,1
Arena	9	544,8
Área total	33	1169,3

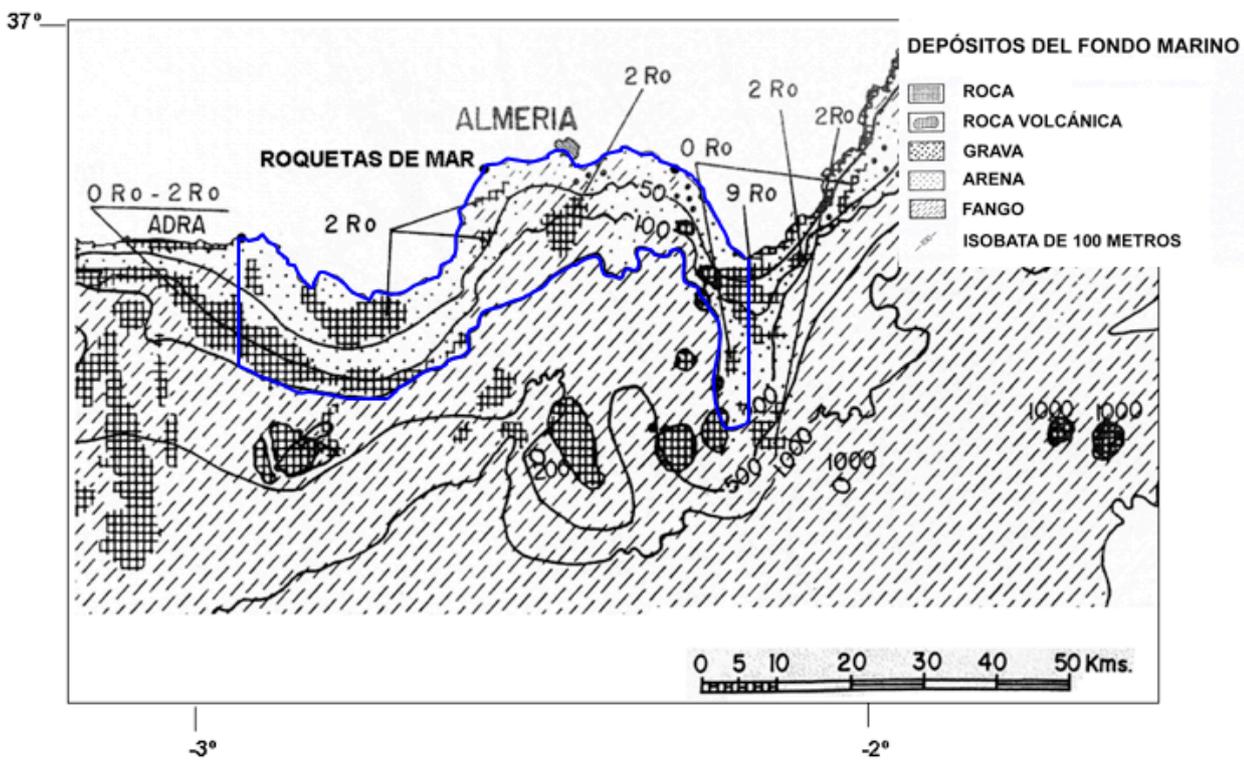


Fig.2.5. Descripción física de los sedimentos de la zona de pesca en Roquetas de mar. La línea en azul delimita dicha zona. Tomado de Rey y Medialdea (1989).

## Fuengirola

Esta área está situada en el Mediterráneo suroccidental y forma parte del margen continental del mar de Alborán. Se localiza en la costa malagueña entre los 36° 40' y 36° 20' N y los 4° 14' y 5° 7' O (Fig.2.6), con un área total de 862 km<sup>2</sup>. El reparto de los diferentes tipos de sedimento se muestra en la Tabla 2.7. En esta zona la plataforma continental es muy estrecha, entre 2 y 10 km; los fondos son muy accidentados y están caracterizados por cañones, cordilleras de diversos tamaños y profundidades (Cañadas et al., 2004).

Tabla 2.7. Descripción de los fondos oceánicos del área de pesca indicando el nº de manchas y el área total de cada tipo de sedimento (km<sup>2</sup>).

Tipo de sedimento	Nº manchas	Área (km <sup>2</sup> )
Roca	16	190,5
Grava	4	6,5
Fango	5	266,0
Arena	10	398,7
Área total	35	861,6

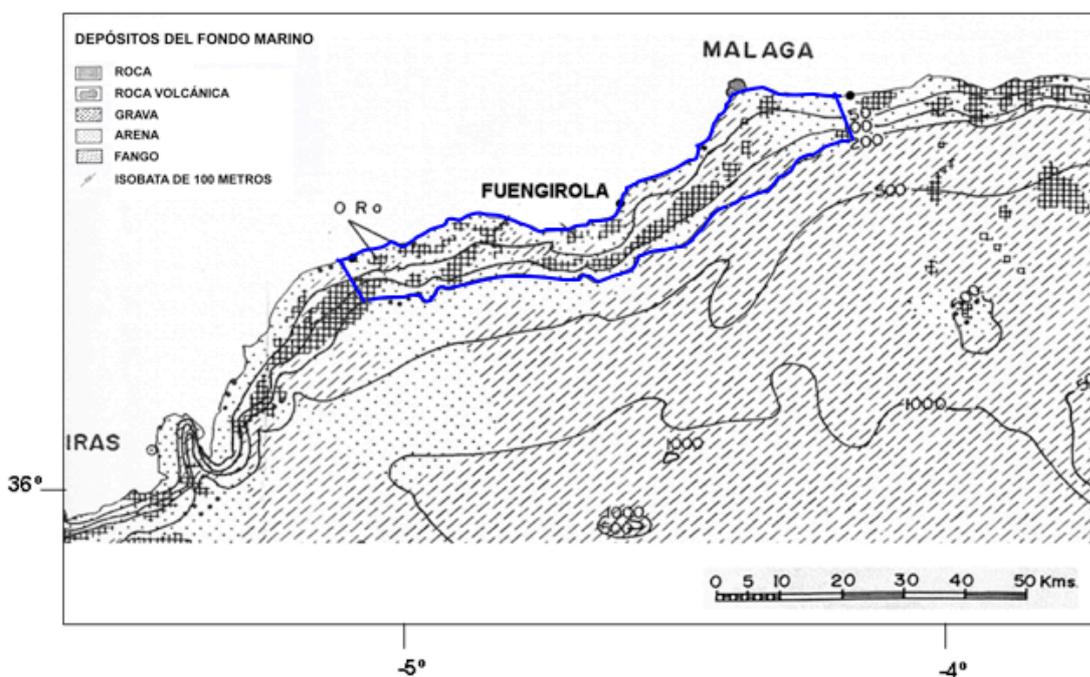


Fig.2.6. Descripción física de los sedimentos de la zona de pesca en Fuengirola. La línea en azul delimita dicha zona. Tomado de Rey y Medialdea (1989).

### **Sfax y Zarzis**

Estos dos puertos tunecinos se encuentran en el Golfo de Gabès, que ocupa un lugar privilegiado en el centro del Mediterráneo, siendo el nexo de unión de la cuenca oriental y la occidental. En el Golfo de Gabès se encuentran las amplitudes y corrientes de marea más marcadas de todo el Mediterráneo debido a la gran anchura y poca inclinación de la plataforma continental: la amplitud de la marea puede ascender a 2,5 m en las mareas vivas (Hofrichter et al., 2001). Este golfo presenta una amplia plataforma continental sin presencia de relieve y con una pendiente muy suave que hace que la isobata de los 200 metros se alcance a 250 kilómetros de la costa (Ben-Salem et al., 2002). Además, alberga extensas praderas marinas formadas principalmente por *Posidonia oceanica* (Hofrichter et al., 2001). Estas peculiares características topográficas y biológicas favorecen la reproducción y el desarrollo de numerosas especies marinas; de hecho, en 1971 Ben Othman registró 208 taxones entre 0 y 300 m de profundidad (Ben-Salem et al., 2002).

## **2.3 Recolección y procesado de los parásitos**

Durante el análisis parasitológico en el laboratorio, los peces seleccionados se descongelaron, se lavó su superficie externa con solución salina, y el filtrado externo se recogió para su posterior examen parasitológico. Después los salmonetes se evisceraron y la cavidad interna se lavó con solución salina, recogiendo así el filtrado interno. Posteriormente se examinó por separado cada órgano. Las branquias se extrajeron, y cada arco branquial se lavó en solución salina y se examinó individualmente. El tracto digestivo se dividió en cinco partes (esófago, estómago, ciegos pilóricos, intestino y recto) y cada parte fue lavada con solución salina y examinada por separado. Los restantes órganos: corazón, hígado, bazo, riñón, vejiga urinaria, gónadas y cerebro, se lavaron con solución salina y se examinaron también individualmente. Todos los órganos se inspeccionaron después en un triquinoscopio con luz inferior para detectar parásitos que pudieran haber pasado desapercibidos. También se utilizó un triquinoscopio para examinar la musculatura.

Todos los exámenes parasitológicos de órganos, o de lavados, se realizaron bajo un microscopio estereoscópico Leica MZ6 a 6-40 aumentos. Los parásitos se fijaron y conservaron en etanol al 70%. De cada taxón parasitario se escogieron especímenes para montarlos e identificarlos. Los trematodos y cestodos se tiñeron con acetocarmín férrico (Georgiev et al., 1986), se deshidrataron mediante un tren de etanoles de concentración creciente, se aclararon con dimetilftalato, y se montaron en bálsamo de Canadá. Los nematodos y acantocéfalos se montaron en preparaciones semipermanentes después de haber sido aclarados con ácido láctico. Todos los especímenes se examinaron con el microscopio óptico Leica DMR. Además, cuando se estimó conveniente, se realizaron fotografías con una cámara Leica DC 300. Algunos especímenes también se dibujaron mediante una cámara clara acoplada al microscopio óptico o el microscopio estereoscópico. Todos los especímenes se identificaron hasta el mínimo nivel taxonómico posible.

Debido a su importancia taxonómica, en el caso de los especímenes de *Ascarophis valentina* se realizó un estudio fino de la morfología utilizando microscopía electrónica de barrido (M.E.B.), gracias al Servei Central de Suport a la Investigació Experimental de la U.V. (S.C.S.I.E.). Para ello, se seleccionaron 43 individuos, previamente enjuagados en solución salina y fijados en etanol 70%. Los ejemplares se deshidrataron en serie de etanoles de concentración creciente, se desecaron por punto crítico con CO<sub>2</sub> y se montaron en soportes con la ayuda de cinta adhesiva de carbono de doble cara. Se recubrieron con una fina capa de 25-30 nm de oro-paladio con un recubridor Bio-Rad Sc 500. Las muestras se examinaron con el MEB S-4100 operando a 5 kV.

Existe material de referencia de todos los taxones parásitos en la colección parasitológica del I.C.B.i.B.E. de la U.V. También hay especímenes depositados en otras instituciones, tal y como se señalará en el capítulo correspondiente.

## 2.4 Terminología empleada

La terminología empleada para la descripción de los taxones parasitarios se basa en distintas fuentes bibliográficas dependiendo del grupo al que pertenecen: Digenea: Gibson et al. (2002); Jones et al. (2005); Monogenea: Yamaguti (1963); Hayward (2005); Whittington (2005); Cestoda: Khalil et al. (1994); Nematoda: Moravec (1994); Moravec (2001); Acanthocephala: Petrochenko (1971); Copepoda: Kabata (1979); Boxshall y Halsey (2004); Isopoda: Richardson (1905) Trilles (1968).

La terminología ecológica empleada sigue los criterios de Bush et al. (1997). La prevalencia (proporción de peces infectados con un determinado taxón parásito respecto al total de analizados) se expresa como un porcentaje acompañado, entre paréntesis, por el intervalo de confianza del 95%. Recurrimos al método exacto de Sterne para calcular el intervalo de confianza (IC) del 95% para la prevalencia (Reiczigel, 2003). La abundancia media (número medio de parásitos por pez, incluyendo los no parasitados) y la intensidad media (número medio de parásitos por pez parasitado) van acompañadas del intervalo de confianza (IC) al 95%. En este caso, para calcular el IC del 95% se generaron 20.000 replicaciones *bootstrap*, y los IC se calcularon mediante el método del percentil corregido para el sesgo utilizando el programa de libre acceso *Quantitative Parasitology 3.0* (Reiczigel y Rózsa, 2005).

Todas las medidas morfométricas están expresadas en mm, salvo que se indique lo contrario, con la media acompañada de la desviación típica y el rango entre paréntesis.

## REFERENCIAS

- Abaunza, P. (2008). Teoría y práctica en la identificación de stocks de peces de interés comercial. El jurel (*Trachurus trachurus*) como ejemplo de una aproximación holística a la identificación de stocks. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco.
- Baena, J., García-Rodríguez, J., Maldonado, A., Uchupi, E., Udías, A., Wandosell, J., and Herrero, Z. (1982). Mapa geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes. Almería-Garrucha. Madrid: Instituto geológico y minero de España.
- Ben-Salem, S., Franquesa, R., and El- Abed, A. (2002). Indicateurs socioéconomiques pour la pêche au Golfe de Gabès (Tunisie). Étude de cas. Institut National des Sciences et Technologies de la mer. FAO-COPEMED. 1-34.
- Boxshall, G. and Halsey, S. H. (2004). An introduction to copepod diversity. London: Ray Society.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., and Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575-583.
- Cañadas, A., Sagarminaga, R., Marcos, P., and Urquiola, E. (2004). Sector Sur (Andalucía y Ceuta). In J. A. Raga and J. Pantoja (Eds.), Proyecto mediterráneo. Zonas de especial interés para la conservación de los cetáceos en el Mediterráneo español (pp. 133-190). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Catafau, E., Díaz, J. I., Medialdea, T., San Gil, C., Vázquez-Garrido, J. T., and Wandosell, J. (1990). Mapa geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes. Murcia. Madrid: Instituto geológico y minero de España.
- Georgiev, B., Biserkov, V., and Genov, T. (1986). In toto staining method for cestodes with iron acetocarmine. *Helminthologia*, 23, 279-281.
- Gibson, D. I., Jones, A., and Bray, R. A. (2002). Keys to the Trematoda. London: CABI publishing and The Natural History Museum.
- Hayward, C. J. (2005). Monogenea Polyopisthocotylea (ectoparasitic flukes). In K. Rohde (Ed.), *Marine Parasitology* (pp. 55-63). Collingwood (Australia): CSIRO.
- Hofrichter, R., Wolfgang, K., Beckel, L., Domnig, I., Zankl, A., and Hein, A. (2001). Geografía y clima. In R. Hofrichter (Ed.), *El mar Mediterráneo. I Parte general* Barcelona (España): Ediciones Omega.
- Jones, A., Bray, R. A., and Gibson, D. I. (2005). Keys to the Trematoda. London: CABI publishing and The Natural History Museum.
- Kabata, Z. (1979). Parasitic copepoda of british fishes. London: The Ray Society.
- Khalil, L. F., Jones, A., and Bray, A. B. (1994). Keys to the cestode parasites of vertebrates. Hertfordshire, UK: CAB Int.
- Maldonado, A., Díaz-Guerrero, J. I., Escutia, C., Farrán, M., Giró, S., Serra, M., Medialdea, T., and Vázquez-Garrido, J. T. (1989). Mapa geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes 35-42E, Barcelona. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Moravec, F. (1994). Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe, Inst. of notes on their distribution. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers.
- Moravec, F. (2001). Trichinelloid nematodes. Parasitic in cold-blooded vertebrates. Praha (Czech Republic): ACADEMIA.
- Petrochenko, V. I. (1971). Acanthocephala of domestic and wild animals. Jerusalem: Akademya Nauk SSR.
- Reiczigel, J. (2003). Confidence intervals for the binomial parameter: some new considerations. *Statistics in Medicine*, 22, 611-621.
- Reiczigel, J. and Rózsa, L. (2005). *Quantitative Parasitology 3.0*. Budapest, Reiczigel, J.; Rózsa, L.
- Rey, J. J. and Medialdea, T. (1989). Los sedimentos cuaternarios superficiales del margen continental español. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Richardson, H. (1905). Monograph on the isopods of North America. *Bull. U.S. Nat. Mus.* 54.
- Trilles, J. P. (1968). Recherches sur les Isopodes Cymothoidae des côtes Françaises. Vol. 1: Bionomie et parasitisme. Vol. 2: Biologie générale et sexualité. Deuxième thèse, Systématique et faunistique. Thèse Doctorat, University of Montpellier, France, N° enregistrement CNRS AO2305.
- Waters, W. E. and Erman, D. C. (1990). Research methods: concepts and design. In C. B. Schreck and P. B. Moyle (Eds.), *Methods for Fish Biology* American Fisheries Society. (pp. 1-34).

Whittington, I. D. (2005). Monogenea Monopisthocotylea (ectoparasitic flukes). In K. Rohde (Ed.), *Marine parasitology* Collingwood (Australia): CSIRO. (pp. 63-72).

Yamaguti, S. (1963). *Systema Helminthum*. Vol. IV, Monogenea and Aspidocotylea. New York: John Wiley and Sons, Interscience Publishers.



## **Capítulo 3. Parasitofauna del salmonete de roca**



## 3.1 Filo Platyhelminthes

### 3.1.1 Clase Trematoda Rudolphi, 1808: Subclase Digenea Carus, 1863

#### Características generales

Los digeneos adultos son endoparásitos de la mayoría de grupos de vertebrados. Presentan una gran variedad de tamaños y formas, desde los que son microscópicos hasta los que miden 10 cm de longitud. Normalmente presentan un par de ventosas, una oral y anterior en cuyo centro generalmente se encuentra la boca, y otra ventral que suele encontrarse en una región más posterior. Además, pueden tener órganos accesorios de fijación en la parte anterior. Los digeneos poseen un sistema digestivo incompleto, sin ano.

Los ciclos de vida de los digeneos se hallan entre los más complejos que se han descrito en la naturaleza, y están normalmente asociados a las estrategias alimenticias de sus hospedadores definitivos. Se trata de un ciclo de vida siempre indirecto que incluye uno o más hospedadores intermediarios. Existe, no obstante, una inmensa variedad de hospedadores dependiendo de la especie de digeneo. En la Fig.3.1 se ilustra un modelo general del ciclo:

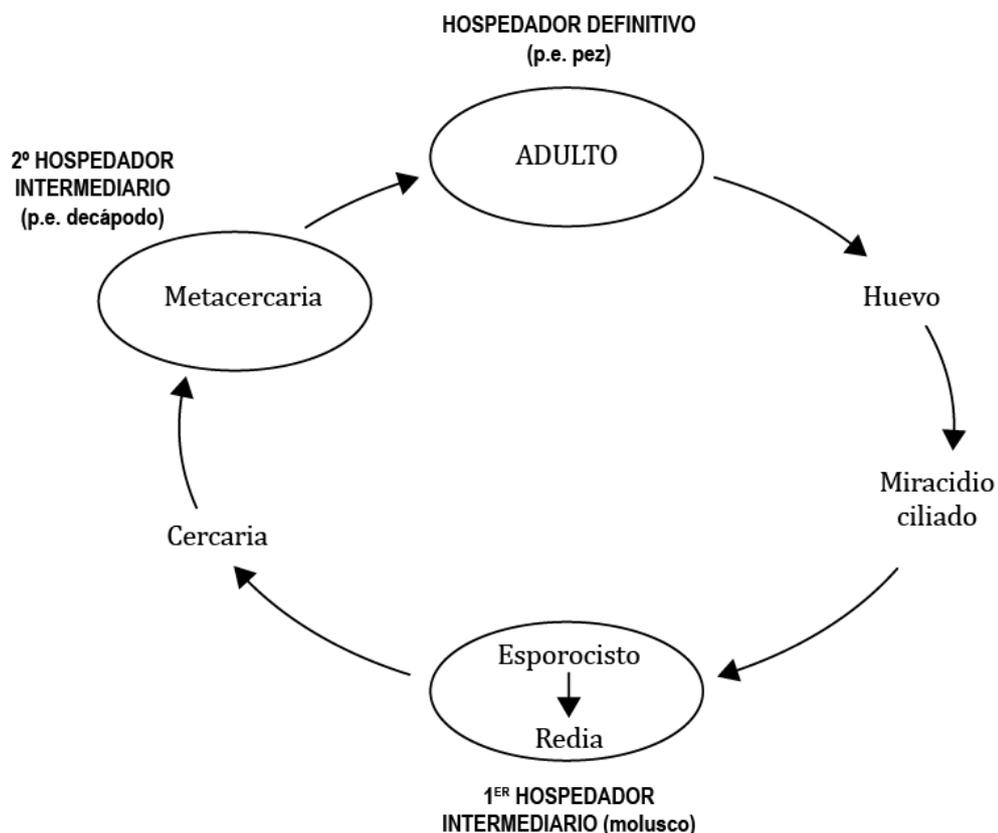


Fig.3.1. Ciclo de vida típico de un digeneo. Los estados que se desarrollan dentro de un hospedador se encuentran en el interior de los círculos.

Aunque existen muchas variaciones dentro de este ciclo hay dos características que aparecen en la mayoría de los ciclos. Primero, los ciclos generalmente incluyen estados de vida libre y parásitos. Segundo, el primer hospedador intermediario es casi siempre un molusco, donde se produce una fase de reproducción asexual (Bush et al., 2001). A partir del estadio de esporocisto (Fig.3.1), los ciclos son muy variables dependiendo de la especie.

### **Familia Opecoelidae Ozaki, 1925**

#### **3.1.1.1 *Poracanthium furcatum***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Xiphidiata Olson, 2003

Superfamilia Allocreadioidea Looss, 1902

Familia Opecoelidae Ozaki, 1925

Género *Poracanthium* Dollfus, 1948

Especie *Poracanthium furcatum* (Stossich, 1883) Dollfus, 1948.

### **Material examinado**

20 especímenes maduros y 8 inmaduros (Nº de acceso: EF3-11554-11567). El resto de los especímenes se hallan conervados en etanol 70º en el ICBiBE.

### **Microhábitat**

Se hallaron individuos, tanto maduros como inmaduros (Fig.3.2.E), en todo el tracto digestivo, siendo más frecuentes en la parte anterior del intestino.

### **Criterios de identificación**

La identificación se llevó a cabo basándose en el estudio de Bartoli (1989). Esta especie es muy similar a *Opecoeloides furcatus*, de la que puede distinguirse por poseer la parte posterior del cuerpo cilíndrica y un atrio genital espinoso situado en la parte anterior de la base del pedúnculo; esta estructura se observa como refringente en observaciones al microscopio (Fig.3.2.D y E). Presenta 4-3 expansiones digitiformes en la ventosa ventral. Los testículos se disponen en tándem y son enteros, y la vesícula seminal es muy grande y muy sinuosa. No posee bolsa del cirro. El ovario posee cuatro lóbulos. Los folículos vitelógenos comienzan a la altura del ovario y no presentan ninguna interrupción a nivel de las gónadas. En la parte posterior del cuerpo los ciegos se unen en un conducto formando el recto que desemboca en un poro.

### Comentarios

Inicialmente *P. furcatum* no se distinguió de *O. furcatus* (*Distoma furcatum*) hasta que Dollfus decidió erigir un nuevo género, *Poracanthium*, cuya especie tipo es *P. furcatum* (Dollfus, 1948). Hasta el momento esta especie se ha citado sólo en el salmonete de roca y el de fango en el Mediterráneo (Dollfus, 1948; Bartoli y Gibson, 1991; Le Pommelet et al., 1997; Martínez-Vicaria et al., 2000). Nuestro estudio confirma la gran prevalencia e intensidad en todas las localidades (Tabla 3.3). También hallamos *P. furcatum* en salmonetes recogidos en Barbate y, por tanto, es la primera cita de esta especie en el Océano Atlántico.

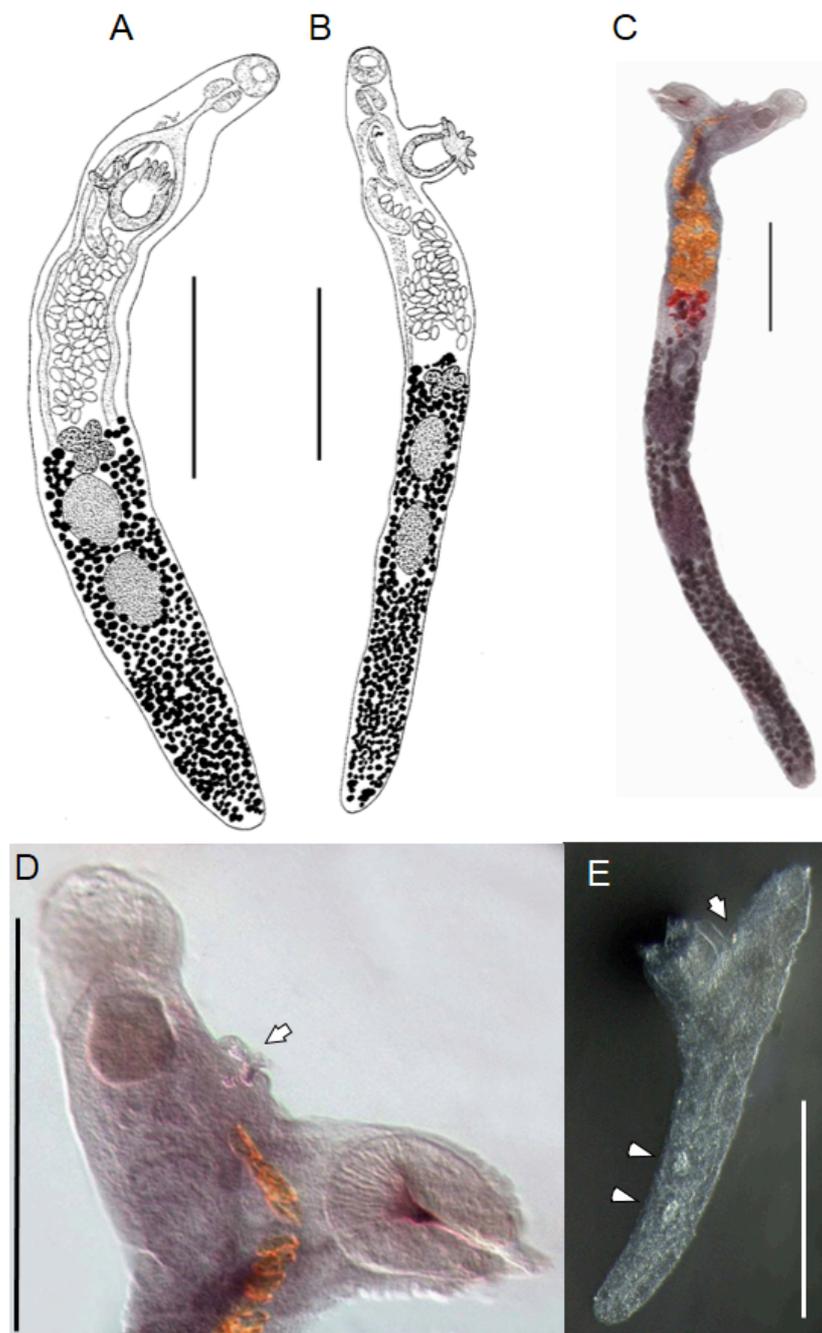


Fig.3.2. *Poracanthium furcatum*. A y B. Vista dorsal de especímenes adultos. Extraído de Bartoli (1989); C. Vista ventral de un adulto; D. Región anterior de un adulto. E. Vista lateral de individuo inmaduro. Las flechas señalan las espinas del atrio genital. Los triángulos señalan los testículos en desarrollo. Escala= 0,5 mm.

### **3.1.1.2 *Opecoeloides furcatus***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Xiphidiata Olson, 2003

Superfamilia Allocreadioidea Looss, 1902

Familia Opecoelidae Ozaki, 1925

Género *Opecoeloides* Odhner, 1928

Especie *Opecoeloides furcatus* (Bremser in Rudolphi, 1819) Odhner, 1928.

#### **Material examinado**

17 especímenes maduros y 6 inmaduros (Nº de acceso: EF3-11541-11553). El resto de los especímenes se hallan conservados en etanol 70º en el ICBiBE.

#### **Microhábitat**

Se encontraron en todo el tracto digestivo, siendo más frecuentes en los ciegos pilóricos y en la parte anterior del intestino. Los individuos grávidos y juveniles (Fig.3.3.D) se encontraron en los mismos microhábitats, sin segregación aparente.

#### **Criterios de identificación**

La identificación se basó en el estudio de Bartoli (1989). Esta especie es muy similar a *P. furcatum* (véase Fig.3.2), que también se encontró en el tracto digestivo, pero *O. furcatus* puede diferenciarse fácilmente por tener la parte posterior del cuerpo más aplanada, una ventosa accesoria en la parte anterior de la base del pedúnculo (Fig.3.3.D), y 6 expansiones digitiformes en la ventosa ventral: 3 en la parte anterior y 3 en la parte posterior (3-3). Los testículos, en tándem, son lobulados, y la vesícula seminal está formada por dos partes: una anterior, ovoide, y otra posterior, larga y sinuosa. No posee bolsa del cirro. El ovario es trilobulado. Los folículos vitelógenos comienzan en la región después de la ventosa ventral presentando interrupciones a nivel de las gónadas. Posee uoprocto, los ciegos se unen al conducto excretor en la parte posterior del cuerpo, formando un orificio común, la cloaca.

#### **Comentarios**

*Opecoeloides furcatus* fue descrito por primera vez por Bremser según Rudolphi (1819) en *Mullus surmuletus* en el Mediterráneo. Posteriormente, se ha citado en otras especies de teleósteos y en otras regiones (Tabla 3.1). No obstante, de las 16 especies descritas del género *Opecoeloides*, sólo *O. furcatus* se había citado en el Mediterráneo, hasta que Jousson y Bartoli (2000), usando datos morfológicos y moleculares, demostraron que los ejemplares de *O. furcatus* que infectan al barbado, *Gaidropsarus mediterraneus*, en el

Mediterráneo pertenecen en realidad a otra especie, *Opecoeloides collumbellae*. Esto plantea la duda de si los registros previos de *O. furcatus* en otros hospedadores son o no válidos.

Tabla 3.1. Registros de *O. furcatus* por hospedador y localidad.

Hospedador	Región	Fuente
<b>Mullidae</b>		
<i>Mullus surmuletus</i>	Mar Mediterráneo y Noreste Atlántico	Stossich (1883); Dollfus (1946); Fischthal (1980); Fischthal (1982); Saad-Farès (1985); Bartoli (1989); Le Pommelet et al. (1997); Jousson et al. (1999); Akmirza (2000); Tkach et al. (2000); Jousson y Bartoli (2000).
<i>Mullus barbatus</i>	Mar Mediterráneo y Noreste Atlántico	Rudolphi (1819); Stossich (1883); Dollfus (1948); Radujkovic et al. (1989); Gijón Botella y López-Román (1989); Saad-Farès (1985); Le Pommelet et al. (1997); Martínez-Vicaria et al. (2000).
<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Mar de Japón	Yamaguti (1942)
<b>Serranidae</b>		
<i>Serranus hepatus</i>	Mar Adriático	Hristovski y Jardas (1991)
<b>Soleidae</b>		
<i>Solea solea</i>	Mar Adriático	Stossich (1883)
<b>Lotidae</b>		
<i>Gaidropsarus mediterraneus</i> *	Mar Egeo	Papoutsoglou (1976)
<i>Molva molva</i>	Mar Tirreno	Yamaguti (1958)
<b>Centracanthidae</b>		
<i>Spicara smaris</i>	Mar Mediterráneo	Naidenova y Mordvinova (1997)

\* Al menos este registro podría corresponder a la especie *O. collumbellae*.

Aunque *O. furcatus* se ha citado en 7 hospedadores definitivos, la mayoría de registros corresponden al salmonete de roca y el de fango, cuya distribución corresponde al Mar mediterráneo, Mar Negro y parte del Noreste atlántico. En las otras regiones *O. furcatus* sólo ha sido citado una vez. En el presente estudio, dicha especie se encontró con una gran prevalencia e intensidad en todas las localidades muestreadas, tanto españolas como tunecinas (Tabla 3.3). Estos datos confirman que esta especie tiende a ser específica de múlidos.

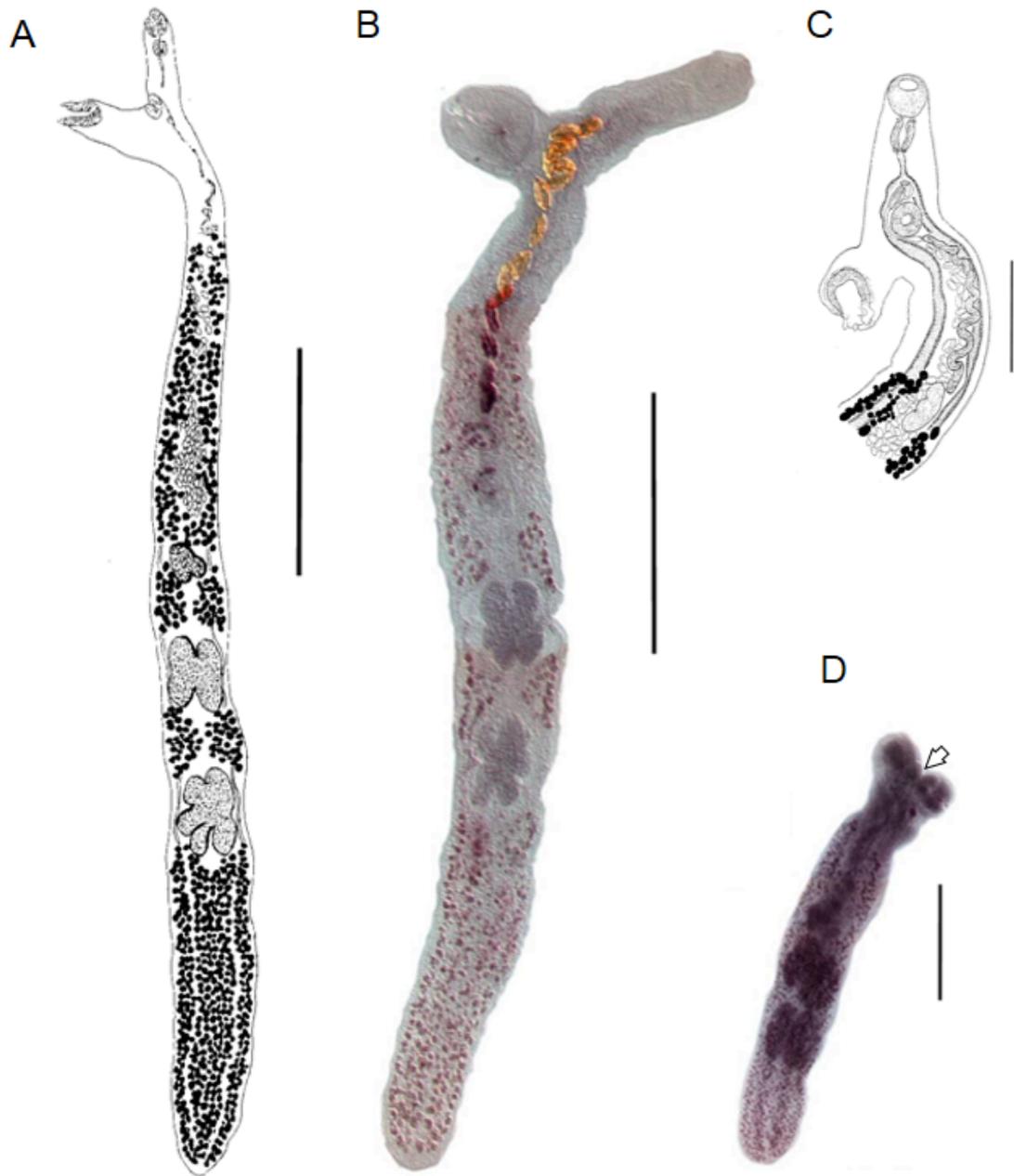


Fig.3.3. *Opecoeloides furcatus*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Bartoli (1989); B. Vista ventral de un adulto. Escala 1 mm. C. Región anterior un adulto. Extraído de Bartoli (1989); D. Vista ventral de individuo inmaduro. La flecha señala la ventosa accesoria. Escala = 0,5 mm.

### **Ciclo de vida de las especies de la familia Opecoelidae**

De acuerdo con Jousson y Bartoli (2000), el ciclo de las especies de la familia Opecoelidae presenta dos hospedadores intermediarios, y el adulto se encuentran en el tracto digestivo de peces marinos y de agua dulce. Además, se sabe que del esporocisto que infecta el primer hospedador molusco se originan cercarias del tipo cotilocerco. Por otra parte, se conoce el ciclo completo de algunos representantes de la familia Opecoelidae en el Mediterráneo. En el caso de *Cainocreadium labracis*, el adulto se encuentra en la lubina, *Dicentrarchus labrax*, mientras que primer hospedador intermediario es el prosobranquio *Gibbula adansonii* (fam. Trochidae) y el segundo, pequeños peces bentónicos donde se enquistan las metacercarias (Jousson et al., 1999). En *Opecoeloides collumbellae* Jousson y Bartoli, 2000, los huevos salen al exterior desde el hospedador definitivo, el barbado, *Gaidropsarus mediterraneus*, y el miracidio infecta al gasterópodo *Columbella rustica* (fam. Collumbelidae), y las cercarias al decápodo *Hippotyle inermis*. No se conoce el ciclo de vida completo de *O. furcatus* y *P. furcatum*. En el primer caso se sabe que el primer hospedador es un molusco gasterópodo, *Mitrella scripta* pero no se ha identificado todavía el segundo hospedador intermediario (Bartoli y Gibson, 2007). De acuerdo con la evidencia obtenida en especies relacionadas, y la dieta principal de los salmonetes, puede suponerse que el segundo hospedador intermediario podría ser un crustáceo.

### **Familia Monorchiiidae Odhner, 1911**

#### **3.1.1.3 *Lasiotocus mulli***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Monorchiiata Olson, 2003

Superfamilia Monorchioidea Odhner, 1911

Familia Monorchiiidae Odhner, 1911

Género *Lasiotocus* Looss, 1907

Especie *Lasiotocus mulli* (Stossich, 1883) Looss, 1907 in Odhner, 1911.

### **Material examinado**

Se examinaron 15 especímenes maduros y 7 inmaduros (Nº de acceso: EC1-10054-10062). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

### **Microhábitat**

Todos los individuos, maduros e inmaduros (Fig.3.4.C), se encontraron siempre en el recto. Algunas veces se colectaron individuos en el filtrado general del cuerpo.

### Criterios de identificación

Los especímenes fueron identificados como *Lasiotocus mulli* basándonos en los estudios de Bartoli y Prevot (1966) y Bartoli (1989). Los principales caracteres diagnósticos de *L. mulli* son un cuerpo alargado y en forma lanceolada, la presencia de espinas corporales y manchas oculares, la ventosa oral circular y terminal, y las peculiaridades del aparato reproductor. El complejo reproductivo es muy complicado; el masculino está formado por un testículo gigante e irregular y una bolsa del cirro larga. Dentro de ésta se halla una vesícula seminal no dividida, con células prostáticas numerosas y muy bien definidas, y un cirro protractil con dos coronas de espinas, una en la base y la otra en la parte terminal. El ovario es redondeado. El útero está muy desarrollado y presenta muchas vueltas y, además, posee un receptáculo seminal uterino. El órgano terminal (vagina) está dividido en dos; la parte proximal es ampuliforme y está típicamente llena de espermatozoides, y la distal presenta unas pequeñas espinas finas. Las glándulas vitelógenas están formadas por dos ramilletes simétricos, foliculares y laterales a la altura de la ventosa ventral y ovario. El atrio genital es pequeño y no presenta espinas. Los huevos son operculados y ovoides.

### Comentarios

*Lasiotocus mulli* es una especie específica del género *Mullus*, puesto que sólo ha sido citado en las dos especies de salmonete del Mediterráneo, *M. barbatus* y *M. surmuletus*. En el presente estudio se encontró en todas las localidades españolas pero no en las tunecinas. Además en la localidad más meridional de España, Fuengirola, sólo se encontró un espécimen en un pez (Tabla 3.3).

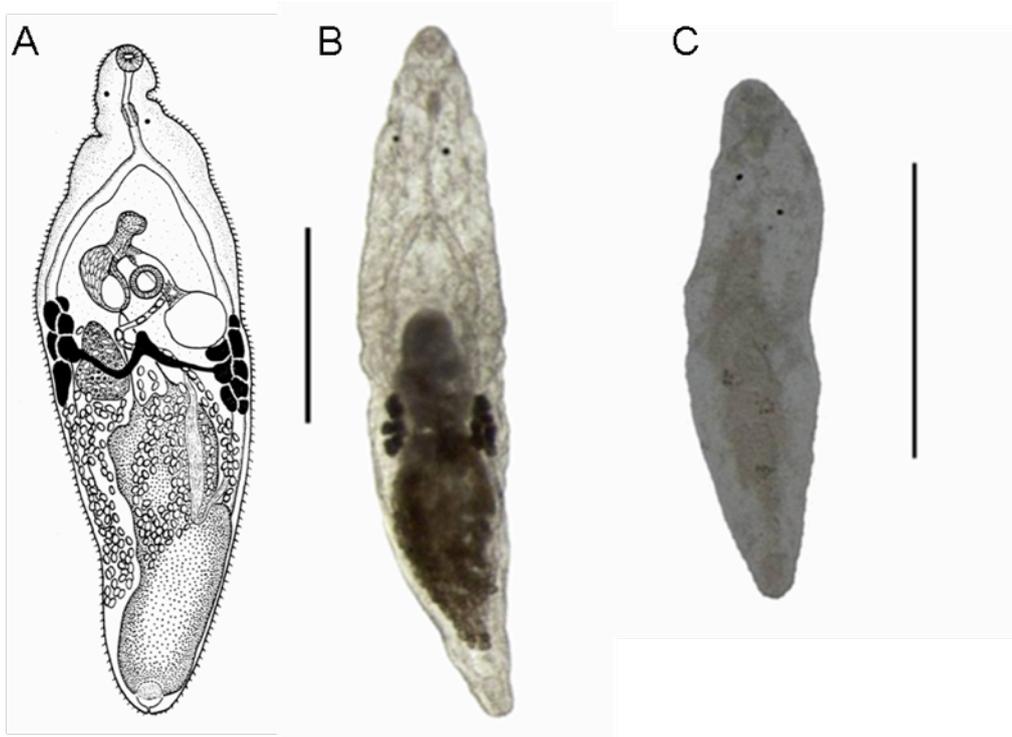


Fig.3.4. *Lasiotocus mulli*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Bartoli (1989); B. Vista ventral de un adulto; C. Vista ventral individuo inmaduro. Escala =0,5 mm.

#### **3.1.1.4 *Proctotrema bacilliovatum***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Monorchiata Olson, 2003

Superfamilia Monorchioidea Odhner, 1911

Familia Monorchiidae Odhner, 1911

Género *Proctotrema* Odhner, 1911

Especie *Proctotrema bacilliovatum* Odhner, 1911.

#### **Material examinado**

Se examinaron 12 especímenes maduros y 8 inmaduros (Nº de acceso: EC1-10033-10039). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

#### **Microhábitat**

Todos los especímenes, maduros e inmaduros, se encontraron en el tracto digestivo, más a menudo en los ciegos pilóricos y el recto. Algunas veces se colectaron individuos en el filtrado general del cuerpo.

#### **Criterios de identificación**

Los ejemplares fueron identificados como *Proctotrema bacilliovatum* basándose en los estudios de Bartoli (1989). Como criterios diagnósticos presenta los siguientes: un cuerpo alargado y ovoide y con espinas, y sin manchas oculares, la ventosa oral en forma de embudo, y ciertas peculiaridades del aparato reproductor. En concreto, presenta un sólo testículo ovoide de mediano tamaño; dentro la bolsa del cirro se halla una vesícula seminal alargada y sinuosa, células prostáticas apenas perceptibles, una parte distal no protractil con muchas espinas largas de forma cónica. El ovario posee de 3 a 4 lóbulos. El útero está muy desarrollado y presenta muchas vueltas; además, alberga un receptáculo seminal uterino. La parte distal del útero se ensancha y constituye el metratermo, cuya parte final se alarga y forma el órgano terminal (vagina) indivisible que presenta unas espinas agrupadas largas, finas y con forma cónica. Las glándulas vitelógenas están formadas por dos ramilletes simétricos, foliculares y laterales a la ventosa ventral y al ovario. El atrio genital no es espinoso. Los huevos son muy característicos, con forma de bacilo (Fig. 3.5.C); de ahí su nombre específico.

### Comentarios

*Proctotrema bacilliovatum* es una especie cuya posición taxonómica aún está en discusión. Esta especie presenta características propias respecto a la morfología de la vesícula seminal, el órgano terminal, y el metratermo, que no comparte con otras especies del género *Proctotrema* (Bartoli y Prevot, 1966). Así pues, Bartoli y Prevot (1966) consideraron el género *Proctotrema* debía considerarse monoespecífico, siendo *P. bacilliovatum* la especie tipo, y recomendaron la reasignación de las otras especies de *Proctotrema* al género *Lasiotocus*. Sin embargo, la cuestión aún no está resuelta, ya que una especie descrita en Bengala por Ahmad y Dhar (1987), *Proctotrema guptai*, fue considerada por Bartoli como un representante aparentemente válido *Proctotrema* (Le Pommelet, 1997).

*Proctotrema bacilliovatum* sólo había sido citado anteriormente en las dos especies de salmonete en el Mediterráneo (Dollfus, 1948; Fischthal, 1980; Le Pommelet et al., 1997; Akmirza, 2000) y en el mar Negro (Pogoreltseva, 1952). En el presente estudio encontramos dicha especie en todas las localidades estudiadas, con una moderada prevalencia e intensidad (Tabla 3.3).

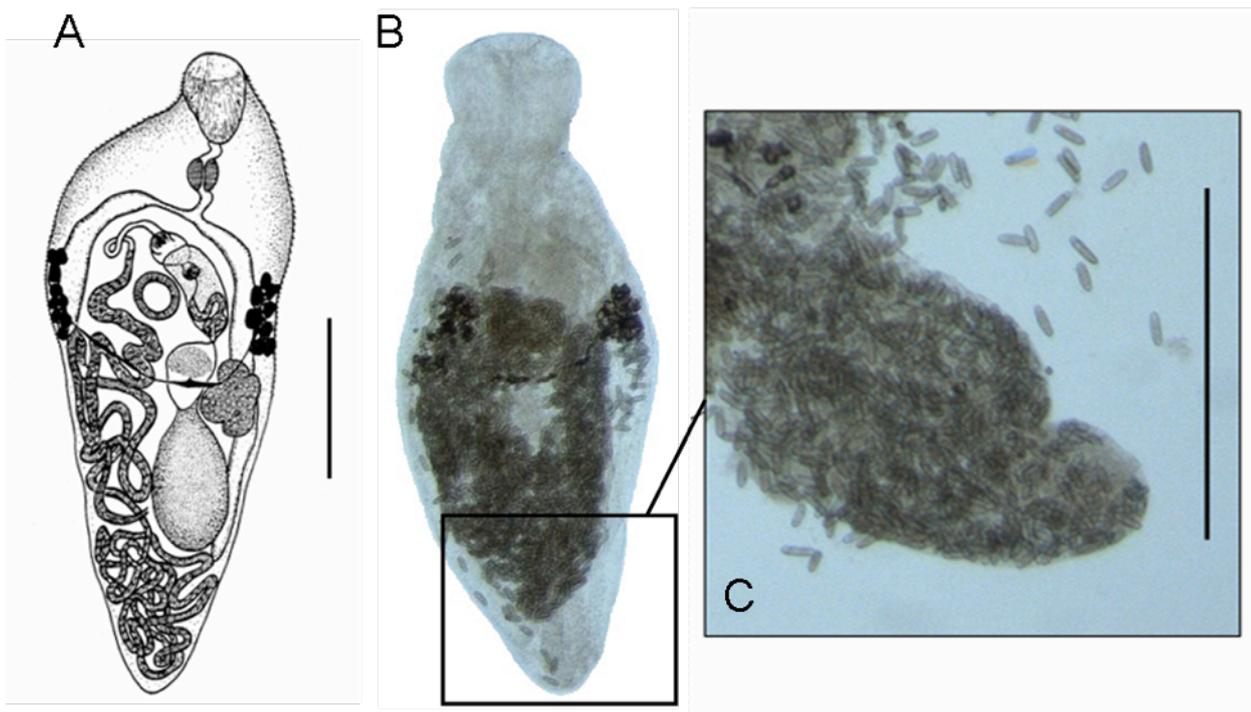


Fig.3.5. *Proctotrema bacilliovatum*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Bartoli (1989); B. Vista ventral de un adulto; C. Detalle de los huevos con forma de bacilo. Escala =0,5 mm.

### 3.1.1.5 *Timonia mediterranea*

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Monorchiata Olson, 2003

Superfamilia Monorchioidea Odhner, 1911

Familia Monorchiidae Odhner, 1911

Género *Timonia* Bartoli y Prevot, 1966

Especie *Timonia mediterranea* Bartoli y Prevot, 1966.

#### **Material examinado**

Se examinaron 6 especímenes maduros y 4 inmaduros (Nº de acceso: ED4-11002-11006). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

#### **Microhábitat**

Todos los individuos se encontraron en los ciegos pilóricos. Algunas veces se colectaron individuos en el filtrado general del cuerpo.

#### **Criterios de identificación**

Los especímenes fueron identificados como *Timonia mediterranea* basándonos en los estudios de Bartoli (1989) y Bartoli y Prevot (1966). Los principales caracteres diagnósticos de *T. mediterranea* son su cuerpo alargado y fusiforme con espinas, sin manchas oculares, la ventosa oral alargada y musculosa, y ciertas peculiaridades del aparato reproductor. En concreto, posee dos testículos ovoides en diagonal. Dentro de la bolsa del cirro existe una vesícula seminal ovoide sin particiones (Fig.3.6.C y D), células prostáticas grandes (Fig.3.6.C), y un cirro grande y alargado cubierto totalmente de espinas. El ovario es ovoide y grande. El útero está muy desarrollado y presenta muchas vueltas; alberga un receptáculo seminal uterino. Además, el útero penetra en el órgano terminal, delimitando dos partes, una anterior estrecha, y otra posterior más ancha. Todo el órgano terminal está cubierto de espinas anchas (Fig.3.6.C y D). Los folículos vitelógenos se encuentran lateralmente desde la bolsa del cirro hasta la región postovarica. El atrio genital está muy poco desarrollado y no presenta espinas. Los huevos son pequeños.

#### **Comentarios**

Bartoli y Prevot (1966) erigieron el género monotípico *Timonia*, siendo la especie tipo *T. mediterranea*, a partir de ejemplares encontrados en los ciegos pilóricos de las dos especies de salmonetes del golfo de Marsella. *Timonia mediterranea* se incluyó en la familia Monorchiidae a pesar de que etimológicamente el nombre de la familia significa “un testículo”. Aunque *Timonia* no es el único género con dos testículos dentro de esta familia,

*T. mediterranea* difiere de las otras que presentaban dos testículos porque los testículos están en posición diagonal, son elípticos y se encuentran separados por el útero en la mitad posterior del cuerpo, el útero no se extiende más allá de los testículos, los huevos no poseen filamentos, la vesícula seminal no está dividida y el órgano genital no presenta esfínter.

*Timonia mediterranea* sólo se ha registrado de las dos especies de salmonetes en el Mediterráneo. En nuestro estudio, la prevalencia e intensidad de esta especie fueron muy bajas, encontrándose sólo en la muestra de Fuengirola (Tabla 3.3).

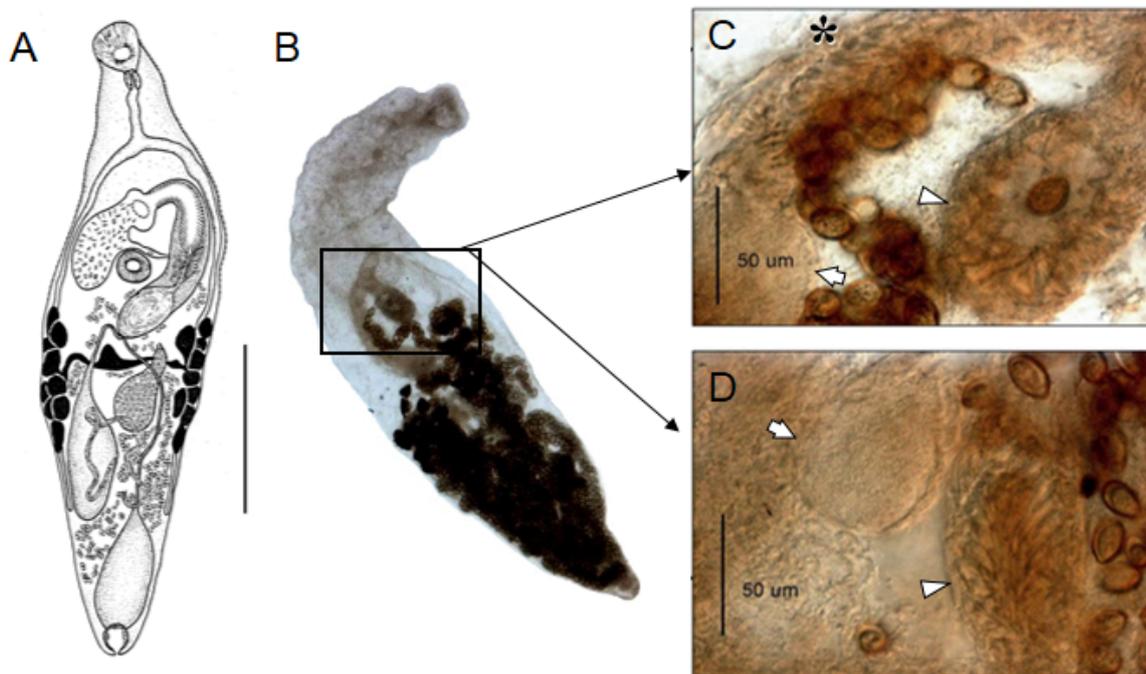


Fig.3.6. *Timonia mediterranea*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Bartoli (1989); B. Vista ventral de un adulto; C y D, Detalle de la genitalia masculina y femenina. Las flechas señalan la vesícula seminal, el asterisco las células prostáticas grandes, y las puntas el órgano terminal cubierto de espinas anchas. Escala= 0,5 mm.

### Ciclo de vida de las especies la familia Monorchiidae

El ciclo biológico completo de estas 3 especies de monorchidos aún no se conoce. Se sabe que los adultos habitan el tracto digestivo de peces marinos, mientras que el primer hospedador intermediario debe ser un molusco bivalvo donde se forma el esporocisto (Maillard.C., 1976; Stunkard, 1981b; Stunkard, 1981a; Bartoli, 1984). Stunkard (1981b) y Stunkard (1981a) describió el ciclo de vida de *Lasiotocus minutus* y *Lasiotocus elongatus* en el area de Woods Hole (Massachussets). En ambos casos, el bivalvo *Gemma gemma*, actúa como único hospedador intermediario que libera al exterior metacercarias individuales o agrupadas por un tejido gelatinoso, sin haber pasado por el estado de cercaria de vida libre. Estas metacercarias flotan en el agua y son ingeridas por el hospedador definitivo, el pejerrey del Atlántico, *Menidia menidia*.

También se ha descrito el ciclo biológico de otras especies de esta familia en el Mediterráneo, *Paratimonia gobii* y *Monorchis parvus*. En ambos casos el hospedador intermediario bivalvo actúa como hospedador único; se trata de *Abra tenuis* en el caso de *P. gobii* y *Cerastodema glauca* en el caso de *M. parvus* (Maillard.C., 1976; Bartoli et al., 2000). Cabe suponer, pues, un ciclo similar que incluya un bivalvo en las especies de monórquidos objeto de estudio en el presente trabajo.

### **Familia Fellodistomidae Nicoll, 1909**

#### **3.1.1.6 *Proctoeces maculatus***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Bucephlata La Rue, 1926

Superfamilia Gymnophalloidea Odhner, 1905

Familia Fellodistomidae Nicoll, 1909

Subfamilia Fellodistominae Nicoll, 1909

Género *Proctoeces* Odhner, 1911

Especie *Proctoeces maculatus* (Looss, 1901) Odhner, 1911

### **Material examinado**

Se examinaron 8 ejemplares maduros y 5 inmaduros (Nº de acceso: EC2-10163-10172). El resto de los especímenes se hallan conservados en etanol 70º en el ICBiBE.

### **Microhábitat**

La mayoría de los individuos se hallaron en el recto, otros se encontraron a lo largo del intestino, y algunos sueltos en el filtrado general del cuerpo.

### **Criterios de identificación**

Los especímenes de *P. maculatus* se identificaron mediante las claves de Gibson et al. (2002) y el estudio de Stunkard y Uzmann (1959). Este digeneo se caracteriza por poseer el cuerpo alargado, dos ventosas grandes y musculosas, la faringe oval y una bifurcación intestinal en la mitad del cuerpo proximal (forebody), que está definido por la distancia desde el extremo proximal del animal hasta la parte anterior de la ventosa ventral (Fig.3.7). Los dos ciegos se extienden hasta la región postesticular o incluso más posteriormente. Además, presenta dos testículos redondos en tándem o en diagonal. Dentro de la bolsa del cirro se aloja una vesícula seminal interna tubular y sinuosa, una región prostática larga y ancha, y un conducto eyaculador corto y muscular. El atrio genital es muy largo, y a menudo se puede extender hasta el cuerpo posterior (hindbody), que está definido por la distancia desde la parte posterior de la ventosa ventral hasta el final del

cuerpo. El ovario es globular y pretesticular. El útero es muy extenso y se halla en la parte posterior del cuerpo; las vitelógenas se agrupan en folículos muy irregulares y se encuentran en las partes laterales de la región posterior del cuerpo.

### Comentarios

El estatus taxonómico de las especies de *Proctoeces* es muy confuso debido a la gran variabilidad de los caracteres que se usan en la discriminación (Stunkard y Uzmann, 1959; Bray y Gibson, 1980; Bray, 1983). Debido a esta gran variabilidad se han llegado a erigir un número considerable de especies dentro de este género. Sin embargo, varios autores sinonimizaron muchas de ellas, como es el caso de *P. maculatus* (véase Bray y Gibson, 1980; Bray, 1983).

A pesar de que la distribución de *P. maculatus* es mundial y eurixénica (incluso puede haberse hallado en una especie de teleósteo de agua dulce de Bengala (Bilqees y Khan, 1991)), esta especie no se ha citado frecuentemente en múlidos. En el salmonete de roca, se ha registrado en el Líbano (Saad-Farès, 1985), en Israel (Fischthal, 1980; Fischthal, 1982) y en Francia (Le Pommelet, 1997); en el salmonete de fango, sólo en Port Said (Egipto) (Fayek et al., 1990). En el presente estudio se halló en todas las localidades españolas, pero con unos niveles de infección muy bajos.

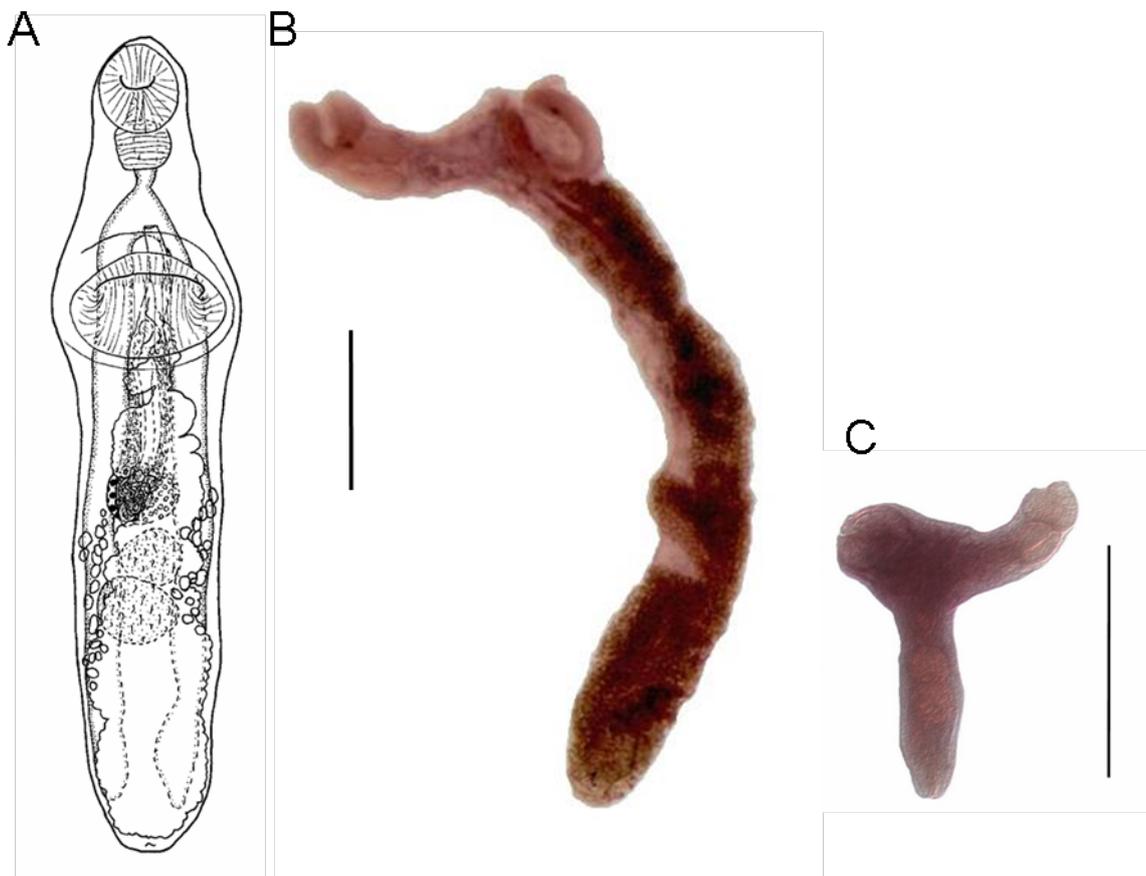


Fig.3.7. *Proctoeces maculatus*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Gibson et al. (2002); B. Vista lateral de un adulto. Escala =1 mm; C. Vista lateral individuo inmaduro. Escala =0,5 mm.

### **Ciclo de vida de *P. maculatus***

El ciclo vital de *P. maculatus* es muy variable. El primer hospedador intermediario es un bivalvo del género *Mytilus*, donde se desarrolla el estadio esporocisto. El esporocisto se transforma en cercaria, que se libera al exterior. A partir de aquí, existen diversas variantes del ciclo:

1. Ciclo de vida con un sólo hospedador: La cercaria se transforma en metacercaria, y después en adulto en el primer hospedador molusco. Se trata pues de un ciclo progenético. La progénesis puede depender de la latitud, siendo más frecuente en regiones templadas. Se ha sugerido que este mecanismo permite a las especies extenderse a regiones de aguas más frías, ya que así no tienen que depender de sus hospedadores definitivos habituales de aguas más cálidas (Prevot, 1965; Lang y Dennis, 1976). Como ejemplo de este ciclo, Stunkard y Uzmán (1959) encontraron esporocistos, cercarias, metacercarias y adultos ovígeros de *P. maculatus* en mejillones, *Mytilus edulis*, del noreste de Estados Unidos.

2. Ciclo de vida con dos hospedadores: Las metacercarias se desarrollan en adultos dentro de invertebrados diferentes a los bivalvos del género *Mytilus*. Por ejemplo, en el estuario del Támesis (Gran Bretaña) se encontraron adultos de *P. maculatus* en el bivalvo *Scrobicularia plana*. El único lábrido que podía jugar un papel como hospedador definitivo era *Symphodus melops*, que se alimenta de *M. edulis*, pero no de *S. plana*. De hecho, al realizar una infección artificial de *P. maculatus* en este pez, el parásito alcanzó el estado adulto, pero duró muy poco, un máximo de 15 días (Bray y Gibson, 1980). Esto sugiere que el pez no es un hospedador definitivo adecuado.

3. Ciclo de vida con tres hospedadores: Las metacercarias, provenientes de invertebrados, se desarrollan en adultos dentro del hospedador definitivo teleósteo. Prevot (1965) fue el primero en describir el ciclo biológico de *P. maculatus* en el Mediterráneo, en concreto en el Golfo de Marsella. Este autor encontró esporocistos en *Mytilus galloprovincialis*, y sugirió que el segundo hospedador intermediario podrían ser los poliquetos *Nereis caudata* y *Hydroides norvegica*, o los moluscos *Patella coerulea* y *Acanthochites discrepens*, y el hospedador definitivo, los lábridos *Labrus merula* y *Thalassoma pavo*. Aunque Prevot (1965) halló huevos en algunos especímenes de *M. galloprovincialis* y *N. caudata*, éstos eran anómalos, lo que sugería que no había progénesis. Posteriormente, Martínez (1974), encontró esporocistos en *M. galloprovincialis*, en la laguna Thau (Sète), metacercarias en el poliqueto *Leptonereis glauca* y adultos en los lábridos *Symphodus cinereus*, *Symphodus tinca* y *S. melops*.

## **Familia Derogenidae Nicoll, 1910**

### **3.1.1.7 *Derogenes latus***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Hemiurata Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Superfamilia Hemiuroidea Looss, 1899

Familia Derogenidae Nicoll, 1910

Subfamilia Derogeninae Nicoll, 1910

Género *Derogenes* Lühe, 1900

Especie *Derogenes latus* Janiszewska, 1953

## **Material examinado**

Todos los individuos encontrados estaban rotos. Se consiguió montar uno (Nº de acceso: EC2-10186) que fue el que se examinó; el resto se conservaron en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

## **Hábitat**

Todos los ejemplares se encontraron en la vesícula biliar.

## **Criterios de identificación**

Los ejemplares se identificaron basándose en los estudios de Bartoli (1989) y Bartoli y Gibson (1991). *Derogenes latus* se caracteriza por ser robusto y grueso, redondeado en la parte anterior y más estrecho en la parte posterior. Posee un lóbulo preoral muy marcado, pero no cola o ecsoma. La ventosa oral es circular y la ventosa ventral es prominente y se halla en la mitad del cuerpo o ligeramente desplazada posteriormente (Fig.3.8). La faringe es oval. Presenta dos testículos justo después de la ventosa ventral, simétricos, en contacto con el límite anterior de las glándulas vitelógenas. Presenta un órgano hermafroditico intromitente, el *sinus-organ*, con una bolsa muscular que lo envuelve denominada *sinus-sac*. En esta especie, el *sinus-sac* no engloba ni la vesícula seminal ni la parte prostática. El ovario es oval y se halla entre los testículos y las glándulas vitelógenas; éstas últimas están compuestas de varios lóbulos con forma de lágrima. Los huevos se hallan presentes en abundancia; son marrónceos y poseen una cubierta muy gruesa.

## **Comentarios**

Janiszewska (1953) describió por primera vez *D. latus* a partir de un único espécimen encontrado en el intestino de *M. barbatus* en el Adriático (Yugoslavia). Se

parecía morfológicamente mucho a *D. ruber* Lühe, 1900, pero dicha autora lo distinguió a partir de tres características:

**1. Hospedador:** *Derogenes ruber* es normalmente parásito de los trígidos, *Trigloporus lastoviza* y *Trigla lyra* (Sey, 1968). No obstante, *D. latus* también se ha citado en otros trígidos, *Aspitrigla cuculus* (Nikolaeva, 1966) y en espáridos como la herrera, *Lithognathus mormyrus* (Orecchia et al., 1988).

**2. Tamaño:** Janiszewska (1953) no proporcionó información sobre el tamaño de su ejemplar pero Bartoli y Gibson (1991) estimaron el tamaño de 3,5 x 1,7 mm de acuerdo la ilustración de la descripción original. Sin embargo, Bartoli y Gibson (1991) encontraron especímenes de *D. latus* más grandes, que corresponden mejor con las medidas de *D. ruber* de Lühe (5-6 x 2 mm) y de Sey (4,2-4,5 x 1,3-1,8).

**3. Hábitat:** Janiszewska encontró *D. latus* en el intestino, mientras que *D. ruber* siempre se ha encontrado en la vesícula biliar. Sin embargo Bartoli y Gibson (1991) y Le Pommelet (1997) citaron *D. latus* de la vesícula biliar del *M. surmuletus*. Con todo, esta localización no es la usual en derogénidos, que son generalmente parásitos estomacales.

Bartoli y Gibson (1991) especularon sobre la posibilidad de que estas dos especies de digeneos fueran, en realidad, la misma especie, pero no tenían suficiente evidencia para sinonimizarlas. En nuestro estudio, *D. latus* se encontró en todas las localidades españolas pero con muy poca prevalencia y abundancia (Tabla 3.3), y siempre en la vesícula biliar. El tamaño aproximado de los ejemplares es de 4-5 mm x 1-2 mm.

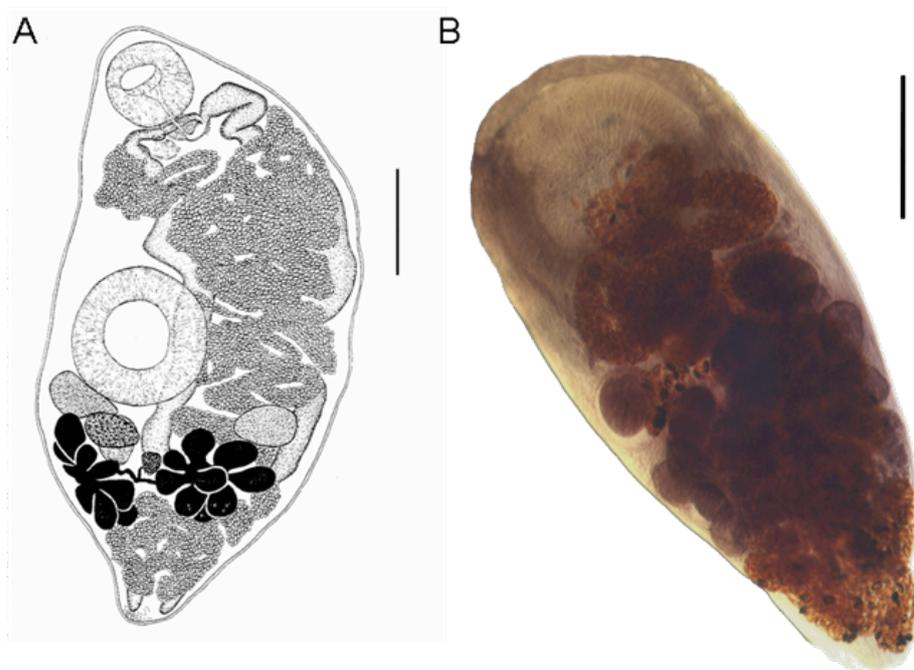


Fig.3.8. *Derogenes latus*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Bartoli (1989); B. Vista ventral de un adulto. Escala = 1 mm.

### **3.1.1.8 *Derogenes varicus***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Hemiurata Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Superfamilia Hemiuroidea Looss, 1899

Familia Derogenidae Nicoll, 1910

Subfamilia Derogeninae Nicoll, 1910

Género *Derogenes* Lühe, 1900

Especie *Derogenes varicus* Lühe, 1900

### **Material examinado**

Se examinaron 2 individuos maduros y 2 inmaduros (Nº de acceso: EC3-10206-10209). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

### **Microhábitat**

Todos los especímenes se encontraron en el estómago.

### **Criterios de identificación**

Los ejemplares se identificaron como *Derogenes varicus* basándose en las claves de Gibson et al. (2002) y Gibson (1976). *Derogenes varicus* presentan un cuerpo alargado sin ecsoma y la ventosa ventral se halla en el medio del cuerpo o posteriormente (Fig. 3.9). El aparato digestivo finaliza cerca del extremo posterior del cuerpo. Posee dos testículos y el *sinus-sac* no engloba ni a la vesícula seminal ni a la parte prostática. Justo detrás de los testículos se halla el ovario ovalado y, posteriormente, dos masas de glándulas vitelógenas globulares. El útero se extiende desde la parte posterior del cuerpo hasta el poro genital en el cuerpo anterior (*forebody*). Los huevos son grandes (0,46-0,50 x 0,27-0,32 mm) y su extremo no es operculado ni apuntado.

### **Comentarios**

Esta especie se considera cosmopolita (Koie, 1979) y ha sido citada en multitud de hospedadores entre los cuales se hallan las dos especies de salmonetes, el de roca en el Mediterráneo (Sey, 1970) y el de fango en el Atlántico (Nicoll 1915 en (Dollfus, 1948)). Cabe mencionar que uno de los ejemplares de nuestra muestra era enano (véase Fig.3.9.C). Esto, unido a los bajos niveles de infección (Tabla 3.3), hace suponer que se trata de infecciones accidentales.



Fig.3.9. *Derogenes varicus*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Gibson et al. (2002); B. Vista ventral de un adulto; C. Vista ventral individuo grávido enano; Vista ventral de un individuo inmaduro. Escala =0,5 mm.

### Ciclo de vida de las especies de la familia Derogenidae

En el ciclo de vida de hemiuroides marinos (superfamilia Hemiuroidea), el primer hospedador intermediario es, generalmente, un molusco prosobranquio. En su interior, las redias se transforman en cercarias, que salen al medio exterior y son ingeridas por crustáceos, frecuentemente copépodos, que actúan como segundo hospedador intermediario. La cercaria penetra en la cavidad corporal y se transforma en una metacercaria que no se enquistada (Koie, 1979; Hunninen y Cable, 1943). Los teleósteos se infectan cuando ingieren estos pequeños crustáceos. Algunos hemiuroides necesitan cuatro hospedadores para completar su ciclo (Kechemir, 1978). El ciclo es muy similar al anterior con la diferencia que en vez de convertirse en metacercarias, la cercaria se desarrolla en una mesocercaria (estado intermedio entre una cercaria y una metacercaria) dentro del crustáceo, que se transforma en una metacercaria en un teleósteo, transformándose en adulto cuando otro vertebrado ingiere a dicho pez.

Nunca se han descrito los estados larvarios de *D. latus*. Por el contrario, el ciclo vital de *D. varicus* (Müller, 1784) sí se conoce con detalle. La cercaria se describió como *Cercaria appendiculata* Pelseneer, 1906 y se encuentra en gasterópodos prosobranquios, como *Natica* spp. La metacercaria no enquistada se halla en copépodos, cangrejos y quetognatos y, como ya hemos mencionado anteriormente, los adultos se pueden encontrar en más de un centenar de especies de teleósteos marinos (Koie, 1979).

## **Familia Hemiuridae (Looss, 1899) Lühe, 1901**

### **3.1.1.9 *Lecithocladium excisum***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Hemiurata Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Superfamilia Hemiuroidea Looss, 1899

Familia Hemiuridae (Looss, 1899) Lühe, 1901

Subfamilia Elytrophallinae Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Género *Lecithocladium* Lühe, 1901

Especie *Lecithocladium excisum* (Rudolphi, 1819) Lühe, 1901

## **Material examinado**

Se examinaron 6 individuos maduros (Nº de acceso: EC4-10490-10493), el resto se conservaron en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

## **Microhábitat**

Todos los especímenes se encontraron en el estómago.

## **Criterios de identificación**

Los ejemplares se identificaron como *Lecithocladium excisum* de acuerdo con Gibson et al. (2002) y Gibson y Bray (1986). Esta especie presenta la superficie del cuerpo con pliegues pequeños y posee cola. La ventosa oral presenta forma de embudo, mientras que la ventosa ventral es pequeña y globular, y la faringe es alargada. Posee dos testículos ovales, una gran vesícula seminal, normalmente en el cuerpo posterior (*hindbody*) con una parte prostática larga y sinuosa, situada la mayor parte en el cuerpo posterior, y un *sinus-sac* tubular y estrecho en el cuerpo anterior (*forebody*) que nunca llega la altura de la vesícula seminal. El ovario, oval, se encuentra a mitad del cuerpo, en la línea media. Las glándulas vitelógenas están compuestas de 7 lóbulos largos y tubulares. Los huevos, pequeños y operculados, son muy numerosos.

## **Comentarios**

Esta especie fue descrita por primera vez por Rudolphi (1819) en la caballa (*Scomber scombrus*) en el mar Adriático, y el estornino (*Scomber japonicus*) en Nápoles. No se encuentra frecuentemente en múlidos, ya que hasta la fecha sólo ha sido citado por Fischthal (1980) en el estómago de *M. surmuletus* en Israel, y por Saad-Farès (1985) en el intestino de *M. barbatus* en el Líbano. En nuestro estudio sólo se encontró en las localidades españolas y con muy baja prevalencia e intensidad (Tabla 3.3).



Fig.3.9. •*Lecithocladium excisum*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Gibson et al. (2002); B. Vista ventral de un adulto. Escala = 1 mm.

**3.1.1.10 *Lecithochirium rufoviride***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Hemiurata Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Superfamilia Hemiuroidea Looss, 1899

Familia Hemiuridae (Looss, 1899) Lühe, 1901

Subfamilia Lecithohiriinae, Lühe, 1901

Género *Lecithochirium* Lühe, 1901

Especies *Lecithochirium rufoviride* (Rudolphi, 1819) Lühe, 1901

**Material examinado**

Se examinaron 7 individuos (Nº de acceso: EC6-10643-10646). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

**Microhábitat**

La mayoría de los ejemplares se encontraron en el estómago, y ocasionalmente, en el intestino.

**Criterios de identificación**

Se identificaron como *Lecithochirium rufoviride* de acuerdo a Gibson et al. (2002) y Gibson y Bray (1986). Esta especie presenta una superficie lisa, y un cuerpo fusiforme con una cola bien desarrollada. Posee un lóbulo preoral, y la ventosa oral presenta paredes musculosas que sobresalen dentro del lumen de la ventosa. La ventosa ventral es grande y esférica (Fig.3.10). La vesícula seminal presenta dos o tres partes y se halla en el cuerpo anterior (*forebody*). Posee dos testículos redondos y simétricos, situados adyacentemente al ovario, que es oval. El *sinus-sac* es pequeño y claviforme. Las glándulas vitelógenas están compuestas de dos masas laterales divididas en 3 ó 4 lóbulos. El útero no se extiende hacia el ecsoma. Presentan una gran cantidad de huevos pequeños y operculados.

**Comentarios**

Esta es la primera vez que *L. rufoviride* se cita en el salmonete de roca. Normalmente se encuentra en el congrio, *Conger conger* (Gibson y Bray, 1986). Cuando este hospedador no abunda, puede hallarse en otros hospedadores como la anguila, *Anguilla anguilla* en el Atlántico Norte, y en el salmonete de fango en el mar Negro (Zernov, 1913). También se ha citado en otra especie de congrio, el congriillo de charco, *Ariosoma balearicum*, en el mar Adriático (Sey, 1970). En nuestro estudio se halló en todas las localidades españolas, pero no en las tunecinas, y con una prevalencia e intensidad muy bajas (Tabla 3.3).

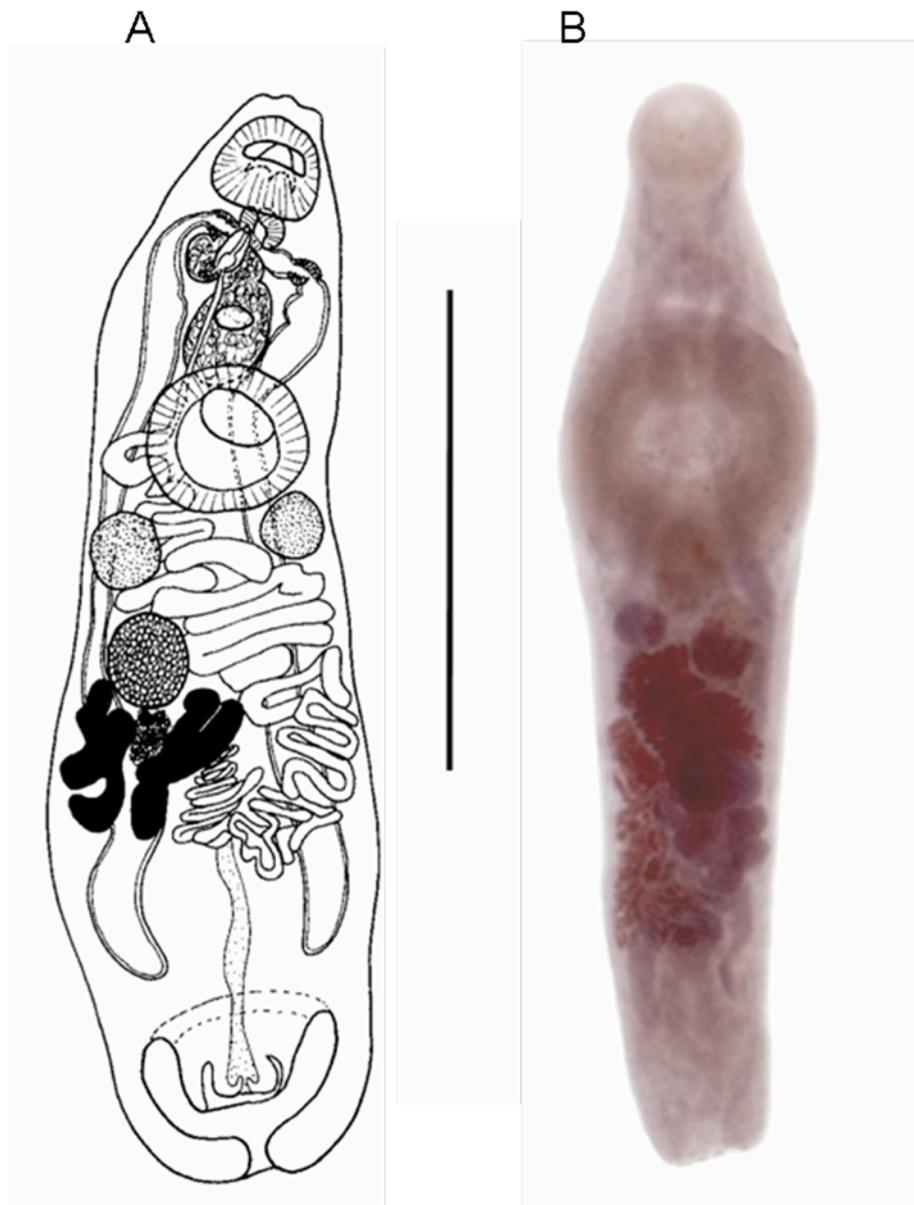


Fig.3.10. *Lecithochirium rufoviride*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Gibson et al. (2002); B. Vista ventral de un adulto. Escala = 0,5 mm.

### Ciclo de vida de las especies de la familia Hemiuridae

El ciclo general de los hemiuroides marinos ya se describió anteriormente. Respecto al ciclo vital de *L. excisum*, se conoce poco. La metacercaria probablemente se encuentra en ctenóforos y otros animales planctónicos (Boyle, 1966; Reimer, 1976). Como ya se ha señalado, los adultos se encuentran normalmente en escómbridos (Gibson y Bray, 1986). Es interesante señalar que se han descubierto individuos inmaduros en algunos carángidos como los jureles *Trachurus trachurus* (Looss, 1908; Parukhin et al., 1971) y *Trachurus mediterraneus* (Nikolaeva, 1963; Nikolaeva y Kovaleva, 1966; Kovaleva, 1970; Parukhin, 1976). Se piensa que estas infecciones accidentales tienen lugar porque los jureles ocupan el mismo nicho ecológico de los escómbridos y pueden alimentarse de ctenóforos.

Por otra parte, se han encontrado esporocistos de *L. rufoviride* en gasterópodos prosobranquios del género *Gibula*, de los cuales emergen las cercarias, que

tradicionalmente se conocen como *Cercaria vaullegeardi*. Las metacercarias podrían encontrarse en los copépodos. Sí han aparecido formas inmaduras encapsuladas en pequeños peces planctívoros tales como góbidos, lábridos y blénidos (Chabaud y Campana-Rouget, 1959).

### **Familia Lecithasteridae Odhner, 1905**

#### **3.1.1.11 *Lecithaster confusus***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Hemiurata Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Superfamilia Hemiuroidea Looss, 1899

Familia Lecithasteridae Odhner, 1905

Subfamilia Lecithasterinae Odhner, 1905

Género *Lecithaster* Lühe, 1901

Especie *Lecithaster confusus* Odhner, 1905

### **Material examinado**

Se examinaron 5 ejemplares maduros (Nº de acceso: EC4-10369-10373). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

### **Microhábitat**

Todos los ejemplares se encontraron en el estómago.

### **Criterios de identificación**

Los especímenes se identificaron como *Lecithaster confusus* de acuerdo con las claves de Gibson et al. (2002) y las descripciones morfológicas de otros autores (Odhner, 1905; Looss, 1908; Linton, 1940; Overstreet, 1973) (Tabla 3.2). Esta especie es muy similar a las especies del género *Aponurus*, pero se diferencia por la forma corporal, más redonda y lanceolada, la presencia de un pequeño atrio genital, un ovario con 4 lóbulos, y unas glándulas vitelógenas con forma de lágrima (Fig.3.11). Además, posee dos testículos simétricos, la vesícula seminal alargada y sinuosa, situada en la parte anterior del cuerpo posterior (*hindbody*) y el *sinus-sac* es oval.

### **Comentarios**

*Lecithaster confusus* se ha citado en multitud de hospedadores en todo el mundo (Gibson et al., 2005), pero es la primera vez que se cita en el salmonete de roca. En la Tabla 3.2 se puede observar algunos de los hospedadores en los que se ha citado y las diferentes

medidas morfométricas halladas en los especímenes. En nuestro estudio se encontró sólo en las dos localidades más septentrionales (Barcelona y Burriana). La infección podría ser accidental debido a los bajos niveles de infección hallados.

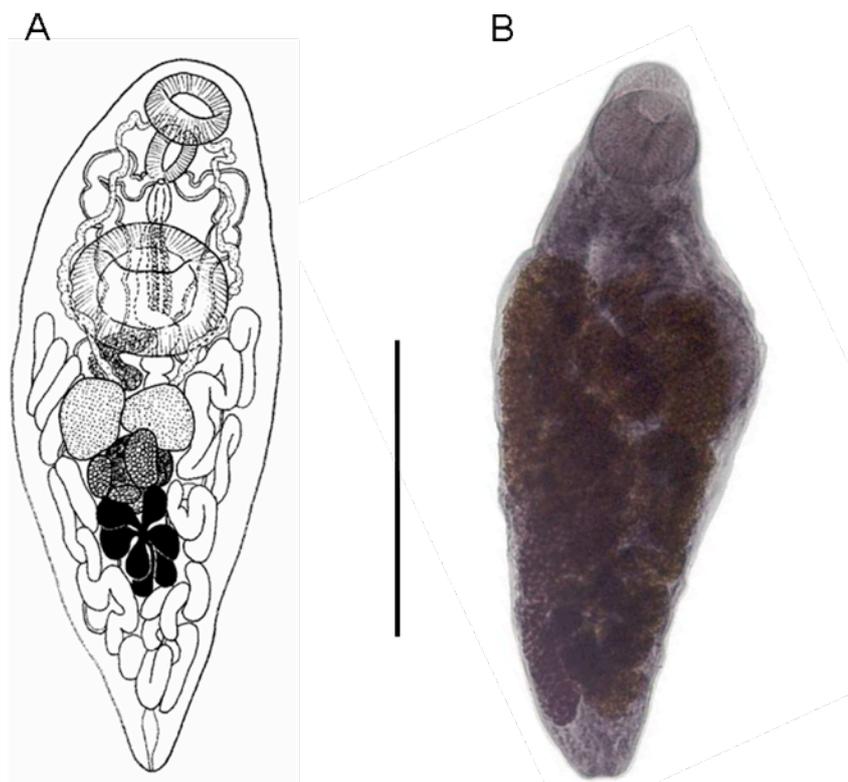


Fig.3.11. *Lecithaster confusus*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Gibson et al. (2002); B. Vista ventral de un adulto. Escala = 0,5 mm.

Tabla 3.2. Rango de las medidas morfométricas (en µm) de varias descripciones de *L. confusus*.

Hospedador	Presente estudio	Odhner, 1905	Looss, 1908	Linton, 1940	Overstreet, 1973
	<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Alosa agone</i> <i>Clupea harengus</i>	<i>Alosa agone</i> <i>Clupea harengus</i>	<i>Alosa mediocris</i>	<i>Micropogonias undulatus</i>
Longitud del cuerpo	959-1093	1000- 1500	1000-1200	330-1750	379-1299
Anchura del cuerpo	346-421	300-500	400	108-650	155-485
Longitud del forebody	304-350	-	-	-	-
Lóbulo preoral	21-38	-	-	-	-
Ventosa oral (LxA)	129-150 x 150-163	? x 130-160	? x 140-150	? x 60-160	49-126 x 55-122
Faringe (LxA)	77-83 x 75-92	? x 70-85	-	? x 36-100	32-73 x 33-73
Ventosa ventral (LxA)	188-221 x 213-246	? x 230-300	? x 250-270	? x 100-180	110-252 x 102-232
Sinus-sac (LxA)	71-104 x 42-46	80-110	-	-	29-67 x 19-49
Vesícula seminal (LxA)	104-163 x 50-83	-	-	-	-
Testículo derecho (LxA)	96-125 x 96-117	-	-	-	44-139 x 38-133
Testículo izquierdo (LxA)	83-121 x 96-117	-	-	-	38-157 x 36-116
Ovario (LxA)	142-238 x 124-171	Similar a los lóbulos de los vitelarios	-	-	67-255 x 57-177
Receptáculo seminal (LxA)	154-259 x 83-133	-	-	-	-
Vitelarios(LxA)	175-217 x 154-188	? x 250	-	-	-
Parte del postvitelario	58-121	-	-	-	-
Huevos (LxA)	19-22 x 11-14	15-17 x 7	15-17 x 9	12-20 x 7-13	15-23 x 9-15

(LxA)= (Longitud x Anchura)

**3.1.1.12 *Aponurus mulli***

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Hemiurata Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Superfamilia Hemiuroidea Looss, 1899

Familia Lecithasteridae Odhner, 1905

Subfamilia Lecithasterinae Odhner, 1905

Género *Aponurus* Looss, 1907

Especie *Aponurus mulli* Carreras-Aubets, Repulles-Albelda, Kostadinova y Carrasson, 2011

**Material examinado**

Se examinaron 90 ejemplares (Nº de acceso: EF4-11592-11683). El resto de los especímenes se hallan conservados en etanol 70º en el ICBiBE.

**Microhábitat**

Todos los ejemplares, tanto maduros como inmaduros se encontraron, bien en el estómago, bien en otros órganos como el esófago y las branquias. Algunos individuos se hallaron en el filtrado general del cuerpo.

**Criterios de identificación**

Los ejemplares se identificaron como *Aponurus mulli* de acuerdo con Carreras-Aubets et al. (2011). Esta especie es muy similar a *A. laguncula*, de la que se distingue por poseer: (1) un cuerpo de mayor tamaño y más esbelto, con la anchura máxima a nivel de la ventosa ventral; (2) una mitad anterior de cuerpo más corta; mayor tamaño del *sinus-sac*, del receptáculo seminal y de la vesícula seminal, siendo ésta última también más esbelta; pars prostática vesicular; glándulas vitelógenas localizadas más anteriormente, formadas por 8 folículos globulares, y huevos más pequeños con ambos polos redondeados (Fig.3.12).

**Comentarios**

En el capítulo 5 se realiza una discusión detallada sobre este taxón.

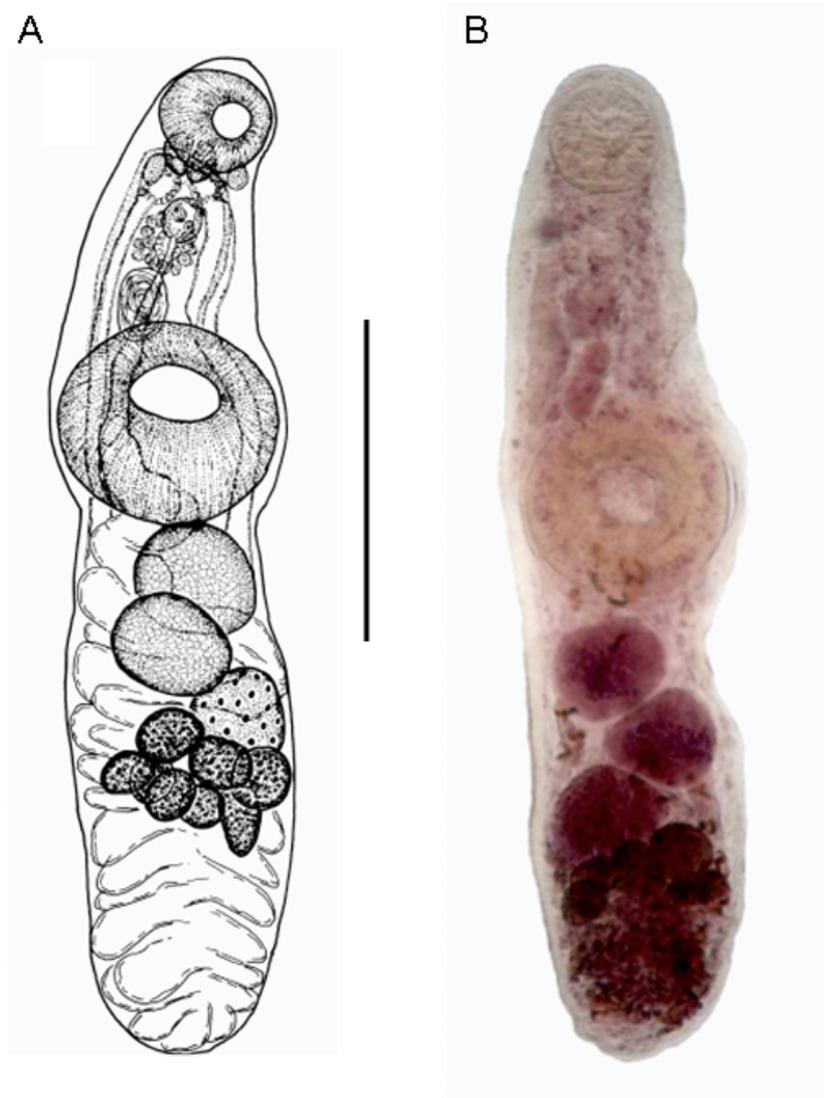


Fig.3.12. *Aponurus mulli*. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Carreras-Aubets et al. (2011); B. Vista ventral de un adulto. Escala = 0,5 mm.

### Ciclo de vida de las especies de la familia Lecithasteridae

Hunninen y Cable (1943) completaron experimentalmente el ciclo de vida de *L. confusus*. El caracol marino *Odostomia trifida* funciona como primer hospedador intermediario; de él emergen las cercarias. Las metacercarias no enquistadas se hallan en el hemocele del copépodo *Arcatia tonsa*. Los adultos se desarrollaron experimentalmente en especies de *Fundulus*, y en el espinoso *Apeltes quadracus*, aunque en el medio natural suelen infectar otros teleósteos.

El ciclo biológico de *A. mulli* aún no se conoce, aunque cabría esperar que fuese muy similar al ya mencionado en otros hemiuroides. Una especie congénérica muy próxima, *A. laguncula*, presenta una amplia distribución (véase el Capítulo 5), por lo que Bray y Mackenzie (1990) especularon que *A. laguncula* debería mostrar escasa especificidad por el primer hospedador intermediario, infectando varias especies de moluscos taxonómicamente próximas.

**Familia Cryptogonimidae Ward, 1917**

**3.1.1.12 *Aphallus tubarium* (metacercaria)**

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Opistorchiata La Rue, 1957

Superfamilia Opisthorchioidea Braun, 1901

Familia Cryptogonimidae Ward, 1917

Subfamilia Aphallinae, 1958

Género *Aphallus* Poche, 1926

Especie *Aphallus tubarium* (Rudolphi, 1819) Poche, 1926 metacercaria

**Material examinado**

Se examinaron 13 ejemplares (Nº de acceso: ED1-10701-10708). El resto se conservaron en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

**Microhábitat**

Las metacercarias se encontraron encapsuladas en la musculatura del pez, normalmente en los músculos pectorales, operculares y de las branquias. En menor medida, se hallaron en el riñón cefálico, o libres en el filtrado general del cuerpo.

**Criterios de identificación**

Los especímenes fueron identificados como *A. tubarium* basándose en los estudios de Dollfus (1952) y Bartoli y Bray (1987). Los vermes presentan un cuerpo alargado, que se va estrechando hacia los extremos. Poseen dos manchas oculares a nivel de la prefaringe o faringe, una ventosa oral terminal y redonda, una ventosa ventral algo más pequeña muy cerca de la bifurcación intestinal. Los ciegos acaban cerca de la extremidad posterior. Además, presentan dos testículos globosos en tándem entre los divertículos de los ciegos, ubicados en el tercio posterior del cuerpo. Su ovario es de tamaño medio, con tres lóbulos, y está situado justo antes del testículo anterior. Las glándulas vitelógenas están constituidas por muchos pequeños folículos irregulares dorsales que discurren desde la parte posterior de la ventosa ventral hasta la parte posterior del testículo posterior, o más allá, pero sin alcanzar el final de los ciegos (Fig.3.13).

**Comentarios**

En estudios previos se han citado metacercarias de *A. tubarium* sólo en un pequeño pez demersal del Mediterráneo, el gobio serpentón, *Zosterisessor ophiocephalus*, pero en este estudio es la primera vez que se citan en el salmonete de roca. De hecho, encontramos metacercarias de *A. tubarium* en todas las localidades del estudio excepto en Sfax, aunque

en la otra localidad tunecina (Zarzis), se encontraron con unos parámetros de infección muy bajos (Tabla 3.3). También hallamos metacercarias de *A. tubarium* en los peces recogidos de Barbate (Tabla 3.3). Esta es la primera vez que se citan metacercarias de *A. tubarium* en el Atlántico.

### Ciclo de vida de *A. tubarium*

El ciclo de *A. tubarium* no se conoce por completo. Se han encontrado individuos adultos en teleósteos del Mediterráneo pertenecientes a 6 familias (Sciaenidae, Sparidae, Carangidae, Scombridae, Serranidae y Lophiidae), y en un único individuo en el pargo, *Pagrus pagrus* del Atlántico (Bartoli y Bray, 1987). El primer hospedador intermediario no se conoce (Dollfus, 1952). Nuestro estudio sugiere que el salmonete de roca podría actuar como segundo hospedador intermediario de *A. tubarium*, de forma similar al gobio serpentón.

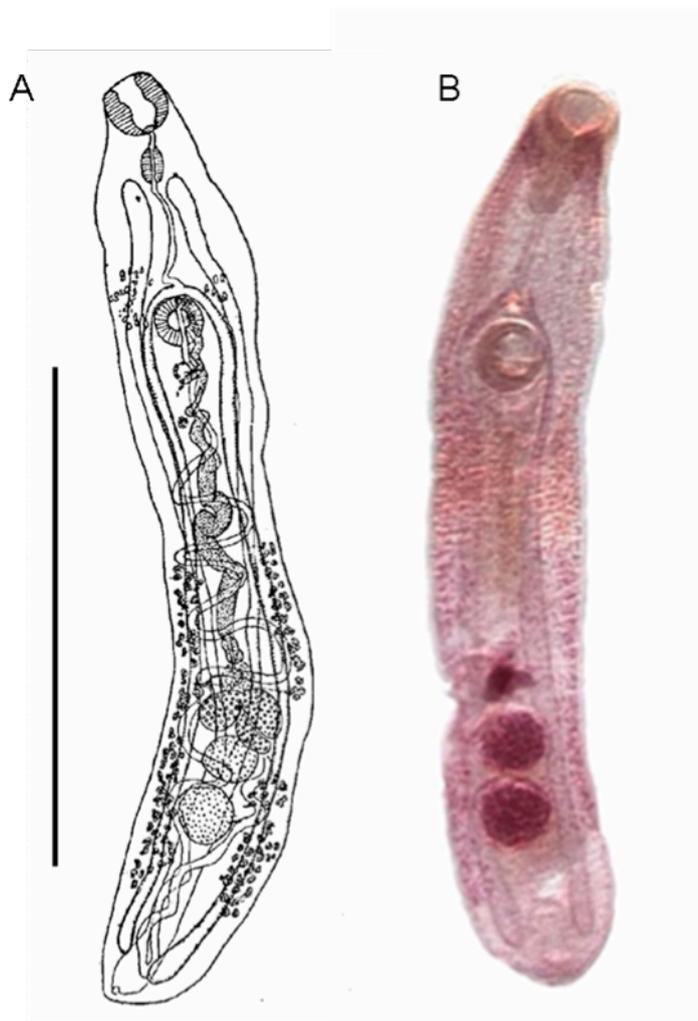


Fig.3.13. *Aphallus tubarium* (metacercaria). A. Vista ventral de un espécimen inmaduro. Extraído de Dollfus (1952).; B. Vista ventral de individuo inmaduro. Escala = 1 mm.

**Familia Bucephalidae Poche, 1907**

**3.1.1.13 *Prosorhynchus crucibulum* (metacercaria)**

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Bucephalata La Rue, 1926

Superfamilia Bucephaloidea Poche, 1907

Familia Bucephalidae Poche, 1907

Subfamilia Prosorhynchinae Nicoll, 1914

Género *Prosorhynchus* Odhner, 1905

Especie *Prosorhynchus crucibulum* (Rudolphi, 1819) Odhner, 1905 metacercaria

**Material examinado**

Se examinaron 18 ejemplares (Nº de acceso: EC6-10673-10681). El resto se conservaron en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

**Microhábitat**

Las metacercarias de este digeneo se encontraron normalmente enquistadas en la musculatura del pez; concretamente en los músculos pectorales, operculares y branquiales. En los músculos pectorales, las metacercarias de *P. crucibulum* se encontraban generalmente a nivel más superficial que las de *A. tubarium*

**Criterios de identificación**

Las metacercarias de *P. crucibulum* fueron identificadas por la presencia de una estructura característica, el *rhynchus*, que se extendía más posteriormente que el ganglio cerebroide, así como por la posición medioventral de la apertura oral y unas glándulas faringeadas muy extensas (Fig.3.14) (Matthews, 1973). Las metacercarias eran fácilmente distinguibles porque su morfología se parecía mucho a la del adulto.

**Comentarios**

Las metacercarias de *P. crucibulum* se han citado en múlidos en otras regiones del Mediterráneo: el Mar de Libia (Anato et al., 1991), el mar Tirreno (Figus et al., 2005) y el mar Balear (Barrett et al., 2005). Este digeneo se encontró en todas las localidades del estudio, aunque en las localidades tunecinas sus niveles de infección fueron menores (Tabla 3.3).

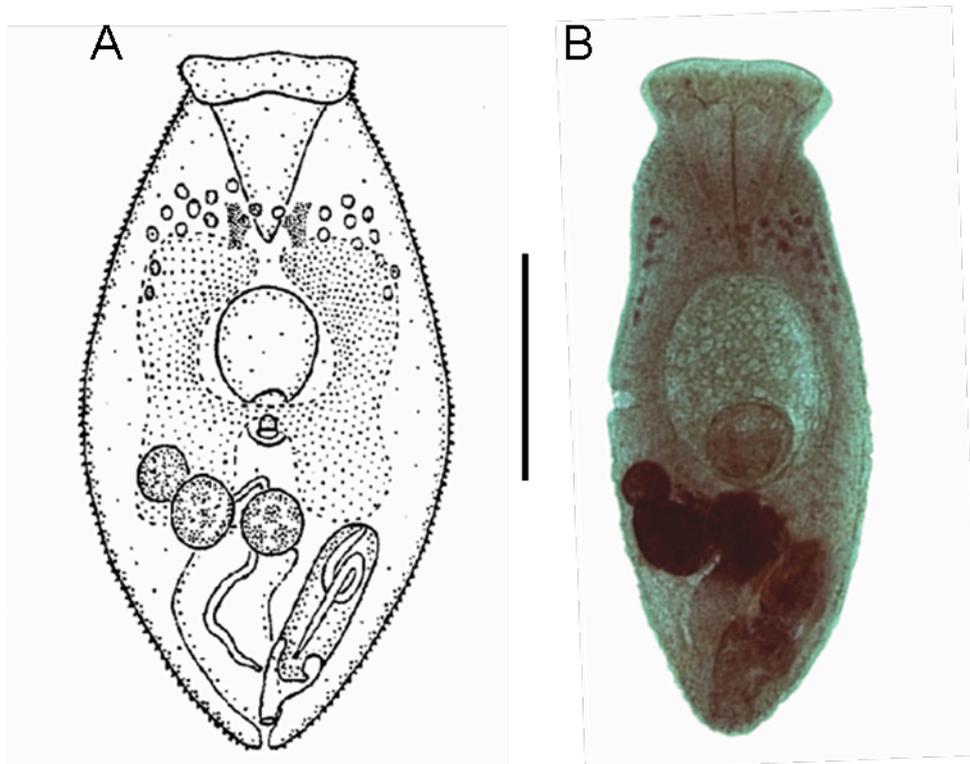


Fig.3.14. *Prosorhynchus crucibulum* (metacercaria). A. Vista ventral de un espécimen inmaduro. Extraído de Matthews (1973); B. Vista ventral de individuo inmaduro. Escala = 0,5 mm.

#### Ciclo de vida de *P. crucibulum*

El ciclo de *P. crucibulum* parece estar asociado con la fauna bentónica de aguas costeras (Matthews, 1973). Los adultos típicamente habitan en el intestino del congrio (*Conger conger*), al que se considera como el hospedador definitivo principal (Bray, 1973). Aparentemente, esta es la razón por la que las citas reflejan la distribución de su hospedador en el Atlántico Norte (Nicoll, 1910; Nicoll, 1914; Santos y Gibson, 2002), el Mediterráneo (Odhner, 1905; Muñoz et al., 1989), la costa noreste de Norteamérica, y el Pacífico (Yamaguti, 1971). Las metacercarias de este digeneo se han documentado en una amplia variedad de hospedadores como gádidos, carángidos, escoftálmidos y múlidos, incluyendo *M. surmuletus* (Matthews, 1973; Radujkovic et al., 1989; Grau et al., 1999; Figus et al., 2005; Barrett et al., 2005; Fernández et al., 2005). Hasta la fecha el único primer hospedador intermediario donde se ha citado es *Mytilus edulis* (Matthews, 1973; Reimer y Pohl, 1989; Santos y Coimbra, 1995; Hemmingsen y Mackenzie, 2001).

**Familia Didymozoidea Poche, 1907****3.1.1.14 Didymozoidae larva**

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Hemiurata Skrjabin y Guschanskaja, 1954

Superfamilia Hemiuroidea Looss, 1899

Familia Didymozoidae Poche, 1907

Forma larvaria tipo *Allomonilicaecum* Pozdnyakov (1996)

**Material examinado**

Se examinaron 3 ejemplares (Nº de acceso: EF3-11534-11536). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

**Microhábitat**

Los especímenes se encontraron sueltos en el filtrado general del cuerpo.

**Criterios de identificación**

La identificación de las larvas de didimozoidos es muy complicada porque su morfología cambia drásticamente cuando se convierten en adultos (Anderson, 1999). Muchos autores han descrito larvas de didimozoidos y han aportado criterios taxonómicos para poder identificarlos basándose en la morfometría (Nikolaeva, 1965; Yamaguti, 1970; Yamaguti, 1975; Kurochkin y Nikolaeva, 1978; Koie y Lester, 1985). Según la clasificación de Yamaguti (1942), los ejemplares colectados en el salmonete de roca podrían identificarse como larvas del tipo *Monilicaecum*, que difiere del otro tipo de larva *Torticaecum* por poseer ciegos intestinales con forma de cuentas de rosario, y la presencia de un estómago. Según la más reciente clasificación de Pozdnyakov (1996) y Pozdnyakov y Gibson (2008), nuestros ejemplares son del tipo *Allomonilicaecum* ya que poseen un cuerpo alargado y filiforme, y dos ventosas; una oral terminal y la otra ventral más pequeña que la oral. Además poseen faringe, un esófago largo, *drüsenmagen* (dilataciones en la parte anterior de los ciegos) y glándulas estomacales rodeando el *drüsenmagen* y la parte anterior de los ciegos. Los ciegos son curvados y arrosariados, formando unas cámaras poco desarrolladas (Fig.3.15). A pesar de la proliferación de este tipo de clasificaciones, muchos autores dudan que sean válidas por varias razones. En primer lugar, los caracteres que se usan son extremadamente variables y cambian con la edad; además, no es recomendable crear un doble sistema taxonómico, ya que la nomenclatura utilizada para los adultos no es la misma que para las larvas (Fischthal y Kuntz, 1964; Yamaguti, 1975; Koie y Lester, 1985).

### Comentarios

Las larvas de didimozoidos no son frecuentes en las especies de la familia Mullidae. De hecho, sólo se han sido citados en dos ocasiones, como larvas *Monilicaecum* tipo I Nikolaeva en salmonetes de roca en Israel (Fischthal, 1980) y, como larvas *Didymozoidae* gen. sp. en salmonetes de fango en el Mediterráneo (Parukhin, 1976). En este estudio se halló en todas las localidades españolas, excepto en la más meridional, Fuengirola (Tabla 3.3).

### Ciclo de vida de las especies de la familia *Didymozoidae*

No se conoce el ciclo completo de ningún didimozoido, pero se cree que es muy parecido al de otros hemiuroides (Pozdnyakov y Gibson, 2008). Los didimozoidos adultos se encuentran en teleósteos (Yamaguti, 1970; Yamaguti, 1971) especialmente en especies de la subfamilia Thunninae (Cribb et al., 2000). Se cree que en la mayoría de especies el ciclo incluye 4 hospedadores; un molusco, un crustáceo (2º hospedador), y un pez pequeño se (3º hospedador) (Nikolaeva, 1965).



Fig.3.15. *Didymozoidae* larva. A. Vista ventral de un espécimen inmaduro. Extraído de Pozdnyakov y Gibson (2008); B. Vista ventral de individuo inmaduro. Escala = 0,5 mm.

**Familia Acanthocolpidae Lühe, 1906**

**3.1.1.15 *Stephanostomum* sp. (metacercaria)**

Orden Plagiorchiida La Rue, 1957

Suborden Xiphidiata Olson, 2003

Superfamilia Allocreadioidea Looss, 1902

Familia Acanthocolpidae Lühe, 1906

Subfamilia Acanthocolpinae Lühe, 1906

Género *Stephanostomum* sp. Looss, 1899

**Material examinado**

Se examinaron 2 ejemplares (Nº de acceso: EF3-11499-11500). El resto se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

**Microhábitat**

Los individuos se encontraron en la musculatura branquial.

**Criterios de identificación**

La identificación a nivel de género se basó en Jones et al. (2005) y Yamaguti (1970). Estos vermes presentan el cuerpo alargado con espinas y están aplanados dorsoventralmente. Poseen dos manchas oculares y dos ventosas; la oral exhibe una corona de dos filas de espinas. La faringe es alargada. Poseen dos testículos en tándem en la parte posterior del cuerpo posterior (*hindbody*). Las glándulas vitelógenas están formadas por folículos irregulares (Fig. 3.17).

**Comentarios**

Anteriormente se habían citado metacercarias de especies de *Stephanostomum* en las dos especies de salmonete en Grecia (Papoutsoglou, 1976) y en Túnez (Gritli et al., 1989). Aparentemente, las metacercarias de *Stephanostomum* fueron responsables de una gran epizootia en especies de *Mullus* en el golfo de Gabès (Túnez) en la década de los 90 (Medsudmed, 2008). Sin embargo, en nuestro estudio se encontró con muy baja prevalencia e intensidad en Burriana y Santa Pola; en Zarzis, una localidad cercana al golfo de Gabès, con muy poca prevalencia pero una intensidad más alta.

### Ciclo de vida de las especies de *Stephanostomum*

Las especies del género *Stephanostomum* parasitan muchos teleósteos marinos, generalmente especies de aguas templadas. Se han citado como hospedadores definitivos gádidos, lófidos, cótidos y trígidos. El segundo hospedador intermediario suelen ser peces planos, y el primer hospedador un gasterópodo (Quinteiro et al., 1993). Se ha descrito el ciclo de vida de *Stephanostomum baccatum* (Mackenzie y Liversidge, 1975): la cercaria se desarrolla en gasterópodos tales como *Buccinum undatum*, *Neptunea antiqua* y *N. decemcostatum*. Cuando se libera, esta cercaria infecta al segundo hospedador intermediario, un pleuronéctido, y se enquista en forma de metacercaria en la piel o en el músculo. El parásito adulto se encuentra en el tracto digestivo de teleósteos que se alimentan de estos pleuronéctidos, como por ejemplo el fletán del Atlántico, *Hippoglossus hippoglossus*.

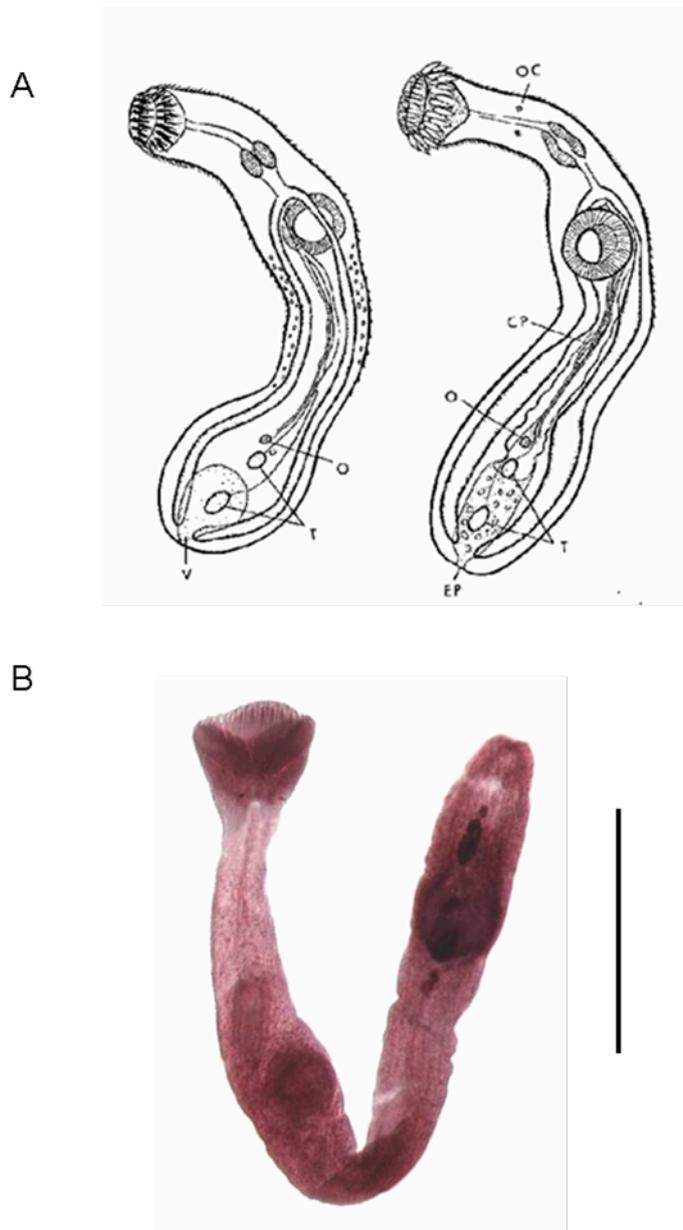


Fig.3.17. *Stephanostomun* sp. A. Vista dorsal y ventral de especímenes inmaduros. Extraído de Yamaguti (1970) B. Vista lateral de un individuo inmaduro. Escala = 0,5 mm.

Tabla 3.3. Prevalencia (P), abundancia media (AM) y intensidad media (IM) de los taxones de digeneos hallados en el salmónete de roca (n= 1100) por localidad. BA= Barcelona; Bu= Burriana; SP= Santa Pola; RO= Roquetas de Mar; FU= Fuengirola; SF= Sfax y ZA= Zarzis. El intervalo de confianza del 95% de cada parámetro está entre paréntesis.

	<i>O. furcatus</i>	<i>P. furcatus</i>	<i>L. mullii</i>	<i>P. bacilliovatum</i>	<i>T. mediterranea</i>	<i>Met. A. tubarium</i>	<i>Met. P. crucibulum</i>	<i>A. mullii</i>
BA	P	67,5 (60,5-73,8)	41,5 (34,7-48,5)	34,5 (28,2-41,5)	28,0 (22,1-34,7)	0,0	40,0 (33,2-47,0)	26,0 (20,2-32,5)
N=200	AM	4,7 (3,6-6,4)	9,1 (5,8-13,8)	3,5 (2,3-5,4)	1,2 (0,8-1,7)	0,0	1,0 (0,7-1,4)	0,76 (0,6-1,0)
	IM	6,9 (5,5-9,3)	21,9 (14,8-32,9)	10,1 (7,1-15,6)	4,1 (3,1-6,1)	0,0	2,3 (1,8-3,2)	2,9 (2,5-3,4)
BU	P	75,0 (68,5-80,5)	51,0 (44,0-58,0)	64,0 (57,0-70,5)	8,0 (4,9-12,7)	0,0	80,0 (73,8-85,0)	56,5 (49,5-63,3)
N=200	AM	5,1 (4,2-6,3)	3,8 (2,8-5,3)	17,7 (13,7-22,5)	0,29 (0,1-0,6)	0,0	2,9 (2,5-3,4)	2,2 (1,8-2,7)
	IM	6,8 (5,8-8,3)	7,4 (5,7-10,3)	27,6 (22,2-35,4)	3,7 (2,0-6,4)	0,0	3,6 (3,2-4,2)	3,8 (3,3-4,6)
SP	P	91,5 (86,8-94,9)	68,5 (61,8-74,8)	27,0 (21,2-33,7)	11,5 (7,7-16,7)	0,0	39,5 (32,8-46,5)	52,0 (45,0-59,0)
N=200	AM	16,3 (13,3-20,5)	8,4 (6,9-10,5)	2,6 (1,6-4,3)	3,0 (0,5-11,0)	0,0	0,9 (0,6-1,2)	1,6 (1,3-1,9)
	IM	17,8 (14,6-22,5)	12,3 (10,2-15,0)	9,4 (6,2-15,8)	26,2 (4,4-86,4)	0,0	2,2 (1,8-3,0)	3,1 (2,7-3,6)
RO	P	91,0 (86,1-94,3)	72,0 (65,3-77,8)	23,5 (18,0-30,0)	58,5 (51,5-65,3)	0,0	27,5 (21,7-34,2)	46,0 (39,0-53,0)
N=200	AM	18,8 (15,7-23,0)	21,8 (18,4-25,8)	6,8 (4,3-11,4)	16,2 (12,0-22,8)	0,0	0,5 (0,4-0,7)	2,8 (1,8-5,2)
	IM	20,6 (17,5-25,3)	30,2 (26,4-35,0)	29,0 (19,8-45,6)	27,7 (21,3-38,8)	0,0	1,9 (1,5-2,6)	6,1 (4,2-10,8)
FU	P	81,0 (74,3-85,6)	46,0 (39,0-53,0)	1,0 (0,2-3,6)	42,0 (35,2-49,0)	2,0 (0,7-5,1)	32,0 (25,7-38,8)	23,0 (17,5-29,5)
N=200	AM	11,5 (9,2-14,4)	5,8 (3,8-10,4)	0,01 (0,0-0,03)	13,8 (7,5-36,3)	1,3 (0,12-5,6)	0,5 (0,4-0,7)	0,41 (0,3-0,5)
	IM	14,3 (11,7-17,9)	12,7 (8,7-22,7)	1,0	32,9 (18,3-85,5)	64,0 (8,0-158,0)	1,6 (1,3-2,0)	1,8 (1,5-2,2)
SF	P	52,0 (37,9-66,1)	16,0 (7,5-28,8)	0,0	24,0 (13,7-37,9)	0,0	2,0 (0,1-10,6)	4,0 (0,7-13,7)
N=50	AM	9,2 (4,4-20,4)	0,56 (0,20-12)	0,0	0,64 (0,30-1,2)	0,0	0,0 (0,0-0,1)	0,1 (0,0-0,20)
	IM	17,7 (8,7-37,0)	3,5 (1,7-5,9)	0,0	2,7 (1,7-4,3)	0,0	2,0	2,0
ZA	P	40,0 (26,8-54,0)	10,0 (4,0-21,8)	0,0	28,0 (16,7-41,9)	0,0	2,0 (0,1-10,6)	20,0 (10,7-33,9)
N=50	AM	2,7 (1,6-4,6)	0,38 (0,10-1,1)	0,0	7,2 (2,7-18,2)	0,0	0,0 (0,0-0,1)	2,0 (0,98-3,7)
	IM	6,8 (4,6-10,2)	3,8 (1,6-7,4)	0,0	25,9 (10,6-57,8)	0,0	1,0	10,2 (6,7-13,0)

Tabla 3.3. Continuación

	<i>L. confusus</i>	<i>P. maculatus</i>	<i>D. latus</i>	<i>D. varicus</i>	<i>L. excisum</i>	<i>L. rufoviride</i>	<i>Allomonillaecum</i> sp.	<i>Met. Stephanostomum</i> sp.
BA	P	1,0 (0,2-3,6)	3,0 (1,3-6,4)	0,5 (0,0-2,9)	8,5 (5,2-13,2)	3,0 (1,3-6,4)	0,5 (0,0-2,9)	0,0
N=200	AM	0,05 (0,00-0,15)	0,1 (0,01-0,30)	0,0 (0,0-0,1)	0,1 (0,1-0,2)	0,04 (0,01-0,1)	0,0 (0,00-0,01)	0,0
	IM	5,0 (4,0-5,0)	2,7 (1,0-4,3)	1,0	1,6 (1,1-2,3)	1,2 (1,0-1,3)	1,0	0,0
BU	P	1,0 (0,2-3,6)	7,0 (4,2-11,4)	0,5 (0,03-2,9)	7,5 (4,4-12,2)	4,5 (2,3-8,4)	0,5 (0,0-2,9)	0,5 (0,0-2,9)
N=200	AM	0,0 (0,0-0,0)	0,22 (0,10-0,42)	0,0 (0,0-0,1)	0,2 (0,1-0,4)	0,1 (0,03-0,2)	0,0 (0,00-0,01)	0,0 (0,00-0,01)
	IM	1,0	3,1 (1,9-5,1)	1,5 (1,0-1,5)	2,7 (1,7-4,0)	1,8 (1,2-2,9)	1,0	1,0
SP	P	0,0	5,0 (2,7-8,9)	0,5 (0,03-2,9)	23,5 (18,0-30,0)	5,0 (2,7-8,9)	4,5 (2,3-8,4)	0,5 (0,0-2,9)
N=200	AM	0,0	0,1 (0,03-0,2)	0,04 (0,00-0,10)	1,0 (0,6-1,6)	0,1 (0,04-0,2)	0,05 (0,0-0,1)	0,0 (0,00-0,01)
	IM	0,0	1,5 (1,1-1,9)	7,0	4,2 (3,0-6,3)	1,9 (1,4-2,5)	1,1 (1,0-1,3)	1,0
RO	P	0,0	0,5 (0,03-2,9)	0,5 (0,03-2,9)	5,0 (2,7-8,9)	1,5 (0,42-4,4)	3,0 (1,3-6,4)	0,0
N=200	AM	0,0	0,01 (0,00-0,03)	0,0 (0,0-0,1)	0,1 (0,04-0,3)	0,02 (0,0-0,05)	0,04 (0,0-0,1)	0,0
	IM	0,0	2,0	1,0	1,9 (1,0-4,3)	1,3 (1,0-1,7)	1,2 (1,0-1,3)	0,0
FU	P	0,0	5,5 (2,9-9,7)	1,5 (0,42-4,4)	8,5 (5,2-13,2)	5,5 (2,9-9,7)	0,0	0,0
N=200	AM	0,0	0,1 (0,0-0,2)	0,01 (0,0-0,04)	0,2 (0,2-0,3)	0,1 (0,03-0,10)	0,0	0,0
	IM	0,0	1,6 (1,1-2,9)	1,0	2,1 (1,4-2,9)	1,2 (1,0-1,4)	0,0	0,0
SF	P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N=50	AM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZA	P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0 (1,7-16,7)
N=50	AM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5 (0,0-9,3)
	IM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,3 (1,0-70,3)

### 3.1.2 Clase Monogenea van Beneden, 1858

#### Características generales

La mayoría de los monogeneos son ectoparásitos de peces marinos y de agua dulce; unos pocos parasitan anfibios y sólo una especie, *Oculotrema hippopotami*, se encuentra en los ojos de un mamífero: el hipopótamo. Estos parásitos normalmente se hallan en la superficie externa de los hospedadores y presentan una gran especificidad por su hospedador y el microhábitat donde se anclan, sobre todo los parásitos branquiales de peces (Bush et al., 2001).

Los monogeneos son generalmente delgados, aplanados y con un rango de tamaño entre 0,3 y 20 mm. En el extremo anterior se encuentran las estructuras de ingestión de alimentos y de adhesión (ventosas o sustancias adhesivas), y en la parte final el haptor, que es el responsable fundamental del acoplamiento al hospedador. La morfología del haptor es muy variable: puede tener ganchos principales, ganchos marginales, pinzas o ventosas. Dado que la supervivencia de los monogeneos depende de su forma de anclaje, la estructura del haptor puede en muchos casos estar muy condicionada por la morfología del microhábitat, generando un anclaje de tipo llave-cerradura. La gran especificidad de los monogeneos por sus hospedadores está mediada, en sus causas próximas, por múltiples factores (Whittington et al., 2000). La quimioatracción los estados larvarios de algunos parásitos permite discriminar a sus hospedadores. Por otra parte, la fisiología y la repuesta inmune del hospedador influye en la alimentación, maduración y reproducción del parásito (Buchmann y Bresciani, 2006).

Los monogeneos poseen un digestivo incompleto, son monoicos y el ciclo de vida de la mayoría es directo (Fig.3.18). La duración del ciclo de vida puede ser de varios días o incluso de varios años, dependiendo de la especie.

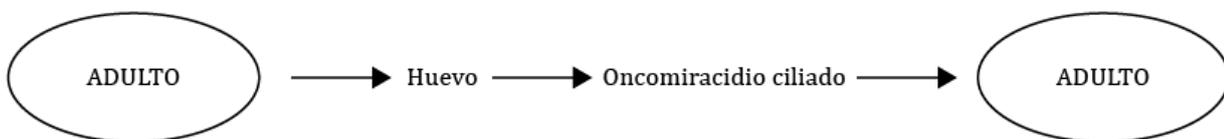


Fig.3.18. Ciclo de vida de un monogeneo. Las fases sobre el hospedador se señalan en el interior de los círculos. El resto son fases de vida libre.

## **Familia Capsalidae Baird, 1853**

### **3.1.2.1 *Encotyllabe cf. vallei***

Orden Monopisthocotylea Odhner, 1912

Superfamilia Capsaloidea Price, 1936

Familia Capsalidae Baird, 1853

Género *Encotyllabe* Diesing, 1850

Especie *Encotyllabe cf. vallei* Monticelli, 1907

### **Material examinado**

Solo se encontró un espécimen en un salmonete de Santa Pola (Nº de acceso: EF3-11523) (Tabla 3.4).

### **Microhábitat**

Se encontró en las placas faríngeas (Fig.3.19.B).

### **Criterios de identificación**

Para la ubicación taxonómica de esta especie se siguieron los criterios de Yamaguti (1963). La morfología del espécimen encontrado se ajusta en gran medida a la descripción de Radujkovic y Euzet (1989): su cuerpo es alargado y ovalado, con márgenes laterales que tienden a doblarse centralmente. El extremo anterior está formado por dos lóbulos en forma de flor a cada lado y cada lóbulo posee una ventosa muscular en la base. Posee 4 manchas oculares dorsales en la región prefaríngea. El haptor es pedunculado, con una parte final en forma de campana, sin septos, y con una membrana marginal (Fig.3.19). Presenta 2 ganchos principales (áncoras), 2 ganchos medianos y 14 pequeños ganchos marginales (Fig.3.19.C). El intestino está formado por 2 ramas que no se unen posteriormente. Posee 2 testículos yuxtapuestos por encima de la mitad del cuerpo. La bolsa del cirro es muscular y robusta. El poro genital se sitúa posteriormente a la ventosa izquierda. El ovario se encuentra en una posición anterior a los testículos. Las glándulas vitelógenas se extienden lateralmente, hasta el nivel de los testículos incluso por debajo de los mismos.

### **Comentarios**

El ejemplar es muy similar a *Encotyllabe vallei*, tal y como fue descrito por Radujkovic y Euzet (1989). Sin embargo, preferimos abstenernos de hacer una asignación específica definitiva porque en el género *Encotyllabe* la identificación a nivel específico resulta bastante difícil, ya que muchas de las descripciones están basadas en pocos ejemplares, y sólo se señalan pequeñas diferencias morfológicas (Khalil y Abdul-Salam,

1988; Hayward, 1997). Hay que resaltar que *Encotyllabe vallei* es típica de espáridos (Gibson et al., 2005), por lo tanto, la infección en el salmonete de roca podría haber sido accidental, ya que ambas especies comparten el mismo hábitat. Como se ha mencionado anteriormente, los monogeneos presentan a menudo una gran especificidad por el hospedador, normalmente a nivel de género. Dado que el individuo encontrado se encontraba completamente desarrollado, cabe la posibilidad de este espécimen perteneciera a una nueva especie.

El registro señalado en este trabajo constituye la primera cita de una especie de *Encotyllabe* en el salmonete de roca; es más, se trata de la segunda cita de un monogeneo en esta especie.

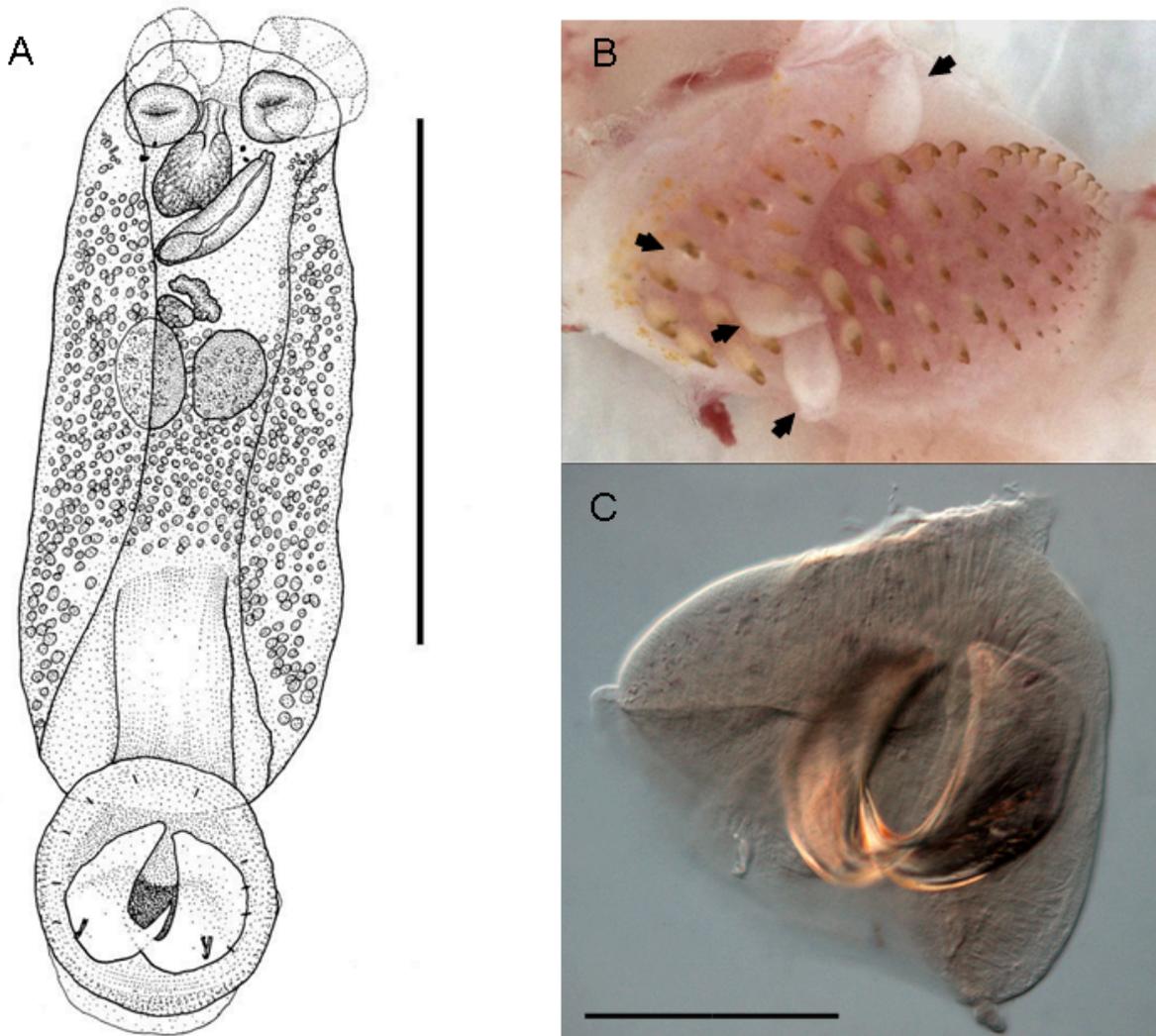


Fig.3.19. *Encotyllabe* cf. *vallei*. A. Vista ventral del ejemplar encontrado en el presente estudio. Escala =0,5 mm. B. Placas faríngeas de un ejemplar de *Diplodus annularis* con 4 individuos del género *Encotyllabe* señalados por flechas; C. Detalle del haptor. Escala =0,2 mm.

**Familia Dactylogiridae Bychowsky, 1933****3.1.2.2 *Calceostomella* cf. *inermis***

Orden Monopisthocotylea Odhner, 1912

Superfamilia Dactylogyroidea Yamaguti, 1963

Familia Dactylogiridae Bychowsky, 1933

Género *Calceostomella* Palombi, 1943Especie *Calceostomella* cf. *inermis* (Parona y Perugia, 1889) Palombi, 1943**Material examinado**

Sólo se encontraron 2 especímenes en salmonetes de Burriana (Nº de acceso: EF2-11483) (Tabla 3.4).

**Microhábitat**

Se encontraron en las placas faríngeas.

**Criterios de identificación**

Para la identificación de esta especie se siguieron los criterios de Yamaguti (1963). Nuestros ejemplares fueron identificados tentativamente como *C. inermis*, de acuerdo con la descripción de Parona y Perugia (1889), si bien ésta es muy antigua y poco detallada. Los ejemplares poseen un cuerpo alargado y fusiforme, cuyo extremo anterior está expandido formando un lóbulo semicircular. Presenta 2 pares de manchas oculares prefaríngeas, y glándulas adhesivas a cada lado de una faringe muy muscular. El haptor es muy delicado y acampanado, estando provisto de unas vesículas de cemento que se encuentran conectadas a unas glándulas de cemento ubicadas al final del cuerpo propiamente dicho. No posee ganchos principales (áncoras), pero sí 12 pequeños ganchos marginales (Fig.3.20). El intestino presenta numerosos divertículos. Exhibe un único testículo, entero, en la mitad del cuerpo. La bolsa del cirro es cilíndrica, sin pieza accesorio, y el cirro se encuentra esclerotizado. El ovario es elíptico, compacto, pequeño y pretesticular. Las glándulas vitelógenas son foliculares, muy desarrolladas y coextensivas con el intestino.

**Comentarios**

Los ejemplares son muy similares a *Calceostomella inermis*, tal y como fue descrita por Radujkovic y Euzet (1989). Sin embargo, consideramos nuestra identificación como tentativa porque varias razones. En primer lugar, *C. inermis* se citó previamente en peces esciéndidos; concretamente en la corvina, *Sciaena umbra*, y el corvallo, *Umbrina cirrosa*, en el Mediterráneo y el Mar Negro (Gibson et al., 2005). Por tanto, nuestro registro sería la primera cita de *C. inermis* en múlidos. En segundo lugar, el tamaño de nuestros

especímenes (1-2 mm) es mucho menor que el de los encontrados por Radujkovic y Euzet (1989) (8-9 mm). Por último, nuestros especímenes no presentan ganchos medianos centrales en el haptor, mientras que si se han sido observados en otros ejemplares por Bychowsky (1957), Euzet y Ktari (1973), Radujkovic y Euzet (1989). Por otra otra, el hecho de que nuestros individuos se encontraran completamente desarrollados podría sugerir la posibilidad de que pertenecieran a una nueva especie.



Fig.3.20. *Calceostomella cf. inermis*. A. Vista ventral de un espécimen adulto; B. Vista ventral de un individuo adulto. Escala =0,5 mm.

**3.1.2.3 *Diplectanotrema* sp.**

Orden Monopisthocotylea Odhner, 1912

Superfamilia Dactylogyroidea Yamaguti, 1963

Familia Dactylogyridae Bychowsky, 1933

Subfamilia Ancyrocephalinae Bychowsky, 1937

Género *Diplectanotrema* Johnston y Tiegs, 1922

Especie *Diplectanotrema* sp.

**Material examinado**

Se encontró sólo 1 espécimen en un salmonete Santa Pola (Nº de acceso: EF1-11367) y 2 en salmonetes de Zarzis. Únicamente se examinó el material de Santa Pola.

**Microhábitat**

Las especies de este género se han citado generalmente en la faringe de teleósteos marinos (Santos et al., 2001), pero en el presente trabajo se localizaron en el filtrado general del cuerpo.

**Criterios de identificación**

Para la identificación de este espécimen se siguieron los criterios de Yamaguti (1963). La identificación a nivel específico no fue posible debido a la escasez de material disponible y a su mal estado de conservación. Nótese en la Fig.3.21.B que los ganchos principales (áncoras) se encuentran rotos. Presenta el cuerpo con una anchura uniforme. La parte anterior está formada por un par de órganos cefálicos, y dos pares de manchas oculares. El haptor presenta forma de copa con 2 pares de áncoras de diferentes tamaños, una barra simple y 14 pequeños ganchos marginales (Fig.3.21). El intestino está formado por ramas digitiformes laterales que no se unen posteriormente. Las glándulas vitelógenas se extienden a lo largo de la longitud del intestino, excepto en el principio.

**Comentarios**

Le Pommelet (1997) ya encontró ejemplares pertenecientes al género *Diplectanotrema* en el salmonete de roca, que no logró identificar a nivel específico. De hecho, es la primera vez que se citó un monogoneo en el salmonete de roca.



Fig.3.21. *Diplectanotrema* sp. A. Vista ventral de un espécimen adulto. Extraído de Yamaguti (1963).Escala =0,3 mm; B. Vista ventral de un individuo adulto. Escala =0,4 mm.

### 3.1.3 Clase Cestoda Carus, 1885 Subclase Eucestoda

#### Características generales

Los adultos de eucestodos son pársitos monicos (salvo raras excepciones) del intestino o conductos accesorios de vertebrados, excepto una especie parásita de anélidos tubícolas. No poseen tubo digestivo, por lo que los nutrientes son absorbidos a través de la superficie del tegumento sincital. Los ciclos de vida son complejos, incluyendo dos e incluso, a veces, tres hospedadores (Fig.3.22).

El cuerpo de los eucestodos es aplanado e incluye 3 partes: escólex, cuello y estróbilo. El escólex es el órgano de fijación y se encuentra en el extremo anterior del cuerpo. Su morfología es muy variable y esencial para la identificación de las especies: puede presentar ganchos, espinas, tentáculos, botridios, ventosas, etc. Inmediatamente después se encuentra el cuello, un área estrecha no segmentada y poco diferenciada que contiene una gran población de células indiferenciadas que dan lugar al estróbilo. Éste constituye la mayor parte del cuerpo y está formado por una cadena de proglótides. A medida que las nuevas proglótides se van formando en el cuello, las proglótides previas se van desplazando hacia atrás y madurando. En el extremo posterior del cuerpo se encuentran las proglótides grávidas repletas de huevos. En algunas especies, dichas proglótides se desprenden del cuerpo cada cierto tiempo, permitiendo la salida de los huevos al exterior con las heces del hospedador.

El ciclo de vida generalizado se muestra en la Fig.3.22, pero puede presentar muchas variaciones.

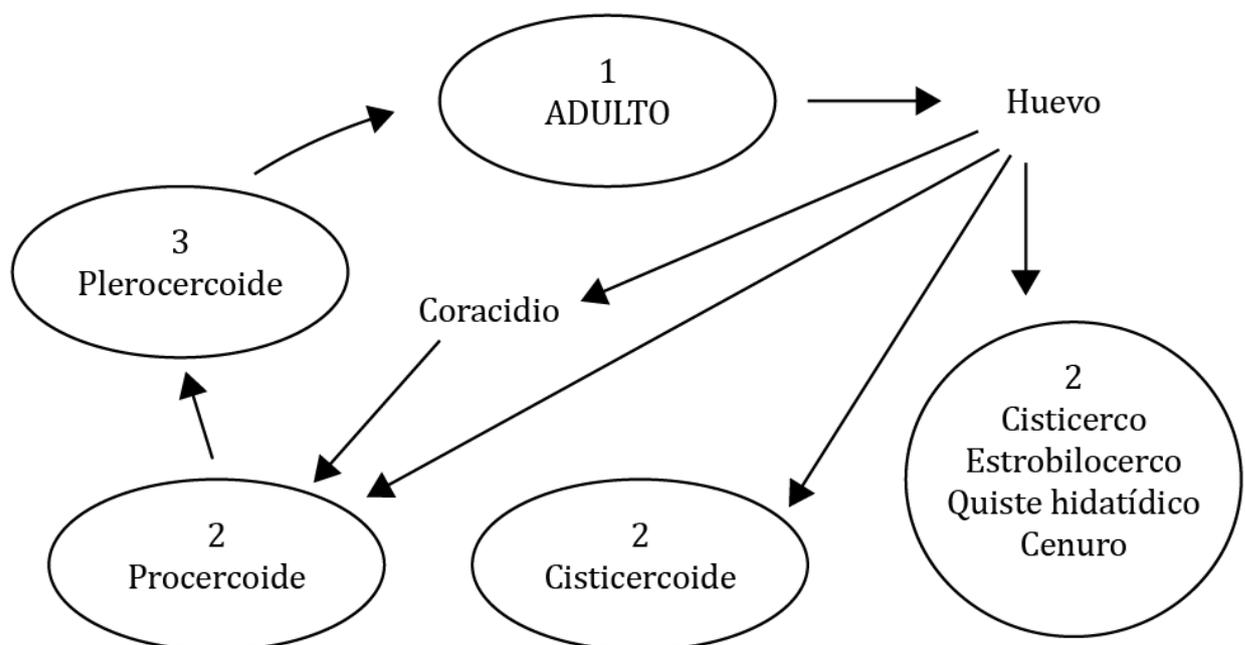


Fig.3.22. Ciclo de vida generalizado de los cestodos. Los tipos de hospedadores están numerados (1=hospedador definitivo; 2=1<sup>er</sup> hospedador intermediario; 3=2<sup>o</sup> hospedador intermediario). Los estados en el interior del círculo se hallan dentro del hospedador, y el resto representa fases de vida libre.

**3.1.3.1 Familia Tentaculariidae Poche, 1926**

Tentaculariidae spp. (plerocercoide)

Orden Trypanorhyncha Diesing, 1863

Superfamilia Homeacanthoidea Dollfus, 1942

Familia Tentaculariidae Poche, 1926



Fig.3.23. Tentaculariidae. A. Especimen inmaduro del género *Kotorella* spp; B. Especimen inmaduro del género *Nybelinia* spp. Escala 0,5 mm

**Material examinado**

Se examinaron 6 especímenes (Nº de Acceso: EF1-11396-11401). El resto se hallan conservados en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

**Microhábitat**

La mayoría de ejemplares se encontraron enquistados en los músculos branquiales o libres en el filtrado general del cuerpo.

### Criterios de identificación

Se siguió la clave de identificación de cestodos de Khalil et al. (1994). Los adultos y estas larvas de tripanorrincos poseen la misma morfología del escólex; esta circunstancia permite una identificación taxonómica de las larvas relativamente más sencilla que en otros cestodos (Palm, 2004; Palm et al., 2007). Los caracteres más importantes para la identificación de las larvas de tripanorrincos son el número y la forma de los botridios y las características del aparato de la trompa (*rhynchus*), en especial el diseño de la armadura de sus cuatro tentáculos. El escólex se puede dividir en varias partes: *pars bothridialis*, donde se hallan los botridios; *pars vaginalis*, donde se sitúan las vainas de los tentáculos, y la *pars bulbosa*, donde están los bulbos musculares (Campbell y Beveridge, 1994). El gran inconveniente para la identificación de estas larvas es que la gran mayoría presentan los tentáculos invaginados dentro del escólex, por lo que la armadura está invertida y entrecruzada, lo que complica su examen. Evaginar los tentáculos en condiciones *postmortem* resulta difícil y sólo se ha podido conseguir en algunos casos. En otros casos la disposición de la armadura ha tenido que ser interpretada en posición invertida.

Los ejemplares encontrados pertenecían a dos estados *plerocerci* distintos, uno perteneciente al género *Kotorella* Euzet y Radujkovic, 1989 y otro a *Nybelinia* Poche, 1926; ambos incluidos en la familia Tentaculariidae. La asignación dentro de esta familia se basó en que los especímenes poseían generalmente todas las espinas de la misma forma y tenían un escólex craspedoto con un gran *velum* (una especie de membrana fina que se solapa con el escólex) y 4 botridios. Las especies de *Kotorella* se diferencian de las de *Nybelinia* por la disposición de las espinas, que es en quincunce (una espina central rodeada siempre por 4 espinas), en el primer caso, y en espiral en el segundo. Además, en *Kotorella* el tamaño de los botridios es mucho mayor que el de la parte bulbosa y no se solapan con los bulbos, mientras que en *Nybelinia* el tamaño de los botridios es menor que el de los bulbos, y sí se suelen solapar (Fig.3.23). De los seis ejemplares examinados, 3 correspondieron al género *Kotorella* y 3 al género *Nybelinia*.

### Comentarios

Anteriormente se habían citado varias especies de *Nybelinia* en *M. surmuletus*, pero ésta es la primera vez que se cita *Kotorella* spp. Especies de ambos géneros se encontraron en todas las localidades de estudio, aunque con mayor prevalencia y abundancia en las localidades tunecinas. Ello podría ser debido a su ciclo de vida, ya que los hospedadores definitivos de los tripanorrincos son elasmobranquios, que parecen ser más abundantes en las aguas tunecinas (Golfo de Gâbes) que en las españolas (L. Neifar, com. pers.).

### Ciclo de vida de las especies de la familia Tentaculariidae

En general, los tripanorrincos viven en el estómago y/o intestino de los hospedadores definitivos, los elasmobranquios (Campbell y Beveridge, 1994), e infectan invertebrados y teleósteos marinos, que actúan como hospedadores intermediarios. Por ejemplo, *Nybelinia lingualis* (Cuvier, 1817) utilizan como primer hospedador intermediario

organismos mesoplanctónicos: copépodos, anfípodos, ostrácodos y quetognatos (Dollfus, 1976). Pequeños teleósteos y cefalópodos actúan como segundo hospedador intermediario. En Galicia se han encontrado larvas de tripanorrincos como *Nybelinia lingualis* y *Nybelinia yamagutii* en los cefalópodos *Todaropsis eblanae* e *Illex coindetti*, respectivamente (Pascual et al., 1996). En el Mar Rojo se han encontrado larvas encapsuladas de *Nybelinia bisulcata* en *Mullus surmuletus* y de *Kotorella prosonoma* en *Pagrus pagrus* (Morsy et al., 2013).

### 3.1.3.2 Tetraphyllidea gen. sp. (plerocercoide)

Orden Tetraphyllidea Carus, 1863 *Scolex pleuronectis* Müller, 1787



Fig.3.24. Micrografía del microscopio electrónico de barrido de *Scolex pleuronectis*. Escala 500 micras

#### Material examinado

Se examinaron 3 especímenes (Nº de Acceso: EC2-10134-10136); los demás se hallan conservados en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

#### Microhábitat

Se encontraron libres en el filtrado general del cuerpo.

#### Criterios de identificación

Las larvas de cestodos que se encuentran en el digestivo de teleósteos y que no presentan los caracteres del adulto se designan, normalmente, como *S. pleuronectis* Müller, 1787 (Wojciechowska, 1993). La mayoría de estos plerocercoides han sido identificados como formas larvarias de tetrafilídeos, cuyos hospedadores definitivos son elasmobranquios, pero algunas se parecen a las formas larvarias de tetrabotrídeos, que

parasitan aves y mamíferos marinos. En el presente estudio los especímenes mostraban el escólex con cuatro botridios y una ventosa apical, característico de algunos plerocercoides de especies del orden Tetraphyllidea (Fig.3.24) (véase Khalil et al., 1994).

### **Comentarios**

*Scolex pleuronectis* se había citado anteriormente en *M. barbatus* del Mediterráneo (Parukhin, 1976; Orecchia y Paggi, 1978; Naidenova y Mordvinova, 1997), pero es la primera vez que se cita en *M. surmuletus*. Se encontró en todas las localidades españolas, excepto en Santa Pola, y no se encontró en ninguna de las dos localidades tunecinas.

## **Familia Bothriocephalidae Blanchard, 1849**

### **3.1.3.3 Bothriocephalus sp.**

Orden Pseudophyllidea Carus, 1863

Familia Bothriocephalidae Blanchard, 1849

Género *Bothriocephalus* Diesing, 1850

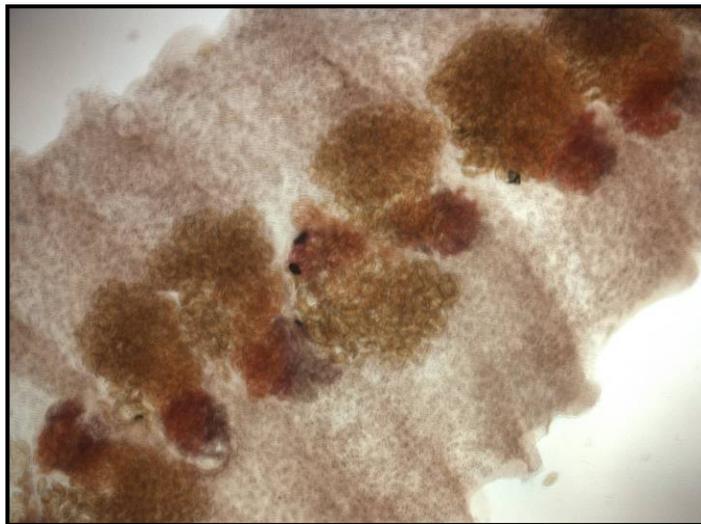


Fig. 3.25. Proglótides maduros de un espécimen de *Bothriocephalus* sp.

### **Material examinado**

Solamente se encontró 1 espécimen adulto (Nº de Acceso: DQ5-9801) en Barcelona.

### **Microhábitat**

Se encontró en el intestino.

### **Criterios de identificación**

No se pudo localizar el escólex de este espécimen, lo cual dificultó su identificación. Sin embargo, basándonos en la clave de cestodos de Khalil et al. (1994) y en la parasitofauna documentada anteriormente en el salmonete de roca pudimos asignarlo al género *Bothriocephalus* por presentar los siguientes rasgos: las proglótides más anchas que largas, poro genital dorsomedial, testículos medulares, localizados en los laterales del cuerpo, ovario posterior y alargado, poro uterino anterior al poro genital y huevos operculados.

### **Comentarios**

Le Pommelet (1997) encontró especímenes de una especie de este género (*Bothriocephalus vallei*) en *M. surmuletus* en Francia. Anteriormente, esta especie había sido registrada en *M. barbatus*, en Istria (mar Adriático) (Stossich, 1899). En nuestro caso, la falta de material impide la identificación a nivel específico. Además, la descripción de (Stossich, 1899) es muy poco detallada.

### **Ciclo de vida de las especies del género *Bothriocephalus***

Las especies marinas de *Bothriocephalus* pueden utilizar uno o dos hospedadores intermediarios en su ciclo de vida. Por ejemplo, *B. barbatus*, cuyo hospedador definitivo es el corujo (*Scophthalmus rhombus*), sólo requiere obligatoriamente un copépodo (p.e., *Acartia discaudata*) como hospedador intermediario. Por su parte, *B. gregarius*, cuyo hospedador definitivo es el rodaballo (*Psetta maxima*) requiere el mismo copépodo como hospedador intermediario, pero también puede utilizar un hospedador paraténico, el góbido *Pomatoschistus* spp., pudiendo llegar a ser infectado el rodaballo tanto por el copépodo como por el góbido (Morand et al., 1995; Álvarez et al., 2002).

## 3.2 Filo Nematoda

### Características generales

La mayoría de especies de nematodos son de vida libre, pero existen muchas que han adoptado una vida parásita. Los nematodos pueden infectar a casi todos los filos de metazoos, desde plantas hasta vertebrados (Bush et al., 2001).

El tamaño de los nematodos puede variar desde menos de 1 mm hasta más de 1 m. Su cuerpo es alargado, cilíndrico y adelgazado en sus extremos y está cubierto por una cutícula que debe mudarse cuatro veces antes de que el animal alcance la madurez sexual. Los nematodos son mayoritariamente dioicos y exhiben cierto dimorfismo sexual; los machos suelen ser más pequeños y tienen el extremo posterior curvado ventralmente y armado con ciertas estructuras, incluyendo alas y papilas. Los nematodos poseen distintas estructuras especializadas en la superficie del cuerpo que tienen importancia taxonómica, como los labios, bulbos cefálicos, anfídios, fasmidios, bolsas copulatrices y, en ocasiones, espinas. Otros rasgos importantes son la morfología del tracto digestivo, el aparato reproductor, así como la forma y tamaño del huevo.

Los nematodos poseen ciclos de vida muy variados; en algunos el huevo infecta al hospedador definitivo sin la participación de hospedadores intermediarios, mientras que otros poseen muchos estados larvarios que infectan gran cantidad de hospedadores intermediarios y paraténicos, o son de vida libre, mostrando a menudo diversas adaptaciones para facilitar la llegada al hospedador definitivo. Por ejemplo, las larvas de algunos estrombilidos presentan diversos comportamientos estereotipados que les hacen migrar hasta la punta de las hojas de hierba para asegurarse de que se los coma el hospedador definitivo, un herbívoro (Bush et al., 2001)

En este trabajo se han seguido los criterios filogenéticos descritos por Adamson (1987) respecto a la sistemática de los grandes grupos de nematodos, mientras que para la identificación de las superfamilias y familias se han utilizado las claves de Moravec (1994; 2001).

### 3.2.1 Clase Enoplea Inglis, 1983

#### Familia Capillariidae

##### 3.2.1.1. *Capillaria (Neocapillaria) sp.*

Clase: Enoplea Inglis, 1983

Orden: Enoplida Filipjev, 1929

Superfamilia: Trichinelloidea Ward, 1907 (1879)

Familia: Capillariidae Railliet, 1915

Género: *Capillaria* Zeder, 1800

Subgénero: *Neocapillaria* Moravec, 1987

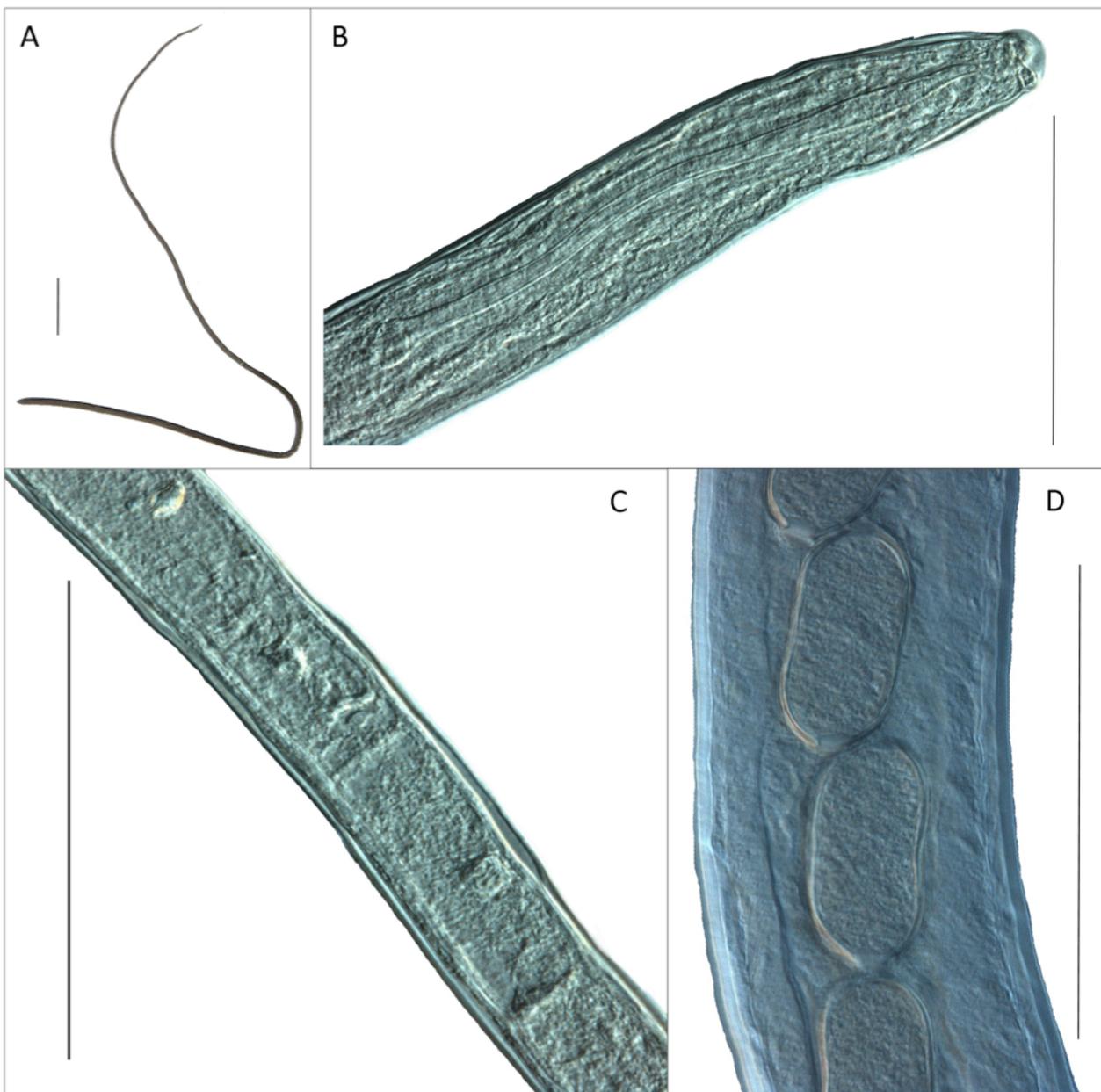


Fig.3.26. *Capillaria (Neocapillaria) sp.* A. Especimen adulto. Escala = 1mm; B. Región anterior de un espécimen adulto; C. Esticocitos alargados con grandes núcleos; D. Hilera de huevos sin larva. Escala 0,1 mm.

### Material examinado

Se examinaron 13 individuos (Nº de Acceso: EC2-10148-10161); el resto del material se conservó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

### Microhábitat

Los individuos se hallaron en todo el tracto digestivo, más frecuentemente en el estómago.

### Criterios de identificación

Para identificación se siguieron las claves de Moravec (2001). Se identificaron como pertenecientes a la superfamilia Trichinelloidea por la forma y tamaño del cuerpo, muy fino y largo, con un extremo anterior muy pequeño y un extremo posterior más ancho, lo que les confiere una forma de látigo (de ahí su denominación en inglés, “whipworms”)(Fig.3.26.A). El esófago posee una parte muscular corta y en una glandular más larga; a esta última se la conoce como esticosoma porque está formada por una a tres filas longitudinales de grandes células unicelulares (esticocitos), a través de las cuales discurre el estrecho tubo del esófago. Los especímenes se asignaron a la familia Capillariidae por presentar el tubo digestivo completo, una sola línea de esticocitos de forma similar y alineados con la longitud del esófago (Fig.3.26.C); en las hembras la vulva se halla a final del esófago, mientras que los machos posee una espícula con numerosos surcos y capucha. Finalmente, los especímenes fueron adscritos al género *Capillaria* y subgénero *Neocapillaria* por presentar esticocitos alargados con grandes núcleos (Fig.3.26.C); los machos poseen pequeñas espinas en la capucha de una espícula bien esclerotizada y, dos lóbulos ventrales y un par de papilas en la región caudal, pero carecen de alas caudales y bolsa copulatrix; las hembras no presentan un apéndice vulvar. Los huevos (sin larva) se disponen en fila de uno (Fig.3.26.D)

### Comentarios

No es la primera vez que se citan especímenes de una especie de *Capillaria* en el salmonete de roca, en el Mar Mediterráneo (Parukhin, 1976; Naidenova y Mordvinova, 1997; Akmirza, 2000). En este estudio se encontraron especímenes de *Capillaria* (*Neocapillaria*) sp. con una prevalencia de moderada a baja, y con una intensidad baja en todas las localidades españolas, mientras que en las tunecinas sólo se encontraron dos especímenes en Sfax (Tabla 3.4).

### Ciclo de vida de las especies la familia Capillaridae

El ciclo de vida de los capiláridos está muy poco estudiado; de los 22 géneros actualmente aceptados sólo se han estudiado en especies de 10 géneros (Moravec, 2001).

Los ciclos pueden ser directos, sin participación de ningún hospedador intermediario, o indirectos, con hospedadores intermediarios obligados; incluso hay una especie, *Paracapillaria philippinensis*, que puede alternar estas dos clases de ciclo dependiendo de si la hembra grávida produce huevos o larvas.

Moravec (1983) estudió el ciclo de vida de una especie tropical, *Capillaria (Neocapillaria) pterophylli*, en un pez ángel, *Pterophyllum scalare*, en tanques que contenían huevos de esta especie. El ciclo se desarrolló sin la participación de ningún hospedador adicional, y los adultos sobrevivieron tres meses en el pez ángel. Sin embargo, se piensa que en el medio natural es posible que el ciclo incluya hospedadores paraténicos como oligoquetos.

### 3.2.2. Clase Rhabditea Inglis, 1983

#### Familia Anisakidae Railliet, 1915

##### 3.2.2.1. *Hysterothylacium fabri* y *H. aduncum*

Clase Rhabditea Inglis, 1983

Orden Ascaridida Skrjabin et Schulz, 1940

Superfamilia Ascaridoidea Railliet et Henry, 1915

Familia Anisakidae Railliet, 1915

Género *Hysterothylacium* Ward y Magath, 1917

Especies: L3 de *Hysterothylacium fabri* Rudolphi, 1819

L4 y adultos de *Hysterothylacium aduncum* Rudolphi, 1802

#### Criterios de identificación

Para identificar estas larvas como *H. fabri* y *H. aduncum* se siguieron las claves de identificación de Moravec (1994), así como los trabajos de Petter y Radujkovic (1989) y de Berland (1961). Algunas de estas larvas fueron identificadas como L3 de *H. fabri* por la presencia de labios pronunciados con interlabios y un diente marcado (Fig.3.27.A); la cola típica de cactus debajo de la cutícula de la L3 y el mucrón en la parte posterior del cuerpo (Fig.3.27.C); el poro excretor a la altura del anillo nervioso; el ventrículo redondeado; un ciego intestinal muy corto y un apéndice ventricular muy largo (Fig.3.27.B), y los esbozos genitales visibles (Fig.3.27.D). Las larvas L3 de *H. fabri* se distinguen de las de *H. aduncum* por tener el ciego intestinal muy corto y el apéndice ventricular muy largo (Fig.3.27.B), mientras que en *H. aduncum* estos dos divertículos son de tamaño muy similar (Fig.3.28.D).

También se hallaron L4 y adultos de *H. aduncum*. Al estado L4 también se le conoce como "larva con labios" ya que tiene los labios débilmente desarrollados (Fig.3.28.A).

Además carecen del diente típico de la L3 y la cola de cactus que se encuentra en el exterior (Fig.3.28.B). El adulto de las especies de *Hysterothylacium* es fácilmente reconocible; nuestros especímenes se identificaron como *H. aduncum* ya que la espícula de los machos medía entre 3,2-3,8 mm (Fig.3.28.C), mientras que la de *H. fabri* es de mucho menor tamaño (aprox. 1 mm).

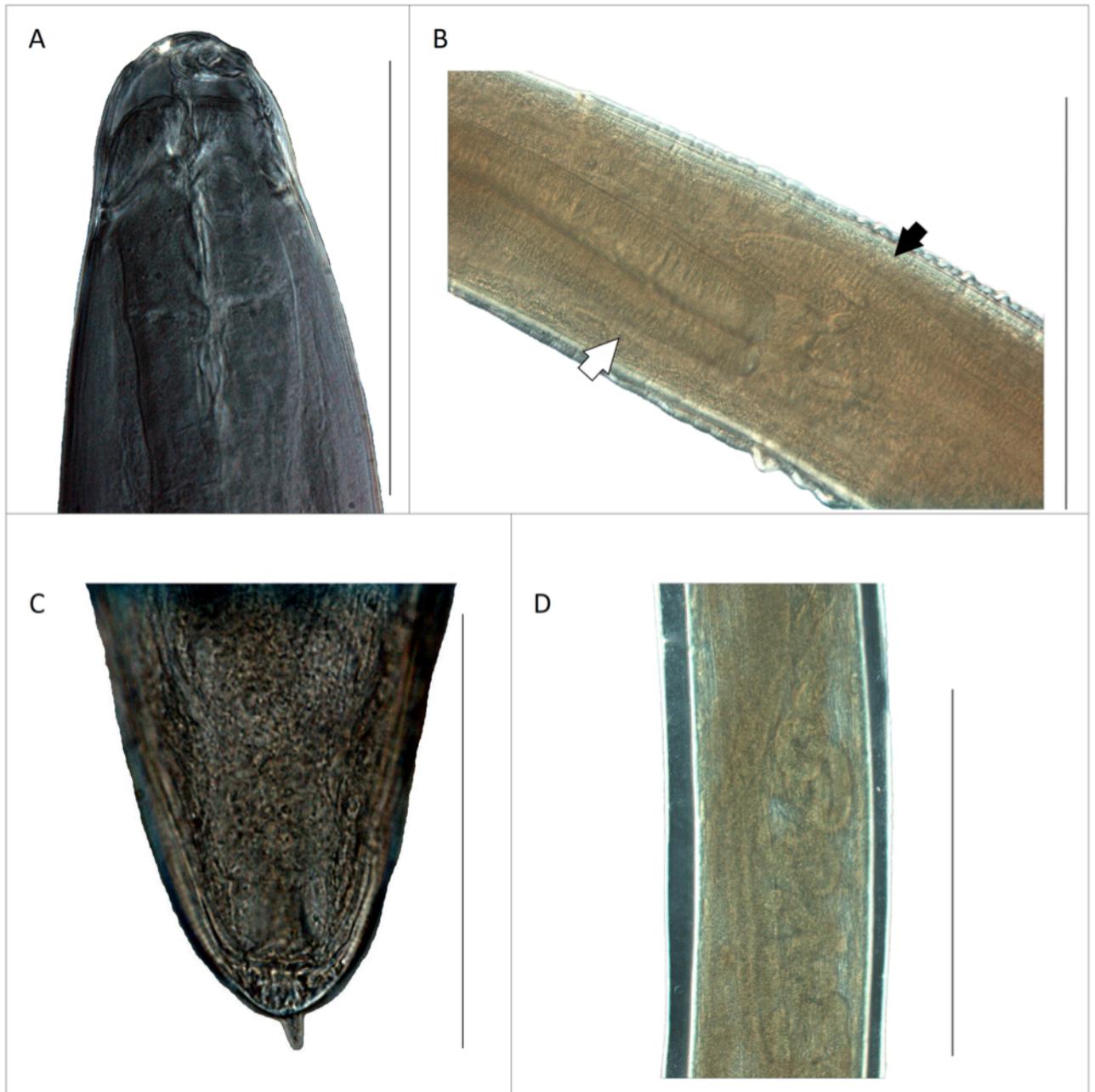


Fig.3.27. *Hysterothylacium fabri*. A. Región anterior del cuerpo de la L3 con un diente marcado (brillante). Escala 0,1 mm. B. Región anterior del digestivo de la L3. La flecha blanca señala el apéndice ventricular y la negra el ciego intestinal. Escala 0,5 mm; C. Región posterior del cuerpo de la L3 con la cola de cactus y el mucrón. Escala 0,1 mm. D. Región posterior del cuerpo con esbozos gonadales. Escala 0,1 mm.



Fig.3.28. *Hysterothylacium aduncum*. A. Región anterior del cuerpo de la L4 con los labios desarrollados. Escala 0,1 mm. B. Región posterior del cuerpo con la cola de cactus de la L4. Escala 0,5 mm. C. Región posterior del cuerpo de un adulto mostrando la espícula. Escala 1 mm. D. Región anterior del digestivo de la L4. La flecha blanca señala el apéndice ventricular y la negra el ciego intestinal. Escala=1mm.

### Material examinado

Se examinaron unos 20 larvas del género *Hysterothylacium*, de las cuales 16 pertenecieron a L3 de *H. fabri* (Nº de Acceso: EC3-10234-10249) y 4 L4 de *H. aduncum* (Nº de Acceso: EC3-10250-10253). En todas las localidades de estudio sólo se encontraron 12 individuos adultos de *H. aduncum* (Nº de Acceso: EC3-10254-10260), 7 en Barcelona y 5 en Burriana. El resto del material fue guardado en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

### Microhábitat

La mayoría de L3 de *H. fabri* se encontraron encapsuladas en el tejido mesentérico de las vísceras; algunos se encontraron sueltos en el líquido general. Los L4 y adultos de *H. aduncum* se hallaron en el interior del intestino.

## Comentarios

Se han citado larvas de *H. fabri* y larvas y adultos de *H. aduncum* tanto en el salmonete de roca como el de fango (Papoutsoglou, 1976; Parukhin, 1976; Orecchia y Paggi, 1978; Naidenova y Mordvinova, 1997; Petter y Radujkovic, 1989; Akmirza, 2000), así como en multitud de teleósteos marinos, p.e., *Trachurus trachurus*, *Uranoscopus scaber*, *Pagellus erythrinus*, *Belone belone* y *Boops boops* (Petter et al., 1984; Petter y Maillard, 1988; Petter y Radujkovic, 1989).

Actualmente se ha descubierto que, al igual que otros anisákidos como *Pseudoterranova decipiens*; *Contracaecum osculatum* y *Anisakis simplex* (Nascetti et al., 1986; Paggi et al., 1991; Orecchia et al., 1994), *H. fabri* and *H. aduncum* son en realidad complejos de especies gemelas con poca especificidad por su hospedador (Martín-Sánchez et al., 1998; Martín-Sánchez et al., 2003), como otros anisákidos. Arculeo et al. (1997) encontraron en el salmonete de roca de las costas del golfo de Palermo más adultos de *H. fabri* que estados larvarios sugiriendo que éste sería probablemente el hospedador definitivo. En nuestro caso, nunca encontramos adultos de *H. fabri*, lo que nos lleva a pensar que posiblemente no se trate de la misma especie dentro del complejo.

En nuestro estudio, ambas especies se encontraron en todas las localidades, tanto en las tunecinas como en las españolas, con diferente prevalencia e intensidad según la localidad, siendo Barcelona donde los niveles de infección eran mayores, y Burriana, Fuengirola y Zarzis donde eran menores (Tabla 3.4).

## Ciclo de vida de *H. aduncum* y *H. fabri*

Existen numerosos trabajos sobre el ciclo biológico de *H. aduncum* que, en conjunto, indica que este taxón infecta una gran variedad de hospedadores tanto definitivos e intermediarios (Klimpel y Rückert, 2005). En general, los adultos de *H. aducum* se encuentran en el tracto digestivo de peces piscívoros. Los hospedadores intermediarios suelen ser invertebrados (misidáceos, copépodos e isópodos) o pequeños peces que pueden adquirir la infección por dos vías: directamente, ingiriendo la larva que está libre en el agua o indirectamente, ingiriendo algún hospedador que posea el estado larvario (Koie, 1993; Klimpel y Rückert, 2005). El desarrollo a L3 se produce en invertebrados y de ahí se pueden transferir al hospedador definitivo, donde maduran, o se pueden transferir a hospedadores paraténicos (p.e. peces) donde se acumulan hasta ser ingeridos por el hospedador definitivo (Anderson, 2000).

Hasta la fecha sólo tres especies de teleósteos, *Trisopetrus minutus*, *Uranoscopus scaber* y *M. surmuletus* se consideran como hospedadores definitivos en el Mediterráneo para *H. fabri*. (Arculeo et al., 1997; Martín-Sánchez et al., 2003); sin embargo, se han encontrado estados larvarios (L3) en la mayoría de los peces marinos del mediterráneo (p.e., *M. surmuletus*, *M. barbatus*, *Trachurus trachurus*, *Uranoscopus scaber*, *Pagellus erythrinus*, *Phycis blennoides*, *Phycis phycis*) (Nikolaeva y Naidenova, 1964; Petter et al., 1984; Petter y Maillard, 1988; Martín-Sánchez et al., 2003; Valero et al., 2006). Todavía no se conoce el ciclo de vida completo, ya que no existen datos sobre los primeros hospedadores intermediarios.

**Familia Cucullanidae Cobbold, 1864**

**3.2.2.2. *Cucullanus longicollis***

Clase Rhabditea Inglis, 1983

Orden Ascaridida Skrjabin et Schulz, 1940

Superfamilia Seuratoidea Hall, 1916

Familia Cucullanidae Cobbold, 1864

Género *Cucullanus* Mueller, 1777

Especie *Cucullanus longicollis* Stossich, 1899



Fig.3.29. *Cucullanus longicollis*. A. Región anterior del cuerpo mostrando el esofastoma. Escala=0,4 mm. B. Región posterior del cuerpo de un espécimen macho mostrando la ventosa precloacal y las 2 espículas. Escala=0,5mm.

**Material examinado**

Se examinaron 10 ejemplares (Nº de Acceso: DQ6-9989-9997), el resto del material fue conservado en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

**Microhábitat**

Se encontró en el tracto digestivo, sobre todo en el intestino.

### **Criterios de identificación**

Se identificaron siguiendo las claves de Moravec (1994). Se asignaron a la superfamilia Seuratoidea por ser de mediano tamaño, por sus labios reducidos y su esófago corto, simple y cilíndrico, y por carecer de ventrículo. Fueron adscritos a la familia Cucullanidae por su cavidad bucal modificada (esofostoma) (Fig.3.29.A), y al género *Cucullanus* por presentar una cutícula fina y carecer de ciego intestinal. Finalmente, se identificó como *C. longicollis* por su gran longitud (el espécimen más largo medía 50 mm), por tener el poro excretor a mitad del esófago y en los machos una gran ventosa precloacal de 390-450  $\mu\text{m}$  a una distancia de la cloaca de 500 a 600  $\mu\text{m}$  (Fig.3.29.B), y 11 pares de papilas cloacales con la siguiente disposición: 5 pares preanales, un par adanal, y 5 pares postanales. Dos espículas de igual tamaño que oscilaba entre 860 y 980  $\mu\text{m}$  (Fig.3.29.B).

### **Comentarios**

*Cucullanus longicollis* ha sido citado muchas veces en el salmonete de fango y el de roca a lo largo del Mediterráneo (Stossich, 1899; Janiszewska, 1949; Parukhin, 1976; Papoutsoglou, 1976; Petter et al., 1984; Le Pommelet et al., 1997; Akmirza, 2000) y no se ha encontrado hasta la fecha en otros teleósteos. Por lo tanto, puede considerarse que esta especie es específica del género Mullus.

Se encontraron individuos de *C. longicollis* en todas las localidades españolas pero con una prevalencia y una abundancia muy bajas, siendo la más alta en Barcelona (prevalencia:11,5%), y la más baja en Burriana (0,5%) (Tabla 3.4).

### **Ciclo de vida de *C. longicollis***

El ciclo biológico de *C. longicollis* todavía no se conoce, aunque sí se ha descrito para algunas otras especies del género *Cucullanus* como *C. heterochrous* y *C. cirratus*. Según Koie (2000a) la mayoría de las larvas de Cucullanidae, cuando emergen del huevo, se encuentran como L3 y ya son infectivas; en *C. heterochrous* pueden ser ingerida por un poliqueto (*Nereis diversicolor*) y, por vía trófica transmitirse a un teleósteo (*Platichthys flesus*) que actúa como hospedador definitivo (Koie, 2000b). En el caso de *C. cirratus*, la L3 puede infectar directamente a su hospedador definitivo, el bacalao (*Gadus morhua*), o puede utilizar utilizar copépodos y pequeño peces como los hospedadores intermediarios (Koie, 2000a). Por tanto, cabría esperar también la combinación de un ciclo directo e indirecto en *C. longicollis*.

**Familia Cystidicolidae Skrjabin, 1946**

**3.2.2.3. *Ascarophis valentina* n. sp.**

Clase Rhabditea Inglis, 1983

Orden Spirurida Chitwood, 1933

Superfamilia Habronematoidea Chitwood et Wehr, 1932

Familia Cystidicolidae Skrjabin, 1946

Género *Ascarophis* van Beneden, 1870

Especie *Ascarophis valentina* n. sp.

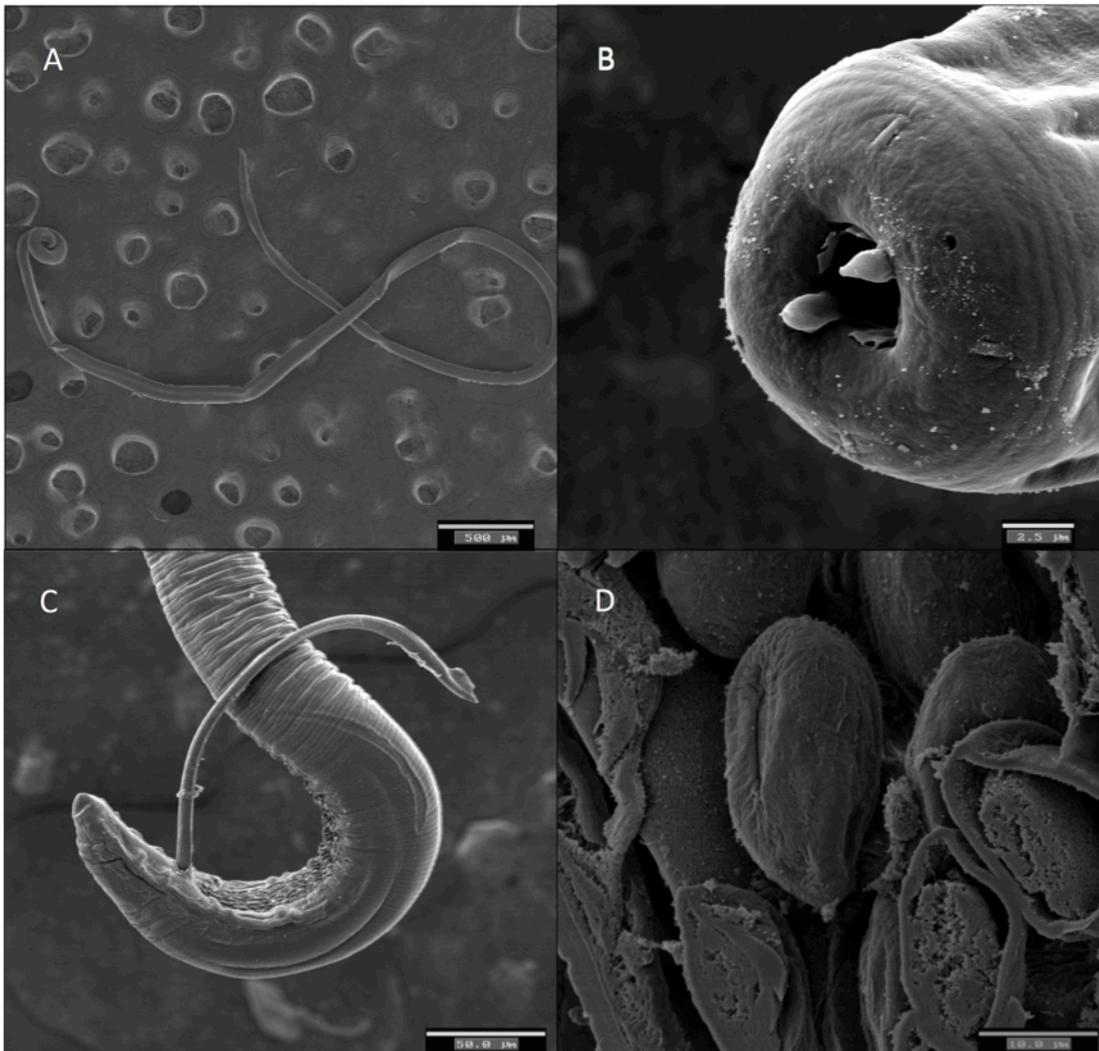


Fig.3.30. *Ascarophis valentina*. A. Especimen adulto macho; B. Región anterior del cuerpo; C. Región posterior de un espécimen macho; D. Huevos con filamentos en un espécimen hembra.

**Material examinado**

Los especímenes no correspondían con ninguna especie ya descrita, así que se erigió una nueva especie, tal y como se discute en el Capítulo 4.

### Ciclo de vida de las especies de *Ascarophis*

Aunque no se conoce el ciclo biológico de *A. valentina*, sí existe información sobre el ciclo de vida de otras especies de *Ascarophis* (Uspenskaya, 1953; Martorelli et al., 2000). Los crustáceos juegan un papel muy importante como hospedadores intermediarios de muchas especies de este género; incluso se han encontrado adultos en crustáceos, lo que refleja la extrema precocidad reproductiva de estos parásitos (Anderson, 2000). Como ejemplo de ciclo, los adultos de *Ascarophis marina* se encuentran en *Parona signata* (Carangidae) y *Urophycis brasiliensis* (Gadidae), mientras que el estado L3 infecta las gambas *Peisos pertrunkevitchi* y *Artemisia longinaria* (Ivanov et al., 1997).

## 3.3 Filo Acanthocephala

### Características generales

Los acantocéfalos son un pequeño grupo de parásitos que incluye alrededor de 1300 especies y se halla en el intestino, raramente el estómago de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos de todo el mundo. Normalmente, los acantocéfalos adultos son de color blanco o color crema, aunque a veces se tiñen con el contenido intestinal del hospedador. Su tamaño puede variar desde 1 mm hasta más de 60 cm. El cuerpo está dividido en dos grandes regiones: una parte anterior, el prosoma, que comprende la probóscide y el cuello, y una parte posterior, el tronco (Bush et al., 2001).

La probóscide es un órgano retráctil y provisto de hileras de ganchos y de espinas. Los ganchos son grandes proyecciones curvas que están fijadas a la hipodermis mediante raíces, mientras que las espinas son pequeñas armaduras que no están enraizadas. El tamaño y la disposición de los ganchos y las espinas son bastante uniformes y se utilizan para la identificación de las especies. El cuello es una región desnuda situada inmediatamente después de la probóscide. Lateralmente por detrás del cuello, las capas internas de la pared se invaginan y forman dos divertículos que penetran en el pseudocele, los lemniscos. La probóscide, cuando se retrae gracias a la presión hidráulica creada por el sistema lagunar, se introduce en una estructura en forma de saco que se denomina receptáculo de la probóscide. La pared del tronco encierra la cavidad corporal, que contiene los órganos reproductores, excretores y el receptáculo de la probóscide. El cuerpo puede estar recubierto de espinas, o puede tener pliegues (Bush et al., 2001). Todos los acantocéfalos carecen de aparato digestivo y obtienen el alimento a través de la superficie corporal. Son dioicos y presentan cierto grado de dimorfismo sexual.

El ciclo vital de los acantocéfalos es indirecto, de transmisión trófica, e incluye un artrópodo como hospedador intermediario y un vertebrado como hospedador definitivo. No obstante, algunas especies utilizan hospedadores paraténicos (p.e., teleósteos) que sirven como vínculo trófico entre el hospedador intermediario y el definitivo (Fig.3.31)

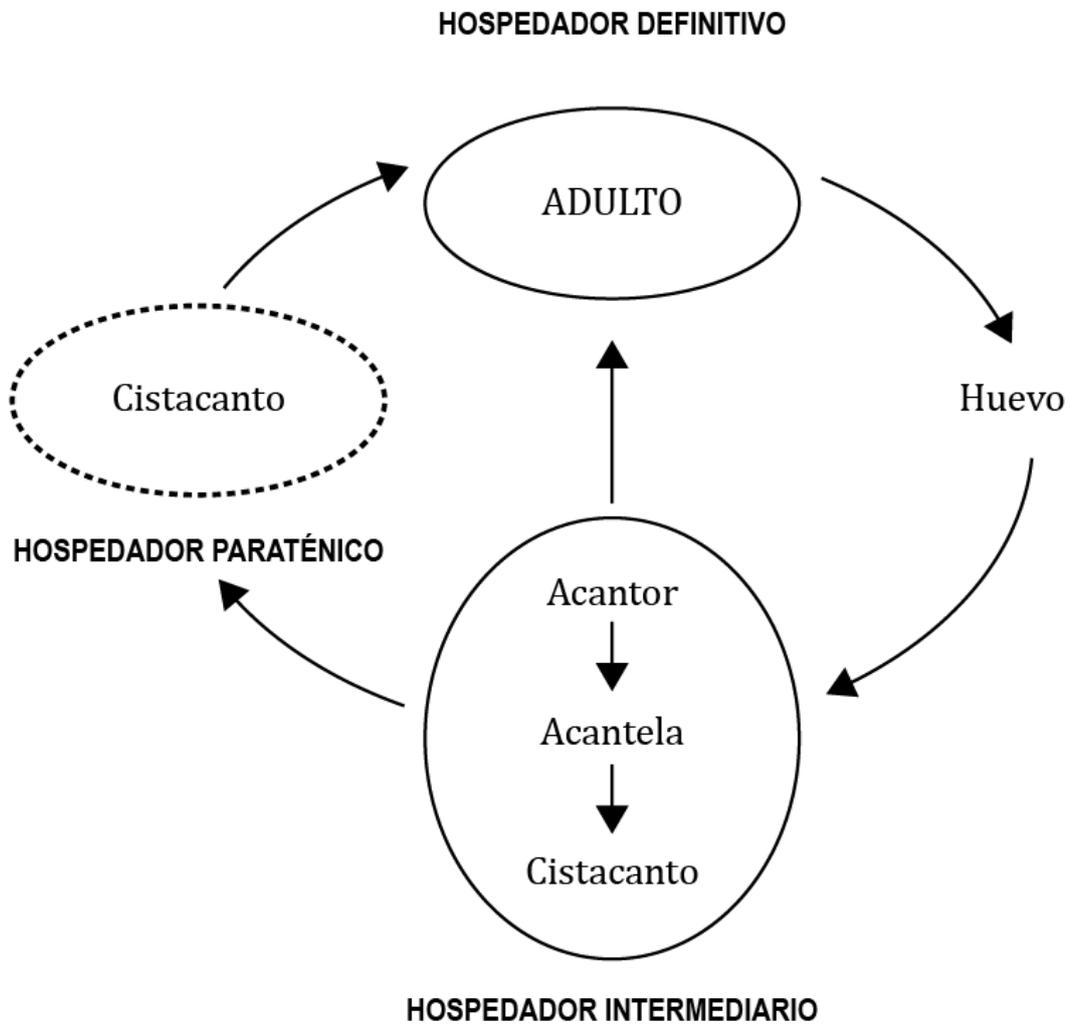


Fig.3.31. Ciclo de vida general de los acantocéfalos. Los estados que se hallan dentro de los hospedadores se encuentran dentro de las elipses. Las elipses punteadas indican partes facultativas del ciclo, esto es, hospedadores paraténicos (Bush et al., 2001).

### 3.3.1 Clase Palaeacanthocephala Meyer, 1931

#### Familia Arhythmacanthidae

##### 3.3.1.1. *Breizacanthus irenae*

Clase Palaeacanthocephala Meyer, 1931

Orden Echinorhynchida Southwell y Macfíe, 1925

Familia Arhythmacanthidae Yamaguti, 1935

Subfamilia Paracanthocephaloidinae Golvan, 1969

Género *Breizacanthus* Golvan, 1969

Especie *Breizacanthus irenae* Golvan, 1969

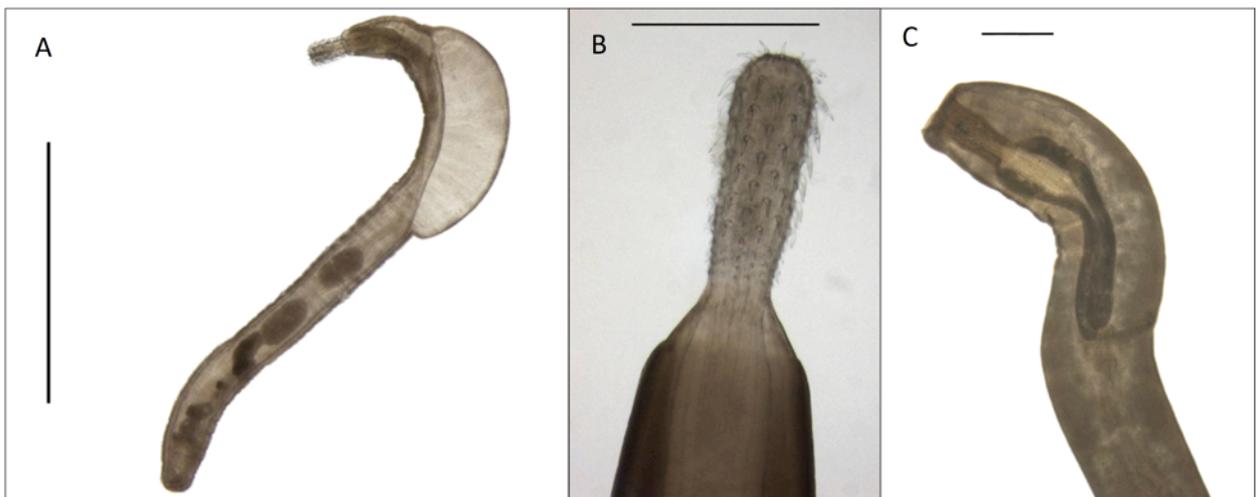


Fig.3.32. *Breizacanthus irenae*. A. Espécimen adulto. Nótese que la parte más externa del tegumento del tronco se ha inflado. Escala=3mm; B. Detalle de la probóscide de un espécimen adulto; C. Espécimen con la probóscide invaginada en el receptáculo. Se observan los lemniscos. Escala=0,5mm.

#### Material examinado

Se examinaron 15 individuos (Nº de Acceso: EC4-10316-10322); el resto del material se guardó en etanol 70º en la colección del ICBiBE.

#### Microhábitat

Los individuos se encontraron siempre en el intestino.

### Criterios de identificación

Se asignaron al orden Echinorhynchida ya que presentaban un tronco sin espinas, ganchos posteriores pequeños y sin raíz, paredes del receptáculo de la probóscide dobles y glándulas cementantes moniliformes (Petrochenko, 1971) (Fig.3.32.A). La identificación a nivel específico se confirmó de acuerdo con los siguientes rasgos (Golvan, 1969): Cuerpo de tamaño medio, cilíndrico, un poco dilatado a nivel final del receptáculo. Probóscide corta (0,5 mm) en forma de maza, con 12 filas de 9 ganchos cada una. Los 6 ganchos primeros con raíz y los 3 más basales sin raíz. Ganchos subapicales más grandes y espinas muy finas y arqueadas. Sin transición entre los ganchos y las espinas, que son iguales dorsal y ventralmente (Fig.3.32.B). Ganglio cerebral en la base del receptáculo, siendo éste más corto que los lemniscos (Fig.3.32.C). Aparato reproductor masculino ocupa aproximadamente los dos tercios posteriores de la longitud del cuerpo. Testículos ovalados, situados en tándem, bien separados. Testículo de 0,7-0,41 mm y el posterior, 0,9-0,4 mm. Seis glándulas cementantes ovoides, dispuestas en tres pares, el más anterior en contacto con el extremo inferior del testículo posterior (Fig.3.32.A). Aparato reproductor de la hembra muy corto, en la parte posterior del cuerpo.

### Comentarios

Golvan (1969) describió esta especie a partir de ejemplares obtenidos en salmonetes de roca de Argelia. También se han descrito otras especies de acantocéfalos en el salmonete de roca, incluyendo *Euzetacanthus simplex* Golvan y Houin, 1964 en el litoral Mediterráneo de Francia (Golvan, 1969), *Breizacanthus chabaudi* Golvan, 1969 en el litoral atlántico de Francia (Golvan, 1969), *Radynorhynchoides* sp. en Grecia (Papoutsoglou, 1976) y *Acanthocephaloides propinquus* en las costa meridional de Cerdeña (Figus et al., 2005). Además del salmonete de roca, *B. irenae* sólo se citado en *Pseudupeneus prayensis* (Mullidae) en la costa oeste africana (Vassiliades, 1985), así que este parásito parece específico de la familia Mullidae. En nuestro estudio, *B. irenae* se encontró en todas las localidades excepto en Zarzis (Túnez) (Tabla 3.4). La descripción de Golvan (1969) de *B. irenae* se basó sólo en dos individuos, un macho y una hembra y, por ello, nuestro material podría usarse en un futuro para una nueva redescipción de esta especie.

### 3.4 Filo Arthropoda

#### Características generales

El filo artrópodo es el más diverso del reino animal e incluye un importante número de insectos, arácnidos y crustáceos parásitos. De las más de 50.000 especies de crustáceos descritas, al menos 3000 son parásitas e infectan una gran variedad de hospedadores, desde cnidarios a vertebrados, a veces habiendo sufrido modificaciones morfológicas tan profundas que ni siquiera recuerdan a artrópodos (Bush et al., 2001).

A pesar de que existe un único esquema consensuado de clasificación de los crustáceos la mayoría de las clasificaciones son muy similares y sólo difieren en el nivel de la jerarquía de los grupos (Bush et al., 2001). Aquí adoptamos la clasificación de Bowman y Abele (1982), que divide a los crustáceos en 6 clases: Cephalocarida, Remipedia, Branchiopoda, Maxillopoda y Malacostraca. Sólo las dos últimas clases tienen representantes parásitos. Para la jerarquía taxonómica de los órdenes de los isópodos (Malacostraca) usamos también la clasificación de Bowman y Abele (1982), y para la clasificación de los órdenes de copépodos (Maxillopoda) usamos la jerarquía taxonómica de Boxshall y Halsey (2004).

Los crustáceos parásitos pueden presentar un gran rango de transformaciones corporales como respuesta a las adaptaciones para poder vivir como ecto o mesoparásitos. Los más simples se asemejan a los de vida libre, pero muchos de ellos pueden presentar fusión de segmentos, reducción de apéndices y transformación de algunos para poder adherirse a su hospedador. Normalmente, las hembras presentan un mayor grado adaptación morfológica al parasitismo que los machos y, en muchos casos, los machos son mucho más pequeños que las hembras y algunos viven permanentemente fijados a las hembras (Bush et al., 2001).

La morfología de los copépodos parásitos es muy variada, desde los que se parecen a los copépodos de vida libre hasta los muy modificados para la vida parásita. En cambio, los isópodos parásitos suelen parecerse bastante a los de vida libre. Éstos últimos presentan el cuerpo aplanado dorsoventralmente y dividido en tres partes: cabeza (cefalón o cefalosoma), tórax (pereión) y abdomen (pleón). Tórax y abdomen muestran segmentos, 7 y 6, respectivamente, aunque puede haber algunas fusiones de éstos según las especies. Cada segmento del tórax y abdomen presenta un par de apéndices de similar forma (de ahí el nombre de isópodos).

Debido a la gran diversidad de crustáceos parásitos, no es posible mostrar un ciclo vital general; por ello comentaremos específicamente cada ciclo en su apartado correspondiente. No obstante, daremos unas breves indicaciones del ciclo de los copépodos, ya que la mayoría de los crustáceos parásitos que se han encontrado en nuestro estudio son copépodos. El huevo es liberado al medio y de él emerge una larva nauplio que muda 5 veces (en las especies parásitas el número de mudas se reduce). La última la larva *nauplius* se transforma en copepodito, que también sufre varias mudas hasta llegar al estado adulto. Normalmente, los copépodos parásitos tienen un ciclo de vida directo (Bush et al., 2001).

### 3.4.1 Clase Maxillopoda Dahl, 1956

#### Familia Philichthyidae Vogt, 1877

##### 3.4.1.1. *Colobomatus steenstrupi*

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Maxillopoda Dahl, 1956

Subclase Copepoda Milne Edwards, 1830

Orden Cyclopoida Burmeister, 1834

Familia Philichthyidae Vogt, 1877

Género *Colobomatus* Hesse, 1873

Especie *Colobomatus steenstrupi* Richiardi, 1876

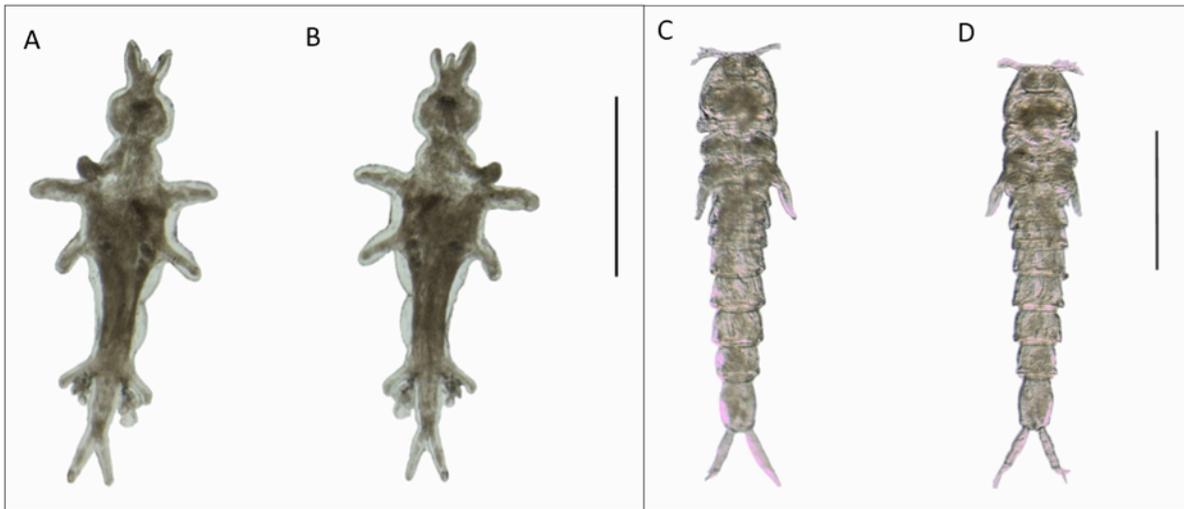


Fig.3.33. *Colobomatus steenstrupi*. A. Vista dorsal de un espécimen hembra; B. Vista ventral de un espécimen hembra. Escala=1 mm. C. Vista dorsal de un espécimen macho; D. Vista ventral de un espécimen macho. Escala=0,5 mm.

#### Material examinado

Se examinaron cuatro ejemplares (Nº de Acceso: EC5-10503-10505), dos hembras y dos machos. El resto se conservó en etanol 70º en el ICBiBE.

#### Microhábitat

Se encontraron libres en el lavado de los peces, pero habitualmente se encuentran el sistema sensorial cefálico y las narinas, como por ejemplo los canales mucosos y cefálicos de la línea lateral. Debido al carácter críptico de este hábitat no se encontraron muchos ejemplares. Además, los machos son más pequeños que las hembras, y sin pigmentar, lo que disminuye su posibilidad de ser detectados.

### **Criterios de identificación**

Se usaron las claves de identificación de Kabata (1979) y Boxshall y Halsey (2004), para llegar a la familia Philichthyidae y el género *Colobomatus*. La característica principal de los Filíctidos es su adaptación a un modo de vida endoparasítico, comparado con el modo de vida ectoparasítico de la mayoría de copépodos parásitos. Los filíctidos han reducido el número de segmentos y de apéndices, particularmente la hembra (Fig.3.33.A,B).

En los machos existía algo de segmentación (Fig.3.33.C,D), y pudimos asignarlos al género *Colobomatus*, por poseer varios pares de apéndices prominentes; al menos dos pares en el tagma fusionado del cuarto y quinto segmentos torácicos, un par en el segmento genital, y otro en el cefalosoma. La hembra presentaba un cuerpo alargado con un abdomen fino que se estrechaba hacia la parte posterior, con más de un par de apéndices laterales y acabando en un par de apéndices caudales. La identificación específica se efectuó basándonos en el estudio de Essafi et al. (1983). Los especímenes fueron identificados como *C. steenstrupi* y se diferenciaban de *Colobomatus mulli* porque la hembra presentaba un par de apéndices cefálicos menos robustos y sin estar hinchados en su base, los apéndices torácicos acababan en puntas redondeadas, los apéndices genitales eran cortos y redondeados y el animal presentaba un proceso anal al final del abdomen (Fig.3.33.A,B).

### **Comentarios**

Essafi et al. (1983) comentó que *C. steenstrupi* puede infectar a las dos especies de salmonetes, de roca y de fango, pero presenta una clara preferencia por el salmonete de roca, mientras que la especie congénérica *C. mulli* muestra una clara preferencia por el salmonete de fango, aunque también puede parasitar al de roca.

Los filíctidos pueden pasar inadvertidos debido al hábitat que ocupan en el hospedador y, de hecho, se especula que son más abundantes y comunes de lo que sugieren sus referencias. Históricamente, las especies de *Colobomatus* se registraron predominantemente en el mar Mediterráneo, pero actualmente se han citado especies de este género por todo el mundo (Kabata, 1979). En nuestro estudio sólo encontramos 6 individuos en las localidades españolas (Barcelona, Burriana y Roquetas, véase la Tabla 3.4), pero probablemente habría muchos más, sin descartar que la otra especie congénérica, *C. mulli*, también estuviese presente.

### **Ciclo vital de las especies de la familia Philichthyidae**

No se conoce muy bien el ciclo vital de los filíctidos. Normalmente son parásitos de peces teleósteos, aunque a veces se han documentado en elasmobranchios (Boxshall y Halsey, 2004). En el caso de *Sarcotaces pacificus* Komai y *Colobomatus pupa* Izawa se han descrito 5 estados naupliares, y el primer copepodito (Izawa, 1973; 1975).

**Familia Bomolochidae Sumpf, 1871**

**3.4.1.2. *Pseudoeucanthus* sp.**

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Maxillopoda Dahl, 1956

Subclase Copepoda Milne Edwards, 1830

Orden Cyclopoida Burmeister, 1834

Familia Bomolochidae Sumpf, 1871

Género *Pseudoeucanthus* Willson Brian, 1906

Especie *Pseudoeucanthus* sp.

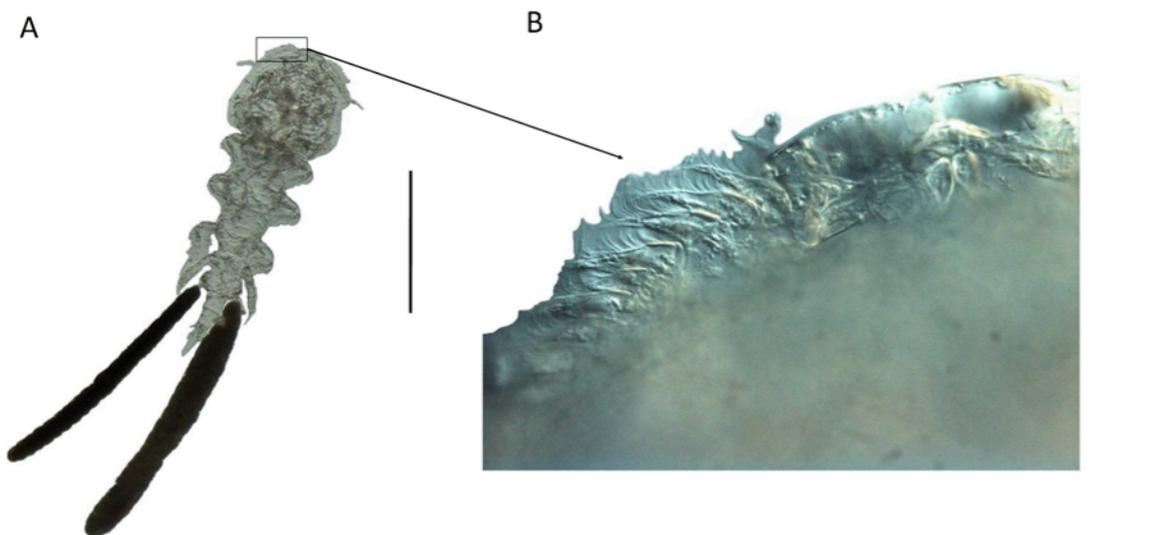


Fig.3.34. *Pseudoeucanthus* sp. A. Vista ventral de un espécimen hembra. Escala=0,5 mm. B. Detalle de las antenas. Escala=0,1mm.

**Material examinado**

Se examinaron 2 ejemplares hembras (Nº de Acceso: EC5-10511-10512) que se encontraron en peces de Burriana (Tabla 3.4).

**Microhábitat**

Los ejemplares se hallaron en el filtrado corporal, si bien su microhábitat natural son las cavidades nasales de los peces actinopterygios.

### **Criterios de identificación**

Se usaron los criterios de identificación de Kabata (1979) y Boxshall y Halsey (2004). Se asignó a la Familia Bomolochidae por presentar segmentación corporal, seis pares de apéndices locomotores (el sexto vestigial) y la antena plegada, y al género *Pseudoeucanthus* por tener un alargado cefalotórax, y por un estrechamiento gradual del cuerpo en dirección posterior. Además, los especímenes presentaban todas las 5 setas de la anténula sin modificar (Fig.3.34.B), los apéndices locomotores del 2 al 4 con tres segmentos, los segmentos exopodales del 2º al 4º apéndice sin setas interiores, el segmento apical del segundo endópodo con 5 setas, y la región caudal dos setas desiguales, una claramente más larga. El saco de los huevos era uniseriado y muy largo (Fig.3.34.A).

### **Comentarios**

Esta es la primera vez que se encuentra una especie de *Pseudoeucanthus* en el salmonete de roca. No obstante, *Pseudoeucanthus alosae* y *Pseudoeucanthus kerkennensis* han sido citadas en la alosa, *Alosa alosa*, y en el sargo picudo, *Diplodus puntazzo*, respectivamente, en el Mediterráneo (Raibaut et al., 1998).

### **Ciclo de vida de los bomolóquidos**

Los estados de desarrollo de los bomolóquidos no se conocen muy bien. Kabata (1976) describió un estado naupliar de una especie de *Bomolochus* y otra de *Holobomolochus*.

**3.4.1.3. *Lernaeolophus sultanus***

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Maxillopoda Dahl, 1956

Subclase Copepoda Milne Edwards, 1830

Orden Siphonostomatoida Burmeister, 1835

Familia Pennellidae Burmeister, 1835

Género *Lernaeolophus* Heller, 1834

Especie *Lernaeolophus sultanus* Nordmann, 1839

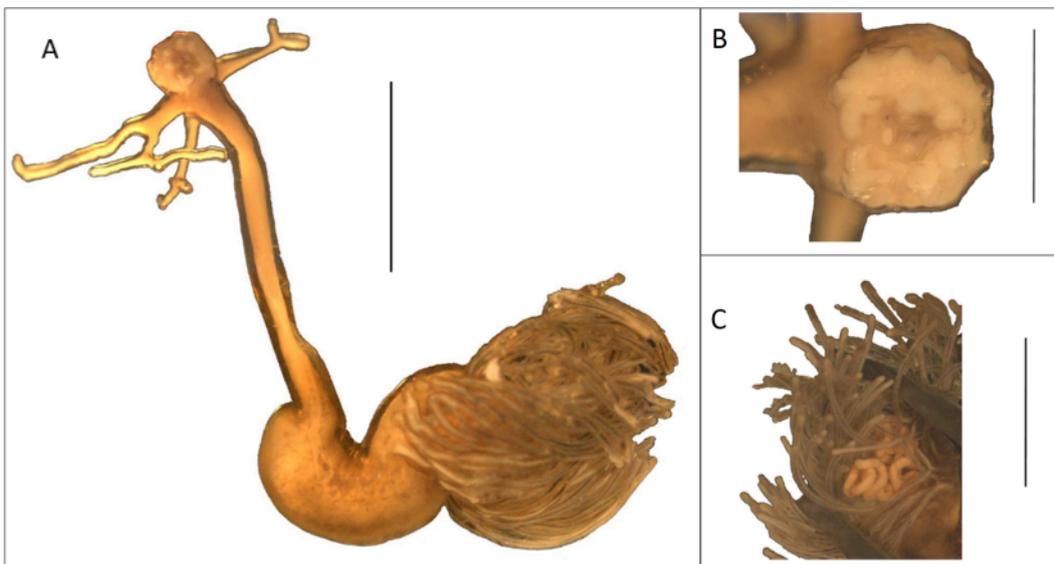


Fig.3.35. *Lernaeolophus sultanus*. A. Especímen hembra. Escala=1 cm; B. Detalle del cono bucal de un individuo hembra. Escala= 7mm, C. Detalle de los huevos. Escala=1cm.

**Material examinado**

Se examinaron 2 especímenes hembras (Nº de Acceso: EC5-10500-10501) que se encontraron en salmonetes de Roquetas de Mar. El resto se conservó en etanol 70º en el ICBiBE.

**Microhábitat**

Se encontraron en la cavidad bucal del salmonete de roca. Únicamente sobresalía de la mucosa los filamentos branquiales rojizos, mientras que el resto del cuerpo se encontraba embebido en los tejidos del hospedador.

### **Criterios de identificación**

Para asignar los especímenes a la familia Penellidae y al género *Lernaeolophus* Se usaron los criterios de identificación de Kabata (1979) y Boxshall y Halsey (2004). El cuerpo no presentaba ningún tipo de segmentación, la parte anterior se hallaba profundamente anclada en los tejidos del hospedador, quedándolos filamentos branquiales y la parte genital en la superficie externa (Fig.3.35.A). Su aparato de anclaje consiste en 3 procesos ramificados y 9 tubérculos prominentes alrededor del cono bucal (Fig.3.35.B); su cuerpo es sigmoidal y con procesos abdominales, y sus huevos están empaquetados en túbulos curvados en forma de espiral (Fig.3.35.C). Sus características morfológicas coinciden con la descripción de Radujkovic y Raibaut (1987; 1989).

### **Comentarios**

Esta especie de parásito es eurixénica de amplia distribución geográfica, habiéndose citado en el Océano Atlántico y el Índico, y el Mediterráneo, (Grabda, 1972; Radujkovic y Raibaut, 1987; Radujkovic y Raibaut, 1989). Sin embargo, esta es la primera vez que se cita en el salmonete de roca. Otro copépodo penéllido citado en el salmonete de roca y de fango es *Peniculus fistula* (Raibaut et al., 1998).

En nuestro estudio esta especie se encontró en dos localidades españolas, Santa Pola, y Roquetas (Tabla 3.4).

### **Ciclo de vida de las especies de la familia Pennellidae**

El ciclo biológico de *L. sultanus* no se conoce, pero sus rasgos básicos pueden inferirse de los de otras especies de la familia. Los penélidos son los únicos copépodos parásitos que necesitan de dos hospedadores para completar su ciclo. Cuando los huevos eclosionan emergen los nauplios de vida libre que se transforman en copepoditos que necesitan un hospedador para desarrollarse hasta el estado adulto. Este hospedador puede ser un pez teleósteo o un invertebrado en el que, tras alcanzar el estado adulto, los individuos copulan. Las hembras fecundadas requieren un segundo hospedador, otro teleósteo o un mamífero marino para producir y liberar los huevos. El ciclo de los machos acaba después de la cópula, pueden morir después de ésta o engancharse a un hospedador definitivo pero sin producirse ningún desarrollo más (Kabata, 1979).

**Familia Hatschekiidae Kabata, 1979**

**3.4.1.4. *Hatschekia mulli***

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Maxillopoda Dahl, 1956

Subclase Copepoda Milne Edwards, 1830

Orden Siphonostomatoida Burmeister, 1835

Familia Hatschekiidae Kabata, 1979

Género *Hatschekia* Poche, 1902

Especie *Hatschekia mulli* van Beneden, 1851



Fig.3.36. *Hatschekia mulli*. Vista lateral de un individuo hembra. Escala=5 mm

**Material examinado**

Se examinaron 13 ejemplares (Nº de Acceso: 10516-10525), el resto se conservaron en etanol 70º en el ICBiBE.

**Microhábitat**

Se encontraron en las branquias y cavidad bucal, en ocasiones, libres en el filtrado general.

### **Criterios de identificación**

La identificación se llevó a cabo de acuerdo con los criterios de Kabata (1979). El cuerpo de los miembros de la familia Hatschekiidae es cilíndrico y consta de un cefalotórax y un largo tronco, que contiene el complejo genital, y un pequeño abdomen, que a veces puede estar fusionado con el complejo genital. El cefalotórax y el tronco están separados por una pequeña constricción no segmentada como un cuello (Fig.3.36). El tronco de las hembras es alargado y aplanado dorsoventralmente, y normalmente es mucho más largo que el cefalotórax. El género *Hatschekia* se caracteriza por poseer los apéndices locomotores 1 y 2 birrámeos, los 3 y 4 reducidos y los sacos de los huevos uniseriados (Fig.3.36). No se conoce el macho de esta especie, así que la descripción está basada en la hembra. *Hatschekia mulli* se caracteriza por presentar el cefalotórax sin una protuberancia posterodorsal cónica y en la parte anterior del complejo genital un par de bultos redondeados.

### **Comentarios**

Van Beneden (1851) fue el primero que describió *H. mulli* en el salmonete de roca de las costas de Bélgica. Desde entonces ha sido citado por toda la costa suroeste de Europa, el Mediterráneo y la costas británicas, en las dos especies de salmonete, el de roca y el de fango (Kabata, 1979). Se ha citado también en *Pseudupeneus prayensis*, otro múllido de las costas africanas (Nunes-Ruivo, 1954). Esto sugiere que este parásito es específico de la familia Mullidae.

En nuestro estudio se encontró en todas las localidades con una prevalencia moderada, y una intensidad de infección baja, de 2 a 3 individuos por hospedador (Tabla 3.4).

### **Ciclo de vida de *H. mulli***

No se conoce el ciclo de vida de *H. mulli*, pero al ser copépodo parásito debe tener un ciclo directo con sus fases naupliares y copepoditos, aunque no se sabe cuantas mudas realiza en cada estado.

**Familia Caligidae Burmeister, 1835**

**3.4.1.5. *Caligus* sp.**

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Maxillopoda Dahl, 1956

Subclase Copepoda Milne Edwards, 1830

Orden Siphonostomatoida Burmeister, 1835

Familia Caligidae Burmeister, 1835

Género *Caligus* Müller, 1785

Especie *Caligus* sp.



Fig.3.37. *Caligus* sp. A. Vista ventral de un individuo hembra; B. Vista ventral de un individuo macho. Escala=5mm.

**Material examinado**

Se examinaron 4 ejemplares (Nº de Acceso: EC5-10526-10527); el resto se conservaron en etanol 70º en el ICBiBE.

**Microhábitat**

Se encontraron libres en el filtrado general, aunque normalmente se fijan a las superficies externas del hospedador, boca, branquias y cavidad opercular.

**Criterios de identificación**

Para asignar los especímenes al género se usaron los criterios de Kabata (1979) y Boxshall y Halsey (2004). Los calígidos presentan segmentación corporal, están aplanados

dorsoventralmente y poseen un escudo dorsal que recubre la parte anterior del cuerpo; el cefalotórax tiene fusionados los tres primeros pares de patas quedándose libre el cuarto. Los especímenes pertenecen al género *Caligus* ya que presenta lúnulas, un cefalotórax oval, un poco más largo que ancho y que se estrecha hacia delante (Fig.3.37) y suturas dorsales en forma de H. El complejo genital de la hembra varía en forma y tamaño y el del macho es ovalado y muy pequeño. El abdomen posee de 1 a 5 segmentos.

### **Comentarios**

De las especies de *Caligus*, *C. centrodoni* se ha citado en el salmonete de roca (Raibaut et al., 1998). Sin embargo, nuestros especímenes no se corresponden con esta especie porque el apéndice locomotor cuarto presentaba 4 segmentos y 3 setas apicales, mientras que en *C. centrodoni* este apéndice tiene 3 segmentos y sólo dos setas apicales, además de que la forma de la furca y del cuerpo difieren. La especie morfológicamente más próxima es *C. bonito*, pero nuestros especímenes no tenían el margen lateral del segundo endópodo con espinulaciones. Por lo tanto, los identificamos tentativamente como *Caligus* sp.

Se encontraron ejemplares de *Caligus* sp. en todas las localidades del estudio, excepto en Santa Pola y Fuengirola, con una prevalencia e intensidad muy bajas (Tabla 3.4).

### **Ciclo de vida de las especies de la familia Caligidae**

El ciclo biológico de los calígidos típicos consiste en dos estados naupliares, un estado infectivo de copepodito, cuatro estados *chalimus*, uno o dos preadultos y el adulto. Las larvas *chalimus* se aferran mediante un filamento frontal, mientras que el primer y el segundo estado preadulto se fijan mediante un filamento frontal temporal secretado durante la muda. Los adultos copulan en la superficie del pez (Boxshall y Halsey, 2004).

### 3.4.2. Clase Malacostraca Latreille, 1802

#### Familia Gnathiidae Leach, 1814

##### 3.4.2.1. *Gnathia* sp.

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Malacostraca Latreille, 1802

Orden Isopoda Latreille, 1817

Suborden Gnathiidea Leach, 1814

Familia Gnathiidae Leach, 1814

Género *Gnathia* Leach, 1814

Especie *Gnathia* sp.

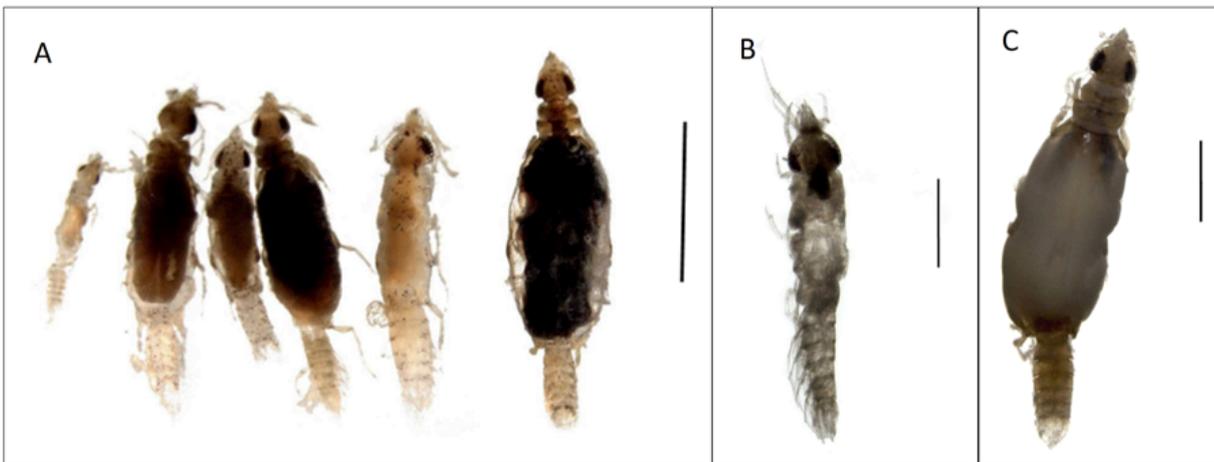


Fig.3.38. *Gnathia* sp. A. Vista dorsal de diferentes estados larvarios. Nótese las larvas pranizas llenas de sangre. Escala=5mm; B. Larva zuphea; C. Larva praniza. Escala=2mm

#### Material examinado

Se examinaron 20 ejemplares (Nº de Acceso: EC5-10541-10553); el resto se conservaron en etanol 70º en el ICBiBE.

#### Microhábitat

Se encontraron fijados a las superficies externas del hospedador, boca, branquias y cavidad opercular, y también libres en el general.

### **Criterios de identificación**

Los ejemplares se identificaron como isópodos gnátidos de acuerdo con los criterios de Richardson (1905). Las características principales son la ausencia de un primer par de apéndices torácicos en forma de quelíceros, la posesión de cinco pares de pleópodos, urópodos laterales y el último segmento del abdomen formando un abanico caudal.

Los gnátidos son parásitos hematófagos de peces sólo en su estado larvario. Los adultos se encuentran en el bentos sin alimentarse, subsistiendo de la reserva de nutrientes acumulada durante el estado larvario (Bush et al., 2001). Las larvas son morfológicamente diferentes a los adultos, aunque se parecen más a la hembra. La identificación a nivel específico de estados larvarios es muy difícil, ya que la mayoría de las descripciones actuales están basadas en la morfología del macho adulto (Smit y Basson, 2002). Sin embargo, podemos destacar algunas características morfológicas diagnósticas al género *Gnathia*. La terminología adoptada para la descripción del género fue la de Cohen y Poore (1994) y Smit y Basson (2002). El cefalosoma es pequeño y triangular con dos grandes ojos compuestos y un aparato bucal formado por cinco piezas (mandíbulas, paragnatos, gnatópodos, maxilípedos y maxílulas) tremendamente modificadas para cortar, y anclarse a los tejidos del pez, para después succionar la sangre. Las mandíbulas, maxílulas y maxilípedos tienen superficies serradas, mientras que los paragnatos son muy afilados. Los gnatópodos acaban en forma de garfio. El pereión es dos veces más largo que ancho, más ancho que el cefalosoma, con 7 pereionitos, el 1º fusionado al cefalosoma, y el 7º pequeño, redondeado y montado encima del 1º pereionito. Presentan cinco pares de pleópodos en vez de siete. El pleón es más estrecho y más corto que el pereión.

Existen dos tipos de larvas *Gnathia*: zuphea (que no se alimentan) y praniza (sí lo hacen), que son morfológicamente bastante similares pero que se pueden diferenciarse porque las larvas praniza presentan unas membranas elásticas entre los pereionitos 3 y 6 que se extienden debido a la presencia de sangre en el digestivo.

### **Comentarios**

La única especie del género *Gnathia* que se ha citado en el salmonete de roca y el de fango es *Gnathia maxillaris* en Grecia (Papoutsoglou, 1976). Nuestros ejemplares podrían pertenecer a esta especie, pero como ya hemos mencionado anteriormente, sin los estados adultos es difícil de asegurar.

Especímenes del género *Gnathia* se hallaron en todas las localidades de estudio, con diferentes prevalencias e intensidades, siendo la más alta la encontrada en Burriana y la más baja en Fuengirola (Tabla 3.4).

### **Ciclo de vida de las especies de la familia Gnathiidae**

Normalmente, el ciclo de vida de los gnátidos consiste en varias fases larvarias: tres fases como larvas zuphea, y tres como larvas praniza. De los huevos eclosionados emergen las larvas zuphea 1, que buscan activamente al hospedador adecuado. Cuando lo infestan

comienzan a alimentarse, y los pereonitos se van extendiendo hasta convertirse en larvas praniza 1. Dichas larvas se despegan del hospedador y buscan protección entre los tunicados o las esponjas. Allí se mantienen con las reservas de sangre hasta mudar al estado de larva zuphea 2, que se alimenta del hospedador hasta convertirse en praniza 2 que vuelve a abandonar al hospedador y mudar en zuphea 3. Las zupheas 3 vuelven a alimentarse del hospedador y se convierten en praniza 3. Después de la última muda se convierten en adultos que vuelven al fondo del mar, donde se produce la cópula y comienza otra vez el ciclo (Smit et al., 2003).

### **Familia Cymothoidae Leach, 1814**

#### **3.4.2.2. *Anilocra frontalis***

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Clase Malacostraca Latreille, 1802

Orden Isopoda Latreille, 1817

Suborden Flabellifera Sars, 1882

Familia Cymothoidae Leach, 1814

Género *Anilocra* Leach, 1818

Especie *Anilocra frontalis* Milne Edwards, 1840



Fig.3.39. *Anilocra frontalis*. A. Vista ventral de un individuo; B. Vista dorsal de un individuo, C. Vista lateral de un individuo. Escala=1 cm.

### **Material examinado**

Se examinó un solo individuo encontrado en Barcelona (Nº de Acceso: EC5-10536).

### **Microhábitat**

El ejemplar se encontró enganchado a la superficie externa de la boca del hospedador.

### **Criterios de identificación**

El ejemplar se identificó un como isópodo cimotoideo del género *Anilocra* de acuerdo con los criterios de Richardson (1905) y Trilles (1968): el cuerpo es compacto, con ojos pequeños y antenas reducidas. El cefalón está trilobulado posteriormente. Los maxilípedos poseen palpos formados por dos artejos, y las mandíbulas con palpos. El borde anterior del primer segmento del pereión es trilobulado. Los ángulos posteriores de los pereones no son prominentes, mientras que los del séptimo son acusados y muy salientes. La epímeras de los segmentos anteriores tocan los ángulos posteriores de los pereionitos, y las de los posteriores no llegan a tocarlos por una gran distancia a éstos (Fig.3.39.C). Los 7 pares de pereiópodos tienen forma una similar, son prensiles y acaban en forma dedos ganchudos (Fig.3.39.A). Los pereiópodos aumentan gradualmente de tamaño, y el séptimo es claramente más grande que los otros. Los urópodos son laterales y más largos que el último segmento del pleón, formando con él un abanico caudal sin cilios (Fig.3.39.B). El ejemplar se identificó como *A. frontalis* por su forma globosa; la anchura de los pereionitos aumenta bruscamente del primero al quinto (Trilles, 1968). No existen prolongaciones de los pereionitos, salvo en el séptimo, y a veces, en el sexto. Las prolongaciones lateroposteriores del séptimo pereonito son muy puntiagudas.

### **Comentarios**

Es la primera vez que esta especie de parásito se ha en el salmonete de roca. No obstante, sí que ha sido mencionado en este hospedador otra especie del mismo género, *A. physodes* (véase Papoutsoglou, 1976)).

En nuestro estudio sólo encontramos un individuo en un salmonete de Barcelona, así que es posible que se ha una infestación accidental.

### **Ciclo vital de *A. frontalis***

Los cimotoideos son ectoparásitos permanentes de peces de marinos y dulceacuícolas. Poseen un ciclo de vida sencillo: una larva o juvenil bien desarrollado emerge del saco ovífero de la hembra para buscar un hospedador adecuado al que fijarse. Una característica peculiar de estos isópodos es que son hermafroditas protándricos, es decir, los individuos se desarrollan primero como machos para convertirse en hembras posteriormente (Bush et al., 2001).

Tabla 3.4. Prevalencia (P), abundancia media (AM) y intensidad media (IM) de los taxones de digeneos hallados en el salmónete de roca (n= 1100) por localidad. BA= Barcelona; BU= Burriana; SP= Santa Pola; RO= Roquetas de Mar; FU= Fuengirola; SF= Sfax y ZA= Zarzis. El intervalo de confianza del 95% de cada parámetro está entre paréntesis.

		MONOGENEA				NEMATODA				ACANTHOCEPHALA	
		<i>E. vallei</i>	<i>Diplectanotrema</i> sp.	<i>C. inermis</i>	<i>Hysterothylacium</i> sp.	<i>C. longicollis</i>	<i>A. valentina</i>	<i>Capillaria</i> ( <i>Neocapillaria</i> ) sp.	<i>B. irenae</i>		
BA	P	0,0	0,0	0,0	88,5 (83,3-92,3)	11,5 (7,7-16,7)	27,5 (21,7-34,2)	31,0 (25,0-37,7)	17,0 (12,2-23,0)		
N=200	MA	0,0	0,0	0,0	5,9 (5,1-6,9)	0,23 (0,14-0,40)	0,86 (0,59-1,3)	0,70 (0,53-0,92)	0,28 (0,19-0,44)		
	MI	0,0	0,0	0,0	6,7 (5,8-7,8)	2,04 (1,4-2,9)	3,1 (2,4-4,4)	2,3 (1,9-2,8)	1,7 (1,3-2,6)		
BU	P	0,0	0,0	0,5 (0,0-2,9)	17,5 (12,7-23,4)	0,5 (0,03-2,9)	61,5 (54,5-68,0)	30,5 (24,5-37,2)	8,5 (5,2-13,2)		
N=200	MA	0,0	0,0	0,0 (0,0-0,0)	0,3 (0,2-0,4)	0,0 (0,0-0,1)	6,3 (4,9-8,3)	0,75 (0,54-1,0)	0,23 (0,12-0,43)		
	MI	0,0	0,0	2,0	1,8 (1,5-2,3)	1,0	10,3 (8,2-13,4)	2,4 (2,0-3,3)	2,8 (1,8-4,4)		
SP	P	0,5 (0,0-2,9)	0,5 (0,0-2,9)	0,0	73,5 (66,8-79,3)	2,0 (0,69-5,1)	36,5 (30,0-43,5)	11,0 (7,2-16,2)	11,5 (7,7-16,7)		
N=200	MA	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,0)	0,0	3,6 (3,1-4,2)	0,02 (0,0-0,04)	1,6 (1,2-2,1)	0,23 (0,13-0,49)	0,22 (0,13-0,33)		
	MI	1,0	1,0	0,0	4,9 (4,3-5,6)	1,0	4,3 (3,4-5,4)	2,1 (1,4-4,3)	1,9 (1,4-2,6)		
RO	P	0,0	0,0	0,0	69,5 (62,8-75,5)	1,0 (0,18-3,6)	28,0 (22,1-34,7)	22,0 (16,7-28,2)	36,0 (29,5-43,0)		
N=200	MA	0,0	0,0	0,0	4,0 (3,2-5,0)	0,0 (0,0-0,1)	2,0 (1,2-3,2)	0,44 (0,31-0,60)	0,83 (0,62-1,2)		
	MI	0,0	0,0	0,0	5,8 (4,7-7,2)	2,0 (1,0-2,0)	7,0 (4,5-11,1)	2,0 (1,7-2,4)	2,3 (1,9-3,3)		
FU	P	0,0	0,0	0,0	33,5 (27,2-40,5)	1,5 (0,4-4,4)	11,5 (7,7-16,7)	5,5 (2,9-9,7)	28,5 (22,5-35,2)		
N=200	MA	0,0	0,0	0,0	0,7 (0,5-1,0)	0,05 (0,0-0,2)	0,56 (0,20-1,5)	0,13 (0,05-0,33)	0,70 (0,50-0,97)		
	MI	0,0	0,0	0,0	2,2 (1,7-3,0)	3,0 (1,0-5,0)	4,9 (2,0-11,5)	2,3 (1,3-4,9)	2,5 (2,0-3,3)		
SF	P	0,0	0,0	0,0	56,0 (41,9-69,1)	0,0	0,0	2,0 (0,11-10,7)	0,1 (0,02-0,17)		
N=50	MA	0,0	0,0	0,0	6,3 (3,9-9,8)	0,0	0,0	0,04 (0,0-0,12)	0,18 (0,04-0,46)		
	MI	0,0	0,0	0,0	11,2 (7,4-16,5)	0,0	0,0	2,0	3,0 (2,0-3,7)		
ZA	P	0,0	0,0	0,0	28,0 (16,7-42,0)	0,0	0,0	0,0	0,0		
N=50	MA	0,0	0,0	0,0	1,4 (0,7-2,9)	0,0	0,0	0,0	0,0		
	MI	0,0	0,0	0,0	5,1 (2,7-10,4)	0,0	0,0	0,0	0,0		

Tabla 3.4. Continuación.

		CRUSTACEA									
GESTODA		<i>S. pleuronectis</i>	Tentaculariidae	<i>Botriocepha illus</i> sp.	<i>H. mulli</i>	<i>L. sultanus</i>	<i>C. steenstrupi</i>	<i>Pseudoeucanthus</i> sp.	<i>Caligus</i> sp.	<i>Gnathia</i> sp.	<i>A. frontalis</i>
BA	P	1,5 (0,4-4,4)	18,0 (13,2-23,9)	0,5 (0,0-2,9)	37,5 (31,0-44,5)	0,0	1,0 (0,2-3,6)	0,0	0,5 (0,0-2,9)	35,0 (28,6-42,0)	0,5 (0,0-2,9)
N=200	MA	0,0 (0,0-0,1)	0,2 (0,2-0,3)	0,0 (0,0-0,1)	0,7 (0,6-0,9)	0,0	0,0 (0,0-0,0)	0,0	0,0 (0,0-0,0)	0,82 (0,63-1,2)	0,0 (0,0-0,1)
	MI	2,7 (2,0-3,3)	1,4 (1,1-1,6)	1,0	1,9 (1,6-2,3)	0,0	1,0	0,0	1,0	2,34 (1,9-3,3)	1,0
BU	P	1,0 (0,2-3,6)	19,5 (14,4-25,7)	0,0	41,0 (34,2-48,0)	0,0	1,0 (0,2-3,6)	1,5 (0,4-4,4)	1,5 (0,4-4,4)	76,0 (69,5-81,6)	0,0
N=200	MA	0,0 (0,0-0,1)	0,2 (0,2-0,3)	0,0	0,7 (0,6-0,9)	0,0	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,4)	0,0 (0,0-0,4)	18,0 (13,5-25,0)	0,0
	MI	1,5 (1,0-1,5)	1,1 (1,0-1,2)	0,0	1,8 (1,6-2,2)	0,0	1,0	1,0	1,0	23,7 (18,1-33,0)	0,0
SP	P	0,0	12,0 (8,1-17,2)	0,0	40,0 (32,8-46,5)	0,5 (0,0-2,9)	0,0	0,0	0,0	50,0 (42,5-56,5)	0,0
N=200	MA	0,0	0,1 (0,1-0,2)	0,0	0,9 (0,7-1,1)	0,0 (0,0-0,0)	0,0	0,0	0,0	2,6 (2,0-3,5)	0,0
	MI	0,0	1,2 (1,0-1,3)	0,0	2,2 (1,8-2,7)	1,0	0,0	0,0	0,0	5,3 (4,3-6,9)	0,0
RO	P	0,5 (0,0-2,9)	16,5 (12,0-22,4)	0,0	59,5 (52,5-66,3)	1,5 (0,4-4,4)	1,0 (0,2-3,6)	0,0	3,0 (1,3-6,4)	58,5 (51,5-65,3)	0,0
N=200	MA	0,0 (0,0-0,0)	0,2 (0,2-0,4)	0,0	1,3 (1,1-1,5)	0,0 (0,0-0,4)	0,0 (0,0-0,0)	0,0	0,0 (0,0-0,1)	4,7 (3,5-6,9)	0,0
	MI	1,0	1,4 (1,1-2,4)	0,0	2,2 (1,9-2,5)	1,0	1,0	0,0	1,3 (1,0-1,7)	8,1 (6,0-11,5)	0,0
FU	P	0,5 (0,0-2,9)	18,5 (13,6-24,5)	0,0	28,5 (22,5-35,2)	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0 (9,7-19,5)	0,0
N=200	MA	0,0 (0,0-0,0)	0,5 (0,3-0,9)	0,0	0,6 (0,5-0,9)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,17 (0,12-0,25)	0,0
	MI	1,0	2,8 (1,9-4,7)	0,0	2,3 (1,8-2,9)	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3 (1,1-1,4)	0,0
SF	P	0,0	52,0 (37,9-66,1)	0,0	44,0 (30,9-58,1)	0,0	0,0	0,0	2,0 (0,1-10,6)	18,0 (9,5-30,9)	0,0
N=50	MA	0,0	10,4 (5,7-18,0)	0,0	0,9 (0,6-1,3)	0,0	0,0	0,0	0,0 (0,0-0,1)	0,3 (0,1-0,9)	0,0
	MI	0,0	20,0 (11,8-32,3)	0,0	2,0 (1,5-2,6)	0,0	0,0	0,0	1,0	1,8 (1,0-3,3)	0,0
ZA	P	0,0	32,0 (20,1-46,0)	0,0	20,0 (10,7-33,9)	0,0	0,0	0,0	4,0 (0,7-13,7)	26,0 (15,6-39,9)	0,0
N=50	MA	0,0	1,1 (0,6-1,8)	0,0	0,5 (0,3-1,0)	0,0	0,0	0,0	0,0 (0,0-0,1)	0,5 (0,3-0,8)	0,0
	MI	0,0	3,3 (2,2-5,0)	0,0	2,7 (2,0-3,8)	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9 (1,4-2,3)	0,0

## REFERENCIAS

- Adamson, M. L. (1987). Phylogenetic analysis of the higher classification of the Nematoda. *Canadian Journal of Zoology*, 65, 1478-1482.
- Ahmad, J. and Dhar, R. L. (1987). Studies on digenetic trematodes of marine fishes from the Panjim coast of the Arabian Sea. Part 54. Two new digenetic trematodes, *Lasiotocus guptai*, new species (Monorchiiidae) and *Transversocreadium fotedari*, new species (Lepocreadiidae). *Pakistan Journal of Zoology*, 19, 109-115.
- Akmirza, A. (2000). Metazoon parasites of red mullet (*Mullus surmuletus* L.) caught near Gökçeada. *Journal of Faculty of Veterinary of Medicine University of*, 26, 129-140.
- Álvarez, F., Iglesias, R., Paramá, I., Leiro, J., and Sanmartín, M. (2002). Abdominal macroparasites of commercially important flatfishes (Teleostei: Scophthalmidae, Pleuronectidae, Soleidae) in northwest Spain (ICES IXa). *Aquaculture*, 213, 31-53.
- Anato, C. B., Ktari, M. H., and Dossou, C. (1991). La parasitofaune metazoaire de *Boops boops* (Linne, 1758), poisson teleosteen Sparidae des cotes tunisieenes. *Oebalia*, 17, 259-266.
- Anderson, G. R. (1999). Identification and maturation of the metacercaria of *Indodidymozoon pearsoni*. *Journal of Helminthology*, 73, 21-26.
- Anderson, R. C. (2000). *Nematode Parasites of Vertebrates: Their Development and Transmission*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International.
- Arculeo, M., Hristosvki, N., and Riggio, S. (1997). Helminth infestation of three fishes (*Serranus scriba*, *Mullus surmuletus*, *Scorpaena porcus*) from a coastal seaground in the Gulf of Palermo (Tyrrhenian Sea). *Italian Journal of Zoology*, 64, 283-286.
- Barrett, J., Kostadinova, A., and Raga, J. A. (2005). Mining parasite data using genetic programming. *TRENDS in Parasitology*, 21, 207-209.
- Bartoli, P. (1984). Distomatoses des Lamellibranches marins sur le littoral méditerranéen français. *Haliotis*, 14, 98-107.
- Bartoli, P. (1989). Distomatoses des Poissons teleosteens de l'herbier de posidonies de la Reserve Naturelle de Scandola. II Les Trématodes digénétiques de Rouget de roche, *Mullus surmuletus* L. *Travaux Scientifiques du Parc Naturel Regional et des Reserves Naturelles de Corse*, 186, 1-75
- Bartoli, P. and Bray, R. A. (1987). Redescriptions of two cryptogonimid digeneans from the fish *Dentex dentex* (L., 1758) (Sparidae) in the Mediterranean Sea. *Systematic Parasitology*, 10, 117-127.
- Bartoli, P. and Gibson, D. I. (1991). On *Podocotyle scorpaenae*, *Poracanthium furcatum* and *Derogenes latus*, three poorly known digenean parasites of western mediterranean teleosts. *Systematic Parasitology*, 20, 29-46.
- Bartoli, P. and Gibson, D. I. (2007). Synopsis of the life cycles of Digenea (Platyhelminthes) from lagoons of the northern coast of the western mediterranean. *Journal of Natural History*, 41, 25-28.
- Bartoli, P., Jousson, O., and Russell-Pinto, F. (2000). The life cycle of *Monorchis parvus* (Digenea: Monorchiiidae) demonstrated by developmental and molecular data. *Journal of Parasitology*, 86, 479-489.
- Bartoli, P. and Prevot, G. (1966). Contribution to the study of Monorchiiidae parasites of the fish of the *Mullus* genus in the Mediterranean. Description of *Timonia mediterranea* n. gen, n. sp. (Trematoda-Digenea) [Engl. sum.]. *Annales de Parasitologie Humaine et comparee*, 41, 397-412.
- Berland, B. (1961). Nematodes from some norwegian marine fishes. *Sarsia*, 2, 1-50.
- Bilquees, F. M. and Khan, A. (1991). Two digenetic trematodes from freshwater fishes [*Channa maculatus* and *Labeo rohita*] of Kalri lake, Sind [Pakistan]. *Pakistan Journal of Zoology*, 23, 105-113.
- Bowman, T. E. and Abele, L. G. (1982). Classifications of Recent Crustacea. In L. G. Abele (Ed.), *The Biology of Crustacea. Systematics, the Fossil Record and Biogeography*. (pp. 1-27).
- Boxshall, G. and Halsey, S. H. (2004). *An Introduction to Copepod Diversity*. London: Ray Society.
- Boyle, M. S. (1966). Trematode and nematode parasites of *Pleurobrachia pileus* Muller, of in New Zealand Waters. *Transactions of the Royal Society of New Zealand -Zoology*, 8, 51-62.

- Bray, R. A. (1973). Some digenetic trematodes in fishes from the Bay of Biscay and nearby waters. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 26, 151-183.
- Bray, R. A. (1983). On the Fellodistomid Genus *Proctoeces* Odhner, 1911 (Digenea), with Brief Comments on 2 Other Fellodistomid Genera. *Journal of Natural History*, 17, 321-339.
- Bray, R. A. and Gibson, D. I. (1980). The Fellodistomidae (Digenea) of fishes from the northeast Atlantic. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 37.
- Buchmann, K. and Bresciani, J. (2006). Monogenea (Phylum Platyhelminthes). In P. T. K. Woo (Ed.), *Fish Diseases and Disorders, Volume 1: Protozoan and Metazoan Infections* (pp. 297-344). UK: CAB International.
- Bush, A. O., Fernandez, J. C., Esch, G. W., and Seed, J. R. (2001). *Parasitism: The Diversity and Ecology of Animal Parasites*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bychowsky, B. E. (1957). *Monogenetic Trematodes. Their systematic and phylogeny*. Washington: Akad. Nauka. USSR . English translation by the American Institute of Biological Science.
- Campbell, R. A. and Beveridge, I. (1994). Order Trypanorhyncha Diesing, 1863. In L. F. Khalil, A. Jones, and A. B. Bray (Eds.), *Keys to the Cestode Parasites of Vertebrates* (pp. 51-148). Wallingford, UK: CAB International.
- Carreras-Aubets, M., Repulles-Albelda, A., Kostadinova, A., and Carrasson, M. (2011). A new cryptic species of *Aponurus* Looss, 1907 (Digenea: Lecithasteridae) from Mediterranean goatfish (Teleostei: Mullidae). *Systematic Parasitology*, 79, 145-159.
- Chabaud, A. G. and Campana-Rouget, Y. (1959). Note sur la trématode hémiuride *Sterrhurus fusiformis* Lühe, 1901 et sur sa cercaire (? *Cercaria vaullegeardi* Pelseener, 1906). *Vie Milieu*, 10, 168-175.
- Cohen, B. F. and Poore, G. C. B. (1994). Phylogeny and biogeography of the Gnathiidae (Crustacea: Isopoda) with descriptions of new genera and species, most from south-eastern Australia. *Memoirs of Museum Victoria*, 54, 271-397.
- Cribb, T. H., Pichelin, S., Dufour, V., Bray, R. A., Chauvet, C., Faliex, E., Galzin, R., Lo, C. M., Lo-Yat, A., Morand, S., Rigby, M. C., and Sasal, P. (2000). Parasites of recruiting coral reef fish larvae in New Caledonia. *International Journal for Parasitology*, 30, 1445-1451.
- Dollfus, R. P. (1946). Sur un distome parasite de *Mullus surmuletus* L. et peut-être attribuable au genre *Holorchis*. M. Stossich 1900 (Trematoda). *Bulletin de l'Institut Oceanographique de Monaco*, 896, 1-6.
- Dollfus, R. P. (1948). L'égnime de *Distoma furcatum* Bremser enfin expliquée. Contribution à la connaissance des Trématodes des Poissons du genre *Mullus* en Méditerranée. *Bulletin de l'Institut Oceanographique de Monaco*, 928, 1-23.
- Dollfus, R. P. (1952). La larve métacercaire d'*Aphallus tubarium* (Rudolphi 1819) enkystée chez *Gobius (Zostericola) ophiocephalus* p.s.pallas. *Vie et Milieu*, 2 (3), 350-360.
- Dollfus, R. P. (1976). Enumeration of plankton and marine invertebrates Cestodes. 9th contribution. *Annales de Parasitologie Humaine et comparee*, 51, 207-230.
- Essafi, K., Raibaut, A., and Boudaoudkrissat, K. (1983). *Colobomatus steenstrupi* (Richiardi, 1876) and *Colobomatus mulli* n. sp. (Copepoda, Philichthyidae), Parasitic on Fish of the Genus *Mullus* (Mullidae) in the Western Mediterranean. *Systematic Parasitology*, 5, 135-142.
- Euzet, L. and Ktari, M. H. (1973). Les Calceostomatidae (Monogenea) Parasites de Teleosteens du Golfe de Tunis. Développement larvaire et position systématique. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô*, 2, 605-622.
- Fayek, S. A., Amer, O. H., and Ahmed, N. E. (1990). Some fish trematodes from the Mediterranean Sea. *Veterinary medical Journal Giza*, 38, 429-438.
- Fernández, M., Aznar, F. J., Montero, F. E., and Raga, J. A. (2005). Endoparasites of the blue whiting, *Micromesistius poutassou* from north-west Spain. *Journal of Helminthology*, 79, 15-21.
- Figus, V., D'Amico, V., Cortis, M., and Canestri-Trotti, G. (2005). Prevalence, intensity and abundance of helminth parasites in *Mullus barbatus* L. and *M. surmuletus* L. from the south coast of Sardinia, Italy. *Biologia Marina Mediterranea*, 12, 675-677.
- Fischthal, J. H. (1980). Some digenetic trematodes of marine fishes from Israel's Mediterranean Coast and their zoogeography, especially those from Red Sea immigrant fishes. *Zoologica Scripta*, 9, 11-23.
- Fischthal, J. H. (1982). Additional records of digenetic trematodes of marine fishes from Israel's Mediterranean Coast. *Proceedings of the*

- Helminthological Society of Washington*, 49, 34-44.
- Fischthal, J. H. and Kuntz, R. E. (1964). Digenetic trematodes of fishes from Palawan Island Philippines .4. Some immature Didymozoidae Bucephalid new Hemiurid Genus + Subfamily. *Journal of Parasitology*, 50, 253- y.
- Gibson, D. I. (1976). Monogenea and digenea from fishes. *Discovery Reports*, 36, 179-266.
- Gibson, D. I. and Bray, R. A. (1986). The Hemiuridae (Digenea) of fishes from the north-east Atlantic. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 51.
- Gibson, D. I., Bray, R. A., Harris, E. A., and Compilers. (2005). Host-Parasite Database of the Natural History Museum, London. URL. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/host-parasites/database/index.jsp> .
- Gibson, D. I., Jones, A., and Bray, R. A. (2002). *Keys to the Trematoda*. London: CABI publishing and *The Natural History Museum*.
- Gijón Botella, H. and López-Román, R. (1989). Aportación al catálogo de Digenea de peces marinos del Archipiélago de Canarias. *Revista Ibérica de Parasitología*, 49, 137-138.
- Golvan, Y. J. (1969). Systématique des Acanthocéphales (Acanthocephala Rudolphi 1801). L'ordre des Paleacanthocephala Meyer 1931. La superfamille des Echinorynchoidea (Cobbold 1876) Golvan et Houin (1963). *Mémoires du Museum d'Histoire Naturelle série A Zoologie*, LVII.
- Grabda, J. (1972). Observations on penetration of *Lernaeolophus sultanus* (Milne Edwards, 1840) (Lernaeoceridae) in organs of *Pneumatophorus colias* (Gmelin, 1788). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 2, 115-125.
- Grau, A., Riera, F., and Carbonell, E. (1999). Some protozoan and metazoan parasites of the amberjack from the Balearic sea (western Mediterranean). *Aquaculture International*, 7, 307-317.
- Gritli, R., Zarrouk, K., and Kechrid, F. (1989). A propos d' une trématodose rare chez le poisson Rouget. *Maghreb Vétérinaire*, 4, 18-21.
- Hayward, C. J. (1997). Helminth ectoparasites of sillaginid fishes (Perciformes: Percoidei) have low species richness. *Folia Parasitologica*, 44, 173-187.
- Hemmingsen, W. and Mackenzie, B. (2001). The parasite fauna of the Atlantic cod, *gadus morhua* L. In A. J. Southward, P. A. Tyler, C. M. Young, and L. A. Fuiman (Eds.), *Advances in marine biology*, vol 40 (pp. 1-80). San Diego: Academic Press.
- Hristovski, N. and Jardas, I. (1991). Endohelminths of fishes from the mid-Dalmatian region of the Adriatic Sea (A review). *Acta Adriatica*, 32, 671-681.
- Hunninen, A. V. and Cable, R. M. (1943). The life history of *Lecithaster confusus* Odhner (Trematoda: Hemiuridae). *The Journal of Parasitology*, 29, 71-78.
- Ivanov, V. A., Navone, G. T., and Martorelli, S. R. (1997). *Ascarophis marina* n. Comb. (Nematoda: Cystidicolidae) from the fishes *Parona signata* (Carangidae) and *Urophycis brasiliensis* (Gadidae) in the Southwestern Atlantic. *Journal of Parasitology*, 83, 917-921.
- Izawa, K. (1973). On the development of parasitic Copepoda I. *Sarcotaces pacificus* Komai (Cyclopoida: Philichthyidae). *Publications of Seto Marine Biological Laboratory*, 21, 77-86.
- Izawa, K. (1975). On the development of parasitic Copepoda II. *Colobomatus pupa* Izawa (Cyclopoida:Philichthyidae). *Publications of Seto Marine Biological Laboratory*, 22, 147-155.
- Janiszewska, J. (1949). Some fish nematodes from the Adriatic Sea. *Zoologica Poloniae*, 5, 7-30.
- Janiszewska, J. (1953). Some Adriatic fish trematodes. *Zoologica Poloniae*, 6, 20-48.
- Jones, A., Bray, R. A., and Gibson, D. I. (2005). *Keys to the Trematoda*. London: CABI publishing and The Natural History Museum.
- Jousson, O. and Bartoli, P. (2000). The life cycle of *Opecoeloides columbellae* (Pagenstecher, 1863) n. comb. (Digenea, Opecoelidae): evidence from molecules and morphology. *International Journal for Parasitology*, 30, 747-760.
- Jousson, O., Bartoli, P., and Pawlowski, J. (1999). Molecular identification of developmental stages in Opecoelidae (Digenea). *International Journal for Parasitology*, 29, 1853-1858.
- Kabata, Z. (1976). Early stages of some copepods (Crustacea) parasitic on marine fishes of British-Columbia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33, 2507-2525.
- Kabata, Z. (1979). *Parasitic copepoda of british fishes*. London: The Ray Society.
- Kechemir, N. (1978). Experimental demonstration of a life cycle with 4 obligatory hosts among Hemiurids Trematodes. *Annales de Parasitologie Humaine et comparee*, 53, 75-92.

- Khalil, L. F. and Abdul-Salam, J. B. (1988). The subfamily Encotyllabinae (Monogenea: Capsalidae) with the description of *Alloencotyllabe caranxi* n. g., n. sp. and *Encotyllabe kuwaitensis* n. sp. *Systematic Parasitology*, 11, 139-150.
- Khalil, L. F., Jones, A., and Bray, A. B. (1994). *Keys to the cestode parasites of vertebrates*. Hertfordshire, UK: CAB Int.
- Klimpel, S. and Rückert, S. (2005). Life cycle strategy of *Hysterothylacium aduncum* to become the most abundant anisakid fish nematode in the North Sea. *Parasitology Research*, 97, 141-149.
- Koie, M. (1979). On the morphology and life history of *Derogenes varicus* (Müller, 1784) Loos, 1901 (Trematoda, Hemiuridae). *Zeitschrift fuer Parasitenkunde*, 59, 67-78.
- Koie, M. (1993). Aspects of the life cycle and morphology of *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae). *Canadian Journal of Zoology*, 71, 1289-1296.
- Koie, M. (2000a). Life cycle and seasonal dynamics of *Cucullanus cirratus* O.F. Müller, 1777 (Nematoda, Ascaridida, Seuratoidea, Cucullanidae) in Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Canadian Journal of Zoology*, 78, 182-190.
- Koie, M. (2000b). The life-cycle of the flatfish nematode *Cucullanus heterochrous*. *Journal of Helminthology*, 74, 323-328.
- Koie, M. and Lester, R. J. G. (1985). Larval didymozoids (Trematoda) in fishes from Moreton Bay, Australia. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 52, 196-203.
- Kovaleva, A. A. (1970). Some characteristics of the helminth fauna of mackerel of the genus *Trachurus* (Carangidae, Perciformes). *Biologiya Morya, Kiev*, 20, 66-74.
- Kurochkin, Y. V. and Nikolaeva, V. M. (1978). A classification of didymozoid metacercariae. Kiev: First All-Union Congress of Parasitology-Coenologists, Kiev: Naukova Dumka.
- Lang, W. H. and Dennis, E. A. (1976). Morphology and seasonal incidence of infection of *Proctoeces maculatus* (Loos, 1901) Odhner, 1911 (Trematoda) in *Mytilus edulis* L. *Ophelia*, 15, 65-75.
- Le Pommelet, E. (1997). Structures spatiales des populations, échelles d'organisation et biodiversité: les Digéneses mésoparasites des Rougets du genre *Mullus* (Teleostei, Mullidae). Thèse Doctorat, Université de Montpellier.
- Le Pommelet, E., Bartoli, P., and Silan, P. (1997). Biodiversity of the digeneans and other intestinal helminths of goatfishes: A review for *Mullus surmuletus* (Linne, 1758) and *M. barbatus* (L., 1758) in the Mediterranean basin. *Annales des Sciences Naturelles-Zoologie et Biologie Animale*, 18, 117-133.
- Linton, E. (1940). Trematodes from fishes mainly from the woods hole region, Massachusetts. *Proceedings of the United States National Museum*, 88, 1-172.
- Looss, A. (1908). Beiträge zur Systematik tier *Distomen*. Zur Kenntnis der Familie Hemiuridae. *Zoologische Jahrbucher (Systematik)*, 26, 63-180.
- Mackenzie, K. and Liversidge, J. M. (1975). Some aspects of the biology of the cercaria and metacercaria of *Stephanostomum baccatum* (Nicoll, 1907) Manter, 1934 (Digenea: Acanthocolpidae). *Journal of Fish Biology*, 7.
- Maillard, C. (1976). Distomatoses de poissons en milieu lagunaire. Thèse Doctorat d'Etat, USTL, Montpellier.
- Martín-Sánchez, J., Díaz, M., Artacho, M. E., and Valero, A. (2003). Molecular arguments for considering *Hysterothylacium fabri* (Nematoda: Anisakidae) a complex of sibling species. *Parasitology Research*, 89, 214-220.
- Martín-Sánchez, J. M., Paniagua, I., and Valero, A. (1998). Contribution to the knowledge of *Hysterothylacium aduncum* through electrophoresis of the enzymes glucose phosphate isomerase and phosphoglucosomutase. *Parasitology Research*, 84, 160-163.
- Martínez, J. C. (1974). La progénèse dans le cycle évolutif de *Proctoeces maculatus* (Loos, 1901) Odhner, 1911 (Trematoda, Fellodistomatidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 64, 39-46.
- Martínez-Vicaria, A., Martín-Sánchez, J., Illescas, P., Lara, A. M., Jimenez-Albarran, M., and Valero, A. (2000). The occurrence of two opecoeliid digeneans in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* from the Spanish south-eastern Mediterranean. *Journal of Helminthology*, 74, 161-164.
- Martorelli, S. R., Navone, G. T., and Ivanov, V. (2000). Proposed life cycle of *Ascarophis marina* (Nematoda: Cystidicolidae) in Argentine Waters. *The Journal of Parasitology*, 86, 1047-1050.
- Matthews, R. A. (1973). The life-cycle of *Prosorhynchus crucibulum* (Rudolphi, 1819)

- Odhner, 1905, and a comparison of its cercaria with that of *Prosorhynchus squamatus* Odhner, 1905. *Parasitology*, 66, 133-164.
- MedSudMed. (2008). Preliminary results on spatial distribution of abundance indices, nursery and spawning areas of *Merluccius merluccius* and *Mullus barbatus* in the central Mediterranean. MedSudMed Technical Documents Rome (Italy), GCP/RER/010/ITA/MSM-TD 19.
- Morand, S., Robert, F., and Connors, V. A. (1995). Complexity in parasite life cycles: Population biology of cestodes in fish. *Journal of Animal Ecology*, 64, 256-264.
- Moravec, F. (1983). Some remarks on the biology of *Capillaria pterophylli* Heinze, 1933. *Folia Parasitologica*, 30, 129-130.
- Moravec, F. (1994). *Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe, Inst. of notes on their distribution*. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers.
- Moravec, F. (2001). *Trichinelloid nematodes. Parasitic in cold-blooded vertebrates*. Praha (Czech Republic): ACADEMIA.
- Morsy, K., Bashtar, A. R., Abdel-Ghaffar, F., Al Quraishy, S., Al Ghamdi, A., and Mostafa, N. (2013). First identification of four trypanorhynchid cestodes: *Callitetrarhynchus speciosus*, *Pseudogrillotia* sp. (Lacistorhynchidae), *Kotorella pronosoma* and *Nybelinia bisulcata* (Tentaculariidae) from Sparidae and Mullidae fish. *Parasitol Res*, 112, 2523-2532.
- Muñoz, M. V., Fernández, J. P., Carbonell, E., and Orts, M. E. (1989). Contribución al estudio de algunos bucefálicos (Trematoda: Bucephalidae) parásitos de peces marinos de aguas ibéricas. *Revista Ibérica de Parasitología*, 49, 27-35.
- Naidenova, N. N. and Mordvinova, T. N. (1997). Helminth fauna of Mediterranean sea fish upon the data of the IBSS's expeditions (1959-1973). *Ekologiya morya*, 46, 69-74.
- Nascetti, G., Paggi, L., Orecchia, P., Smith, J. W., Mattiucci, S., and Bullini, L. (1986). Electrophoretic studies on the *Anisakis simplex complex* (Ascaridida: Anisakidae) from the Mediterranean and north-east Atlantic. *International Journal for Parasitology*, 16, 633-640.
- Nicoll, W. (1910). On the entozoa of fishes from the Firth of Clyde. *Parasitology*, 3, 322-359.
- Nicoll, W. (1914). Trematode parasite of fishes in the English Channel. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 10, 466-505.
- Nikolaeva, V. M. (1963). Parasitic fauna of the local schools of some pelagic fishes of the Black Sea. *Trudy Sevastopol'skoi Biologicheskoi Stantsii*, 16, 387-438.
- Nikolaeva, V. M. (1965). On the developmental cycle of trematodes belonging to the family *Didymozoidae* (Monticelli, 1888) Poche, 1907. *Zoologicheskyy Zhurnal*, 44, 1317-1327.
- Nikolaeva, V. M. (1966). Trematodes of the suborder Hemiurata infecting fish in the Mediterranean basin. In S. L. Delyamure (Ed.), *Helminth fauna of animals in the southern seas*. Kiev: Biologiya Morya. (pp. 52-66).
- Nikolaeva, V. M. and Kovaleva, A. A. (1966). Parasite fauna of *Trachurus* from the Mediterranean basin. *Biologia Morya, Kiev [Helminthofauna of Animals of the Southern Seas]*, 1966, 67-79.
- Nikolaeva, V. M. and Naidenova, N. N. (1964). Nematodes of pelagic and benthopelagic fishes of the seas of the Mediterranean basin. *Trudy Sevastopol'skoi Biologicheskoi Stantsii*, 17, 125-158.
- Nunes-Ruivo, L. (1954). Parasites des poissons de mer ouest-africanis récoltés par M. J. Cadenat. III. Copépodes (2e note). Genres *Prohatschekia* n. gen. et *Hatschekia* Poche. *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 16, 479-505.
- Odhner, T. (1905). Die Trematoden des arktischen Gebietes. *Fauna Arctica*, 4, 289-372.
- Orecchia, P., Mattiucci, S., D'Amelio, S., Paggi, L., Plötz, J., Cianchi, R., Nascetti, G., Arduino, P., and Bullini, L. (1994). Two new members in the *Contracaecum osculatatum* complex (Nematoda, Ascaridoidea) from the Antarctic. *International Journal for Parasitology*, 24, 367-377.
- Orecchia, P. and Paggi, L. (1978). Systematic and ecological aspects of helminth parasites of marine fish studied at the Institute of Parasitology of the University of Rome. *Parassitologia*, 20, 73-89.
- Orecchia, P., Paggi, L., and Radujkovic, B. M. (1988). Digeneans of fishes from the Adriatic Sea with a description of *Lecithaster atherinae* n. sp. from *Atherina (Hepsetia) boyeri*. *Parassitologia*, 30, 225-229.
- Overstreet, R. M. (1973). Some species of *Lecithaster* Lühe, 1901 (Digenea: Hemiuridae) and related genera from fishes in the Northern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Microscopical Society*, 92, 231-240.

- Paggi, L., Nascetti, G., Cianchi, R., Orecchia, P., Mattiucci, S., D'Amelio, S., Berland, B., Bratney, J., Smith, J. W., and Bullini, L. (1991). Genetic evidence for three species within *Pseudoterranova decipiens* (nematoda: Ascaridida, Ascaridoidea) in the North Atlantic and Norwegian and Barent Seas. *International Journal for Parasitology*, 21, 195-212.
- Palm, H. W. (2004). *The Trypanorhyncha Diesing, 1863*. Bogor: PKSPL-IPB Press.
- Palm, H. W., Waeschenbach, A., and Littlewood, D. T. J. (2007). Genetic diversity in the trypanorhynch cestode *Tentacularia coryphaena* Bosc, 1797: Evidence for a cosmopolitan distribution and low host specificity in the teleost intermediate host. *Parasitology Research*, 101, 153-159.
- Papoutsoglou, S. E. (1976). Metazoan parasites of fishes from Saronic gulf Athens, Greece. *Thalassographica*, 1, 69-102.
- Parona, C. and Perugia, A. (1889). Di alcuni trematodi ectoparassiti di pesci marini. Nota preventiva. *Ann Mus Civ Stor Nat Genova*, 2a, 740-747.
- Parukhin, A. M. (1976). *Parasitic worms of food fishes of the southern Seas*. Kiev: Naukova Dumka.
- Parukhin, A. M., Naidenova, N. N., and Nikolaeva, V. M. (1971). The parasite fauna of fishes caught in the Mediterranean Sea. In Vodjanichky V.A. (Ed.), *Expeditionary investigations in the Mediterranean Sea in May-July, 1970 (66th voyage of the R.V.AK.Kovalevsky)* Kiev: Naukova Dumka. (pp. 64-87).
- Pascual, S., Gonzalez, A., Arias, C., and Guerra, A. (1996). Biotic relationships of *Illex coindetii* and *Todaropsis eblanae* (Cephalopoda, Ommastrephidae) in the northeast Atlantic: evidence from parasites. *Sarsia*, 81, 265-274.
- Petrochenko, V. I. (1971). *Acanthocephala of domestic and wild animals*. Jerusalem: Akademya Nauk SSR.
- Petter, A. J., Lèbre, C., and Radujkovic, B. M. (1984). Nematodes parasites de poissons ostéichthyens de l'Adriatique meridionale. *Acta Adriat*, 25, 205-221.
- Petter, A. J. and Maillard, C. (1988). Larves d'Ascarides parasites de poissons en Méditerranée occidentale. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 4, 347-369.
- Petter, A. J. and Radujkovic, B. M. (1989). Parasites des poissons marins du Montenegro: nematodes. *Acta Adriatica*, 30, 195-236.
- Pogoreltseva, T. P. (1952). Parasites of fish of the north-eastern part of the Black Sea. *Trudy Institutu Zoologii*, 8, 100-120.
- Pozdnyakov, S. E. (1996). *Trematode suborder Didymozaota*. Vladivostok: Tikhookeanskii Nauchno-Issledovatel'skii Rybokhozyaistvennyi Tsentr.
- Pozdnyakov, S. E. and Gibson, D. I. (2008). Family Didymozoidae Monticelli, 1888. In A. B. Bray, D. I. Gibson, and A. Jones (Eds.), London: Keys to Trematode 3. (pp. 631-734)
- Prevot, G. (1965). Complement a la connaissance de *Proctoeces maculatus* (Looss 1901) Odhner 1911 [syn. *P. erythraeus*, Odhner 1911 et *P. subtenuis* (Linton 1907) Hanson, 1950] (Trematoda, Digenea. Fellodistomatidae). *Bulletin de la Societe Zoologique de France*, 90, 175-179.
- Quinteiro, P., Tojo, J., Núñez, A., Santamarina, M. T., and Sanmartín, M. L. (1993). *Stephanostomum lophii* sp. nov. (Digenea: Acanthocolpidae), intestinal parasite of *Lophius piscatorius*, with reference to seasonal fluctuations of metacercariae in intermediate second hosts (Gadidae). *J Fish Biol*, 42, 421-433.
- Radujkovic, B. M. and Euzet, L. (1989). Parasites des poissons marins du Montenegro: monogenes. *Acta Adriatica*, 30, 51-135.
- Radujkovic, B. M., Orecchia, P., and Paggi, L. (1989). Parasites des poissons marins du Montenegro: Digenes. *Acta Adriatica*, 30, 137-187.
- Radujkovic, B. M. and Raibaut, A. (1987). Copepodes parasites des Poissons des cotes du Montenegro. *Acta Adriatica, Premiere Serie*, 28, 121-142.
- Radujkovic, B. M. and Raibaut, A. (1989). Parasites des poissons marins du Montenegro :Copepodes. *Acta Adriatica*, 30, 237-278.
- Raibaut, A., Combes, C., and Benoit, F. (1998). Analysis of the parasitic copepod species richness among Mediterranean fish. *Journal of Marine Systems*, 15, 185-206.
- Reimer, L. W. (1976). Metacercariae in Invertebrates of the Coast of Madras India. *Angewandte Parasitologie*, 17, 33-43.
- Reimer, L. W. and Pohl, M. (1989). Untersuchungen der Parasitenfauna der Miesmuschel *Mytilus edulis* L. von Standorten der Ostseeküste der DDR. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule 'Liselotte Herrman' Gustrow*, 2, 155-161.

- Richardson, H. (1905). *Monograph on the isopods of North America*. Bull. U.S. Nat. Mus. 54.
- Rudolphi, C. A. (1819). Entozootum Synopsis cui accedunt mantissa duplex et indices locupletissimi. *Berolini, X*, -811.
- Saad-Farès, A. (1985). Trematodes de poissons des cotes du Liban. Specificite, transmission et approche populationnelle. Thèse Doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- Santos, A. M. T. and Coimbra, J. (1995). Growth and production of raft-cultured *Mytilus edulis* L., in Ria de Aveiro: gonad symbiotic infestation. *Aquaculture*, 132, 195-211.
- Santos, C. P., Mourao, E. D., and Cardenas, M. Q. (2001). *Pseudempleurosoma gibsoni* n. sp., a new Ancyrocephalid monogenean from *Paralonchurus brasiliensis* (Sciaenidae) from off the Southeastern Coast of Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96, 215-219.
- Santos, M. J. and Gibson, D. I. (2002). Morphological features of *Prosorhynchus crucibulum* and *P. aculeatus* (Digenea: Bucephalidae), intestinal parasites of *Conger conger* (Pisces: Congridae), elucidated by scanning electron microscopy. *Folia Parasitologica*, 49, 96-102.
- Sey, O. (1968). Parasitic helminths occurring in the Adriatic fishes. *Acta Adriatica*, 13, 4-14.
- Sey, O. (1970). Parasitic helminths occurring in adriatic fishes. *Acta Adriatica*, 13, 3-16.
- Smit, N. J. and Basson, L. (2002). *Gnathia pantherina* sp n. (Crustacea : Isopoda : Gnathiidae), a temporary ectoparasite of some elasmobranch species from southern Africa. *Folia Parasitologica*, 49, 137-151.
- Smit, N. J., Basson, L., and Van As, J. G. (2003). Life cycle of the temporary fish parasite, *Gnathia africana* (Crustacea : Isopoda : Gnathiidae). *Folia Parasitologica*, 50, 135-142.
- Stossich, M. (1883). Brani di elmintologia tergestina: Serie Prima. *Bolletino della Societa Adriatica di Scienze Naturali, Trieste*, 8, 111-121.
- Stossich, M. (1899). Appunti di elmintologia. *Bollettino della Societa Adriatica Di Scienze Naturali in Trieste*, 19, 1-6.
- Stunkard, H. W. (1981a). The life history, developmental. stages, and taxonomic relations of the digenetic trematode *Lasiotocus minutus* (Manter, 1931) Thomas, 1959. *The Biological bulletin*, 160, 146-154.
- Stunkard, H. W. (1981b). The morphology, life history, and systematic relations of *Lasiotocus elongatus* (Manter, 1931) Thomas, 1959 (Trematoda-Digenea). *The Biological bulletin*, 160, 155-160.
- Stunkard, H. W. and Uzmans, J. R. (1959). The Life cycle of the digenetic Trematode, *Proctoeces maculatus* (Looss, 1901) Odhner, 1911 [Syn *P. Subtenuis* (Linton, 1907) Hanson, 1950], and description of cercaria *Adranocerca* n. sp. *Biological Bulletin*, 116, 184-193.
- Tkach, V., Pawlowski, J., and Mariaux, J. (2000). Phylogenetic analysis of the suborder Plagiorchiata (Platyhelminthes, Digenea) based on partial lsrDNA sequences. *International Journal for Parasitology*, 30, 83-93.
- Trilles, J. P. (1968). Recherches sur les Isopodes Cymothoidae des côtes Françaises. Vol. 1: Bionomie et parasitisme. Vol. 2: Biologie générale et sexualité. Deuxième thèse, Systématique et faunistique. University of Montpellier, France, N° enregistrement CNRS A02305.
- Uspenskaya, A. V. (1953). Life Cycle of the nematodes belonging to the genus *Ascarophis* van Beneden. *Zoologicheskii Zhurnal*, 32, 828-832.
- Valero, A., Paniagua, M. I., Hierro, I., Díaz, V., Valderrama, M. J., Benítez, R., and Adroher, F. J. (2006). Anisakid parasites of two forkbeards (*Phycis blennoides* and *Phycis phycis*) from the Mediterranean coasts of Andalucía (Southern Spain). *Parasitology International*, 55, 1-5.
- Vassiliades, G. (1985). Helminthes parasites des poissons de mer des cotes du Senegal. *Bulletin de l'Institute Fondamental d'Afrique Noire*, 44, 78-99.
- Whittington, I. D., Cribb, B. W., Hamwood, T. E., and Halliday, A. (2000). Host-specificity of monogenean (platyhelminth) parasites: a role for anterior adhesive areas? *International Journal for Parasitology*, 30, 305-320.
- Wojciechowska, A. (1993). The tetraphyllidean and tetrabothriid cercoids from Antarctic bony fishes. I. Morphology. Identification with adult forms. *Acta Parasitologica*, 38, 15-22.
- Yamaguti, S. (1942). Studies on the helminth fauna of Japan. Part 38. Larval trematodes of fishes. *Japanese Journal of Medical Science*, 6, 131-160.
- Yamaguti, S. (1958). *Systema Helminthum. Vol 1. The digenetic trematodes of Vertebrates. Part I et Part II*. New York, London.
- Yamaguti, S. (1963). *Systema Helminthum. Vol. IV, Monogenea and Aspidocotylea*. New York: John Wiley and Sons, Interscience Publishers.

Yamaguti, S. (1970). *Digenetic trematodes of hawaiian fishes*. Chiyoda-ku, Tokyo, Japan: Keigaku Publishing Co., Ltd.

Yamaguti, S. (1971). *Synopsis of digenetic trematodes of vertebrates*. Tokyo: Keigaku Publishing.

Yamaguti, S. (1975). *A synoptical review of life histories of digenetic trematodes of*

*vertebrates with special reference to the morphology of their larval forms*. Tokyo: Keigaku Publ. Co.

Zernov, S. A. (1913). *Materiaux pour la biologie de la Mer Noire. Memoires de l'Academie Imperiale de Sciences de St. Petersbourg Classe des Sciences, Physiques et Mathematique*, 32, 1-299.



# **Capítulo 4. Una nueva especie de *Ascarophis* (Nematoda) del salmonete de roca en el Mediterráneo español**

(Basado en el artículo: Ferrer, E., Aznar F.J., Balbuena J.A., Kostadinova, A., Raga J.A., Moravec, F. (2005). A new cystidicolid nematode from *Mullus surmuletus* (Perciformes: Mullidae) from the western Mediterranean. *Journal of Parasitology* 91: 335-344.)



## Introducción

Durante un estudio de la parasitofauna del salmonete de roca de la costa mediterránea española se recogió una muestra de nematodos que, al examinarlos, correspondían con la diagnosis del género *Ascarophis* van Beneden, 1871, según Ko (1986). Sin embargo, estos especímenes mostraron diferencias sustanciales con las otras especies conocidas del género, por lo que consideramos que se trataba de una especie distinta. Este trabajo describe esta nueva especie de *Ascarophis* del salmonete de roca en dos localidades de la costa valenciana.

## Materiales y métodos

Se examinaron 216 salmonetes de roca durante junio y octubre de 2002 procedentes de 2 localidades de la costa valenciana: Burriana y Santa Pola. Se diseccionaron salmonetes frescos o congelados. Los nematodos encontrados fueron fijados y conservados en etanol 70<sup>o</sup>, y se examinaron mediante el microscopio óptico y el microscopio electrónico de barrido (MEB). En el primer caso, los especímenes se montaron en preparaciones temporales de glicerina aclaradas con una serie de concentración creciente de glicerina-agua de 1:10 a 1:2, según Moravec (1994). Para el MEB (n=30, 13 en visión frontal), los ejemplares se deshidrataron en serie de etanoles de gradación creciente, se desecaron mediante punto crítico en CO<sub>2</sub>, y se montaron en soportes con la ayuda de cinta adhesiva de carbono de doble cara. Se recubrieron con una fina capa de 25-30 nm de oro-paladio con un recubridor Bio-Rad Sc 500 y se examinaron en un MEB de vacío S-4100 a 5 kv. Las hembras desecadas mediante el protocolo anterior se cortaron longitudinalmente a diferentes distancias de la parte anterior de la vulva (~ 1, 2 y 3 mm), y estos fragmentos se utilizaron para observar los huevos al MEB.

Se examinaron tres muestras con numerosos huevos para detectar si existía alguna variabilidad en el número y la morfología de los filamentos de éstos: 1) huevos de una hembra viva en solución salina en el microscopio óptico (n~ 100), 2) huevos de la vulva y a diferentes distancias de ésta en el microscopio óptico (n~ 200, 3 individuos) y 3) en el MEB (n~ 50, 2 individuos).

Se usaron las siguientes abreviaturas en el texto y en la Tabla 4.2 para las ratios (la mayoría expresadas en porcentajes): LEM/LC, longitud del esófago muscular con respecto a la longitud del cuerpo; LEG/LC, longitud del esófago glandular con respecto a la longitud del cuerpo; LE/LC, longitud total del esófago con respecto a la longitud del cuerpo; V/LC, distancia de la vulva desde la extremidad anterior del cuerpo con respecto a la longitud de éste; LEG/LEM, longitud del esófago glandular con respecto a la del muscular; LEI/LED, longitud de la espícula izquierda con respecto a la derecha. Excepto cuando se indique lo contrario, todas las medidas y escalas se encuentran en  $\mu\text{m}$ .

## Descripción

### *Ascarophis valentina* n. sp.

(Figs.4.1-4.3)

*Diagnosis general:* nematodos filiformes esbeltos de anchura más o menos uniforme, estrechándose gradualmente hacia la parte anterior. Cutícula anillada con marcadas estriaciones transversales desde la extremidad anterior hasta la cola. Estriaciones ligeramente oblicuas, poco profundas y estrechas en la parte anterior al poro excretor (Fig.4.2.E); más anchas y profundas a lo largo del cuerpo (Fig.4.2.F) hasta la última décima parte del cuerpo, donde éstas se hacen poco definidas (Fig.4.2.G); los anillos presentan marcas regulares longitudinales. Terminación cefálica redondeada, abertura oral de redonda a ligeramente alargada dorsoventralmente, generando una forma algo hexagonal (Fig.4.2A,B). Labios submediales ausentes (o no evidentes). Pseudolabios muy reducidos que surgen de las paredes mediolaterales de la abertura oral. Protuberancias pseudolabiales muy desarrolladas, de cónicas a algo aplanadas, con forma denticular, no arqueadas en el medio (Fig.4.2 A- D). Sublabios bilobulados con los márgenes superiores apuntados; los dos pares subdorsales y subventrales contiguos dorsalmente y ventralmente, respectivamente (Fig.4.2 A, B, D). Cuatro papilas cefálicas bien marcadas (2 dorsolaterales, 2 ventrolaterales) y 2 anfidios prominentes posterolaterales a los pseudolabios (Fig.4.2 A, B, D). Cápsula bucal relativamente larga, con los rebordes cuticularizados en la unión con el esófago. Esófago formado por dos zonas, una anterior corta, muscular, y una posterior mucho más larga, glandular. La parte glandular del esófago seis veces más larga que la muscular. Anillo nervioso ligeramente posterior a la parte anterior del esófago muscular; poro excretor inmediatamente posterior al anillo nervioso (Fig.4.1.A). Deiridios pequeños bifurcados (Fig.4.2.C) por la extremidad anterior del esófago muscular.

*Macho (holotipo, medidas de todos los especímenes tipo machos y hembras en la Tabla 4.2; medidas adicionales del MEB en la Tabla 4.1):* 8,02 mm de longitud corporal, con una anchura máxima de 95. Cápsula bucal estrecha, 108 de longitud. El esófago ocupa el 27,0% de la longitud total del cuerpo, la longitud de la región muscular 292, y la de la región glandular 1864. Distancia de la extremidad anterior al anillo nervioso, 138 y al poro excretor, 200. La parte posterior del cuerpo curvada ventralmente, provista de alas caudales laterales estrechas en las cuales se encuentran papilas pedunculadas. Diez pares de papilas caudales (Fig.4.1.D): 2 pares dobles preanales, 6 pares postanales con una disposición 1+2+1+2 en cada lado ventrolateral, es decir, el tercer y sexto par medial (véase la Fig. 4.3.C); además, el sexto par sésil. Un par de fasmidios inmediatamente posterior a los últimos pares de papilas postanales (quinto y sexto). Una marcada área rugosa, con ~ 10-13 crestas ventrales cuticulares longitudinales interrumpidas. Espículas de distinta forma y tamaño. Espícula izquierda, 447 de longitud, con el extremo distal dilatado, que lateralmente aparece subtriangular; la parte final se estrecha gradualmente terminando en punta (Fig.4.1.D,4.3.A.). Espícula derecha con forma de barca, 85 de longitud, mucho más ancha que la izquierda, con un ala cuticular y la parte distal roma. Ratio de la longitud de las espículas 1:5,3. Cola cónica, 81 de longitud.

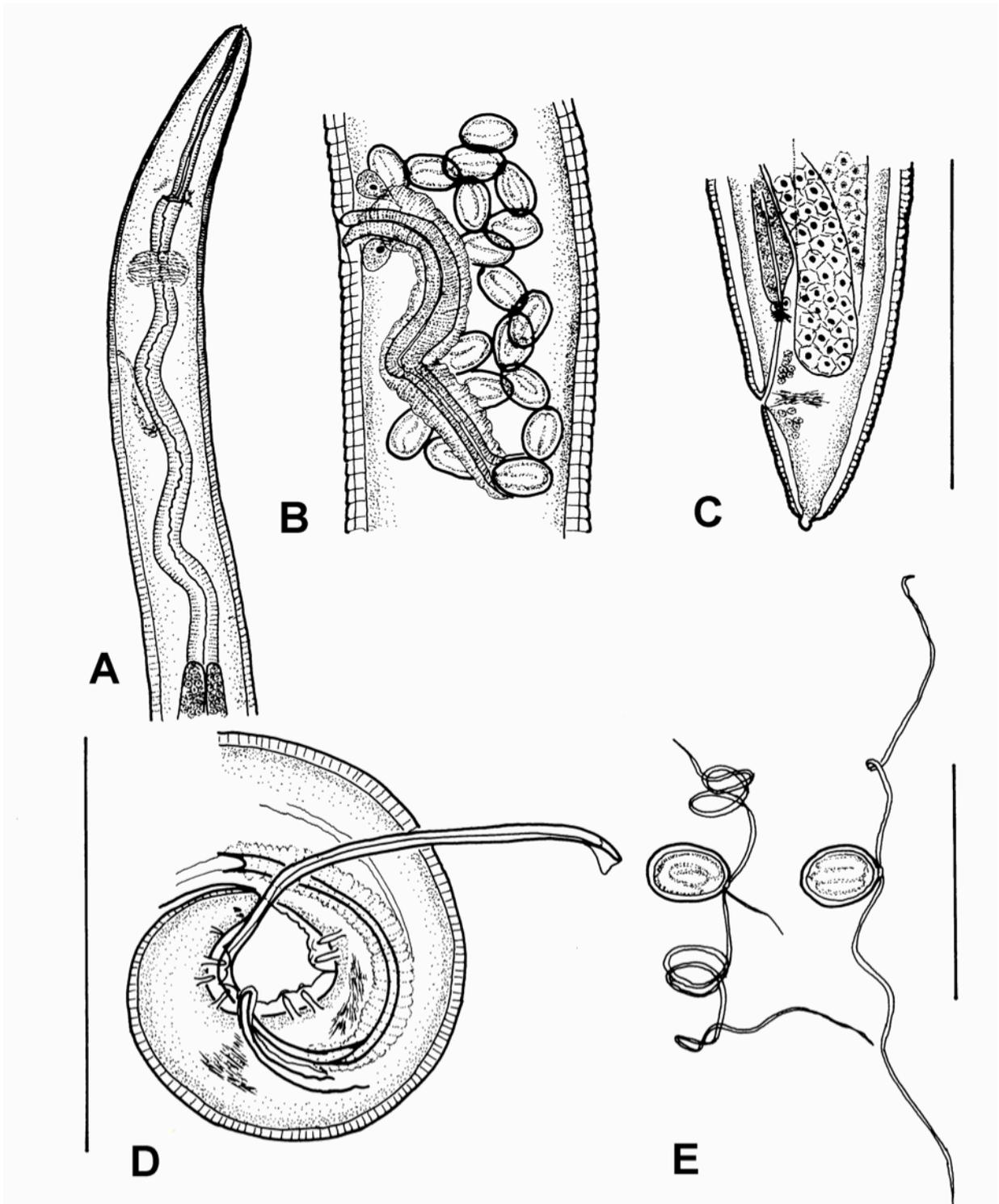


Fig.4.1. *Ascarophis valentina* n. sp. **A**. Holotipo, región anterior, vista laterodorsal; **B**. Alotipo, región de la vulva y la vagina, vista lateral (sólo 1 capa de huevos ilustrada y huevos dibujados sin los filamentos para mayor claridad); **C**. Alotipo, extremo caudal, vista lateral; **D**. Holotipo, extremidad posterior, vista lateral; Escalas = 200  $\mu$ m. **E**. Huevos con larva. Escala = 100  $\mu$ m.

*Hembra (alotipo)*: 13,62 mm de longitud corporal, con una anchura máxima a nivel de la vulva de 138. Cápsula bucal estrecha, 138 de longitud. El esófago ocupa el 17,6% de la longitud total del cuerpo; la longitud de la región muscular, 354, y la glandular, 2043. Distancia de la extremidad anterior al anillo nervioso, 175, y al poro excretor, 246. Útero anfidélfico. Vulva marcadamente postecuatorial en la parte anterior del tercio posterior del cuerpo, a 9,84 mm de la parte anterior del cuerpo ( $V/LC=72,2\%$ ). Huevos maduros (con larva) ovales, 32-37x21-23; cubierta del huevo ~ 2 de grosor; superficie rugosa, con pequeñas protuberancias (Fig.4.3.B). Cada huevo posee un engrosamiento (~ 1x3) en un único polo, provisto normalmente de 2 filamentos gruesos (~ 77-91x1-2) (Fig.4.1.E,4.3.B,4.3.F). Ocasionalmente se observa un filamento adicional más fino y corto (~ 51x0,4) (Fig.4.3.D). Huevos empaquetados en numerosas filas dentro del útero; los huevos desarrollados contienen una larva enrollada. Cola cónica, de 79 de longitud, con una pequeña protuberancia terminal redondeada.

### Resumen taxonómico

*Hospedador tipo*: Salmonete de roca, *Mullus surmuletus* L. (Mullidae).

*Localidad tipo*: Aguas costeras de Burriana (38°11'N, 0°34'E), Mediterráneo español.

*Otra localidad*: Aguas costeras de Santa Pola (39°52'N, 0°2'E), Mediterráneo español.

*Microhábitat*: Asociado a la mucosa del estómago, ocasionalmente en el esófago.

*Material depositado*: Los especímenes tipo están depositados en el Museo de Historia Natural de Londres (Holotipo BMNH 2004.4.2.1; alotipo BMNH 2004.4.2.2; paratipos BMNH 2004.4.2.3-30). El material de referencia está depositado en la colección del Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia (SBO3, SBO5, SBO10).

*Etimología*: El nombre específico deriva del nombre en latín de Valencia.

*Parámetros de infección*: prevalencia 50,9%; abundancia media 2,94; rango, de 1 a 31.

### Comentarios

En general, los ejemplares examinados mostraron una gran homogeneidad con respecto a la mayoría de los caracteres morfológicos. Entre los caracteres usados tradicionalmente para la discriminación de especies de *Ascarophis* que manifestaron muy poca variación se encontraban la longitud total del esófago y la longitud total del esófago glandular en ambos sexos; en los machos, la longitud de las espículas y la ratio de la longitud de las espículas; y en hembras, la posición relativa de la vulva y el tamaño de los huevos (Tabla 4.2).

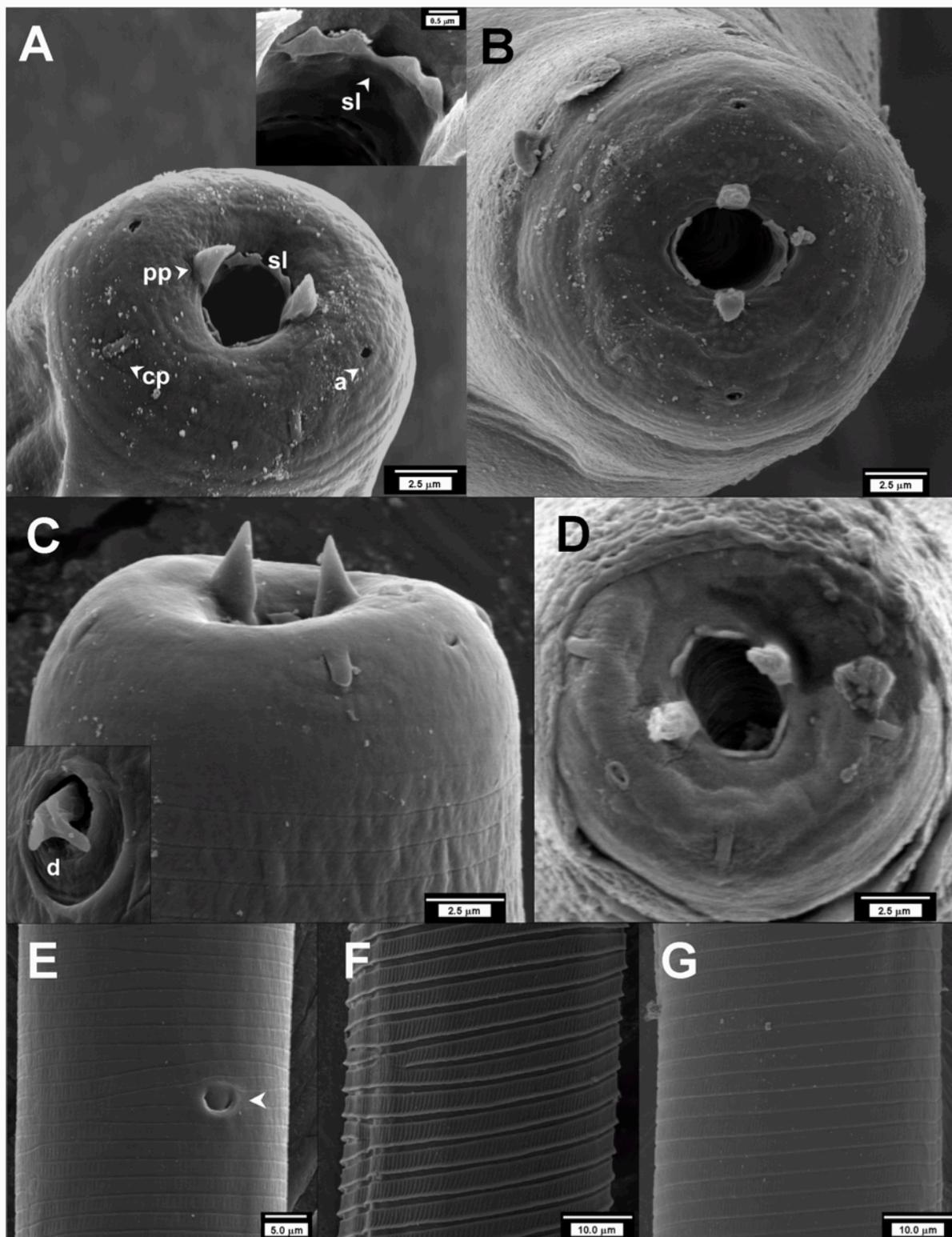


Fig.4.2. Micrografías del MEB de *Ascarophis valentina* n. sp. A. Vista anteroventral de la extremidad anterior de un macho; sublabios en el recuadro interior. B. Vista frontal de la región anterior de una hembra. C. Vista lateroventral de la parte anterior de un macho; en el recuadro un deiridio, localizado posteriormente en el mismo espécimen. D. Vista frontal extremidad anterior de una hembra, mostrando la abertura oral hexagonal. E. Cutícula de la región anterior de un macho a nivel del poro excretor (flecha). F. Cutícula de la región al ~30% de la longitud del cuerpo, desde la parte anterior del mismo macho. G. Cutícula de la región al ~85% de la longitud del cuerpo, desde la parte anterior del mismo macho. Abreviaturas: a, anfidios; d, deiridio; cp, papila cefálica; pp, protuberancia pseudolabial; sl, sublabio.

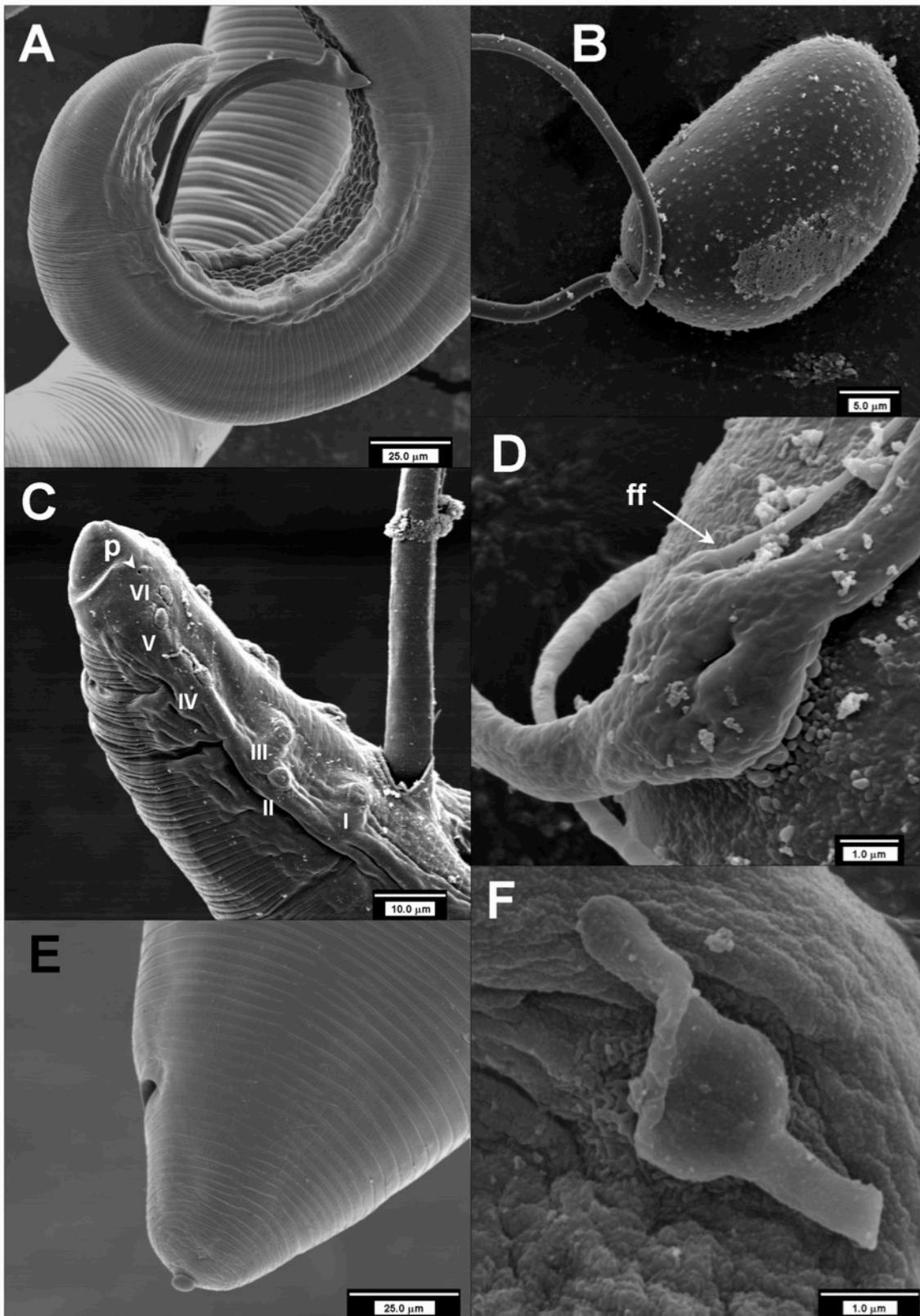


Fig.4.3. Micrografías del MEB de *Ascarophis valentina* n. sp. A. Región posterior de un macho mostrando el área rugosa, las papilas preanales y postanales y la espícula izquierda evertida. B. Huevos de la región vulvar con 2 filamentos gruesos. C. Cola del macho; vista lateroventral mostrando los 6 pares de papilas postanales (secuencialmente numeradas en un lado) y los fasmidios (p). D. Detalle del engrosamiento polar de un huevo tomado de la región vulvar, mostrando un fino filamento adicional (ff). E. Región posterior de una hembra, vista lateral. F. Detalle del engrosamiento polar en un huevo inmaduro, mostrando 2 filamentos gruesos no desarrollados.

Actualmente no existen datos cuantitativos obtenidos mediante MEB para comparar otras especies de *Ascarophis* con el nuevo taxón, probablemente a causa de limitaciones muestrales y/o de los métodos tan específicos de procesar las muestras en el MEB. Por ello, decidimos no incluir esta información en la descripción de la especie. Sin embargo, se elaboró una tabla adicional con los datos del MEB (Tabla 4.1), ya que es muy probable que en un futuro se acumulen muchos más datos de este tipo, como en otros estudios morfométricos. Nuestro estudio en el MEB reveló que los deiridios (~ 1,2 de longitud y 0,44 de ancho) eran bifurcados; también confirmó nuestra observación en el microscopio óptico de la forma de la parte distal de la espícula izquierda y ayudó a clarificar el número exacto y la localización de las papilas caudales de los machos. El sexto par de papilas postanales es difícil de observar en el microscopio óptico, ya que está alineado con la quinta papila y es mucho más pequeño. Esta es probablemente la causa de que un gran número de especies de *Ascarophis* estén descritas con solo 5 pares de papilas postanales (véase la revisión de Ko, 1986). Probablemente, la apariencia rugosa de los huevos puede ser también una característica común de *Ascarophis*, como sugirió Ko (1986), ya que otros autores también la han descrito e ilustrado, como Moravec *et al.* (1988) en *Ascarophis parupenei* Moravec, Orecchia y Paggi, 1988 y Ko (1986) en *Ascarophis filiformis* Polyansky, 1952.

Tabla 4.1. Datos morfométricos (en  $\mu\text{m}$ ) de *Ascarophis valentina* n. sp. obtenidos en el estudio de MEB.

Carácter	n	Media $\pm$ DT	Rango
Anchura de la región anterior (en vista frontal)	10	15,9 $\pm$ 2,8	10,8-20,7
Anchura de la región anterior al nivel de las papilas cefálicas	5	15,5 $\pm$ 0,6	14,7-16,3
Longitud de la abertura oral (diámetro en la dirección dorsoventral)	10	4,5 $\pm$ 0,9	3,1-5,5
Anchura de la abertura oral (diámetro en la dirección laterolateral)	10	3,2 $\pm$ 0,2	3,0-3,6
Longitud de los pseudolabios	15	2,4 $\pm$ 0,4	1,9-3,4
Anchura de los pseudolabios en la base	15	1,5 $\pm$ 0,2	1,3-1,9
Longitud de los lóbulos sublabiales triangulares	8	0,4 $\pm$ 0,1	0,3-0,5
Longitud de las papilas cefálicas	8	1,8 $\pm$ 0,3	1,4-2,2
Anchura de las papilas cefálicas	8	0,6 $\pm$ 0,1	0,4-0,7
Anchura de las papilas preanales más pequeñas <sup>1</sup>	3	3,6 $\pm$ 0,3	3,3-3,8
Anchura de las papilas preanales más grandes	4	4,6 $\pm$ 0,6	4,2-5,5
Anchura de las papilas postanales más pequeñas <sup>2</sup>	6	2,9 $\pm$ 0,2	2,7-3,2
Anchura de las papilas postanales más grandes	8	3,6 $\pm$ 0,2	3,3-3,8

<sup>1</sup>Primero y tercer par

<sup>2</sup>Quinto y sexto par

La presencia o ausencia de filamentos en los huevos y el tamaño de éstos variaban con el grado de desarrollo del huevo. Los huevos inmaduros que se encontraban en una etapa temprana del desarrollo (situados en los extremos más anteriores del útero), poseían un engrosamiento polar, pero carecían de filamentos; los que estaban cercanos a la vagina poseían 2 filamentos gruesos pero cortos (Fig.4.3.F). La gran mayoría de los huevos con larva presentaban solo 2 filamentos polares largos (~ 100, hasta 3 veces más largos que la longitud de los huevos) y gruesos (1,0-2,0). Sin embargo, en 3 ocasiones (2 huevos en las preparaciones en solución salina observadas al microscopio óptico y un huevo en el estudio

del MEB), se observó un filamento fino adicional (longitud ~50, es decir, 1,5 veces la longitud de los huevos; anchura 0,39-0,45, véase Figs.4.1.E,4.3.D). En las fotos del MEB de mayor aumento, el filamento fino parecía originarse del engrosamiento polar casi al mismo nivel que los filamentos gruesos (Fig.4.3.D). Aunque este filamento fino podía ser observado con microscopía óptica, su presencia era tan infrecuente que se decidió no tenerlo en cuenta en este estudio. Por lo tanto, consideramos que la presencia de los 2 filamentos largos y gruesos que se originaban en el engrosamiento polar de un único lado del huevo era el rasgo típico de *A. valentina*.

Del grupo de especies de *Ascarophis* que presentan sólo un engrosamiento polar con filamentos, la especie que más se parece *A. valentina* n. sp. es *A. capelanus* Nikolaeva y Naidenova, 1964, descrita en *Trisopterus minutus capelanus* L. (Perciformes, Gadidae) en el golfo de León. Ambas especies poseen una longitud parecida de la espícula izquierda y un tamaño y morfología de los huevos muy similar (también poseen 2 filamentos largos) (Nikolaeva y Naidenova, 1964). Sin embargo, *A. capelanus* es una especie mucho más pequeña (casi dos veces más pequeña, considerando las medias), con un esófago corto, pero cuya proporción en relación a la longitud del cuerpo es mayor (un 26,3-39,6% en comparación con un 16,5-33,1%; medias: un 39,4% en comparación con el 19,0% en machos y un 25,3% en comparación con el 19,5% en hembras, véase la Tabla 4.2). Igualmente, las dos partes del esófago, muscular y glandular, muestran esta diferencia (Tabla 4.2). Además, la distancia de la vulva al extremo anterior es mucho menor en *A. capelanus*, probablemente debido al tamaño más pequeño de la hembra, pero su posición es más anterior (V/LC: un 59,3-63,1% [62,5%] en comparación con un 69,8-79,5% [74,3%] para *A. capelanus* y *A. valentina*, respectivamente). Además, el rango de la longitud de la espícula izquierda en *A. capelanus*, aunque similar, es más pequeño que el rango mínimo observado en el presente material de estudio (*A. capelanus*, 357-403 en comparación con el de *A. valentina*, 407-466). El rango de las ratios de la longitud de las espículas tampoco se solapa (1:4,0-4,3 [4,1] en *A. capelanus*, 1:4,6-6,2 [5,3] en *A. valentina*). Desgraciadamente, la descripción de los machos de *A. capelanus* está basada sólo en 3 especímenes.

Hasta ahora se han descrito sólo tres especies de *Ascarophis* en peces de la familia Mullidae. Una de ellas, *A. mullusi* Naidenova y Nikolaeva, 1968, descrita en el salmonete de roca en el Mar Egeo y en el de fango en el Adriático (no hay hospedador ni localidad tipo en la descripción original; véase (Naidenova y Nikolaeva, 1968), se caracteriza por presentar un engrosamiento en cada polo del huevo, y muchos filamentos en los dos polos (nunca menos de 12 ó 13). Además, las espículas de *A. mullusi* son más pequeñas (la izquierda: 322 en comparación con 440; la derecha: 68 en comparación con 83), la ratio de longitud de las espículas es menor (1:4,7 comparado con 1:4,6-6,2 [5,3]) y la vulva está localizada más anteriormente (V/LC 59,1-65,9% comparada con 69,8-79,5%).

Tabla 4.2. Datos morfométricos comparativos de *Ascarophis valentina* n. sp., parásito del salmónete de roca de Burtiana y Santa Pola (Mediterráneo español: presente estudio) y *Ascarophis capelanus* Nikolaeva y Naidenova, 1964, parásito de *Trisopterus minutus capelanus* del golfo de León (Mediterráneo) (Nikolaeva y Naidenova, 1964).

	<i>Ascarophis valentina</i>						<i>Ascarophis capelanus</i>					
	Machos			Hembras			Machos (n=3)			Hembras (n=7)		
	n	Media±DT	Rango	CV (%)	n	Media±DT	Rango	CV (%)	Media	Rango	Media	Rango
Longitud del cuerpo (mm)	15	8,04±1,09	6,17-9,78	13,5	15	13,22±0,95	11,03-14,74	7,2	4,64	3,59-5,58	7,84	5,73-11,1
Anchura máxima del cuerpo (µm)	15	99±19	60-129	19,1	15	131±13	109-164	10,0	67	59-78	75	59-109
Anchura a nivel del anillo nervioso (µm)	15	53±7	40-67	13,8	15	57±3	52-63	5,6	51	40-59	56	50-71
Anchura a nivel del ano (µm)	12	53±7	43-68	13,0	14	61±10	42-83	16,8	59	53-65	59	47-68
Longitud de la cápsula bucal (µm)	15	121±10	108-138	8,6	15	132±26	92-209	19,5	120	118-124	113	90-133
Anillo nervioso (µm) <sup>1</sup>	15	157±11	138-175	7,2	15	166±31	104-246	18,8	152	146-155	146	112-180
Poros excretor (µm) <sup>1</sup>	10	239±22	200-263	9,2	9	251±28	213-284	11,3	216	205-226	179	136-233
Longitud del esófago muscular (µm)	15	337±59	259-471	17,5	15	369±73	267-500	19,8	274	260-282	299	248-366
LEM/LC (%)	15	4,2±0,5	3,4-4,9	12,0	15	2,8±0,5	2,0-3,9	19,5	6,1 <sup>2</sup>	5,1-7,8 <sup>2</sup>	3,8 <sup>2</sup>	3,3-4,3 <sup>2</sup>
Longitud del esófago glandular (µm)	15	1996±326	1314-2,502	16,3	15	2198±186	1918-2598	8,5	1371	1122-1620	1683	1305-2550
LEG/LC (%)	15	24,8 ± 2,5	20,8-28,7	10,0	15	16,7±1,6	14,4-20,2	9,7	32,8 <sup>2</sup>	31,3-34,2 <sup>2</sup>	21,5 <sup>2</sup>	23,0 <sup>2</sup>
Longitud del esófago total (µm)	15	2333 ± 361	1589-2848	15,5	15	2566±202	2206-2998	7,9	1641 <sup>2</sup>	1401-1880 <sup>2</sup>	1982 <sup>2</sup>	1553-2916 <sup>2</sup>
LE/LC (%)	15	19,0±2,5	25,2-33,1	8,7	15	19,5±1,7	16,5-23,1	8,7	39,4 <sup>2</sup>	39,1-39,6 <sup>2</sup>	25,3 <sup>2</sup>	26,3-27,1 <sup>2</sup>
LEG/LEM (%)	15	6,0±1,0	4,8-8,1	16,5	15	6,2±1,3	4,1-8,8	20,4	5,1 <sup>2</sup>	4,0-6,2 <sup>2</sup>	5,6 <sup>2</sup>	5,3-7,0 <sup>2</sup>
Cola (µm)	13	111±17	81-132	15,0	15	53±13	25-79	23,9	78	78	52	43-59
Longitud espícula derecha (µm)	15	83±6	72-98	7,6	-	-	-	-	90	87-93	-	-
Longitud espícula izquierda (µm)	15	440±18	407-466	4,0	-	-	-	-	378	357-403	-	-
LEI/LED (%)	15	5,3±0,4	4,6-6,2	7,0	-	-	-	-	4,1 <sup>2</sup>	4,0-4,3 <sup>2</sup>	-	-
Vulva <sup>1</sup> (mm)	-	-	-	-	14	9,9±0,8	8,0-11,7	8,2	-	-	4,9	3,4-7,0
V/LC (%)	-	-	-	-	14	74,3±3,0	69,8-79,5	4,0	-	-	62,5 <sup>2</sup>	59,3-63,1 <sup>2</sup>
Longitud del huevo (µm)	-	-	-	-	25	34±1,5	32-37	4,5	-	-	34	34-35
Anchura del huevo (µm)	-	-	-	-	25	22±0,9	21-23	4,2	-	-	23	22-23

<sup>1</sup>Distancia desde la extremidad anterior.

<sup>2</sup>Calculado de datos publicados (Nikolaeva y Naidenova, 1964) (valores individuales de un macho, media y rango para las hembras)

Las otras dos especies restantes de *Ascarophis* de la familia Mullidae descritas en el océano Índico, *Ascarophis upenei* Parukhin, 1978, en *Upeneus vittatus* (Forsskål) y *A. parupenei* en *Parupeneus indicus* (Shaw), carecen de filamentos en los huevos. Además, *A. upenei* se puede distinguir de *A. valentina* por el gran tamaño de sus dos espículas (izquierda: 450-580 frente 407-466; derecha: 110 frente 86), por una distancia más corta entre la vulva y la región anterior en ejemplares de tamaños comparables (5,8-7,3 mm frente 8,0-11,7 mm), una posición más anterior de la vulva (situada a 47,5-57,7% del cuerpo frente a 69,8-79,5%), y los huevos ligeramente más pequeños (26-33 comparado con 32-37).

*Ascarophis parupenei* posee un esófago glandular mucho más grande (3260-4600 comparado con 1314-2598), representando una proporción mucho más grande en ejemplares de tamaños similares. No obstante, la longitud del esófago muscular se encuentra cercana al rango mínimo de *A. valentina*, tanto para machos como para hembras, generando una gran diferencia en las ratios de la longitud del esófago entre la parte glandular y la muscular (1:13,0-16,0 comparado con 1:4,1-8,8). La longitud total del esófago en *A. parupenei* sobrepasa notablemente el límite máximo observado en nuestro material (3470-4885 frente a 1589-2998), constituyendo el 51,0-52,2% de la longitud del cuerpo en los machos (comparado con el 25,2-33,1% en machos de *A. valentina*) y el 30,8-31,8% en las hembras (comparado con el 16,5-23,1% en hembras de *A. valentina*). Por último, *A. parupenei* se describió con un área rugosa poco desarrollada, las dos espículas muy grandes (izquierda: 533-600 en comparación con 407-466; derecha 150-171 comparada con 72-98), y la ratio de su longitud más pequeña (1:3,17-4,0 frente a 1:4,6-6,2).

Todas las diferencias mencionadas anteriormente justifican la erección de esta nueva especie.

## Discusión

*Ascarophis*, con sus 53 especies nominales, es probablemente un ejemplo de un género amplio para cisticópidos pequeños, filiformes y con la cutícula estriada que se encuentran en el tracto gastrointestinal de un gran número de especies de peces en todo el mundo (existen al menos 44 citas documentadas, véase la Tabla 4.3). La morfología sencilla y la relativa homogeneidad de las especies de este género proporcionan pocos caracteres útiles para la identificación de especies (Ko, 1986). La revisión de Ko (1986) clarificó en gran medida la taxonomía de las especies de *Ascarophis* ya que se basó en el reexamen del material tipo y abundante material de comparación, y aportó datos obtenidos del MEB de muchas especies y reevaluó todas las descripciones publicadas hasta la fecha. Este autor proporcionó una detallada diagnosis del género y una clave para las especies de *Ascarophis* basada en la morfología del huevo y en la longitud de la espícula izquierda. Las 33 especies de *Ascarophis* consideradas válidas actualmente (Ko, 1986; Moravec *et al.*, 1988; Moravec *et al.*, 1995; González-Solís *et al.*, 2002) pueden organizarse en 3 grupos según la morfología de los huevos: 1) especies con 2 o numerosos filamentos en un único polo (9

especies); 2) especies con filamentos en ambos polos (12 especies), y 3) especies sin filamentos en los huevos (10 especies; Tabla 4.3) Aunque Ko sugirió que *A. extalicola* Appy, 1981 y *A. collaris* Petter, 1970 pertenecían a otro género, estas especies están incluidas provisionalmente en este último grupo ya que hasta la fecha no se ha sugerido su transferencia a otro género.

El material de este estudio posee la gran mayoría de las características asociadas al género *Ascarophis* y, además, presenta diferencias con las otras especies congénéricas por la longitud de su espícula izquierda y la morfología de los huevos, por lo que pensamos que representan una nueva especie. Probablemente, los rasgos más característicos de esta nueva especie, ilustrados en el estudio con el MEB, son los relativos a las estructuras cefálicas. A este respecto, *A. valentina* tiene un gran parecido con las especies *A. ayalai*, una especie perteneciente al grupo 2 (Tabla 4.3; (González-Solís *et al.*, 2002)) y *A. mexicana*, una especie perteneciente al grupo 1 (Tabla 4.3, (Moravec *et al.*, 1995)), datos de MEB no publicados), debido a la gran reducción de los pseudolabios y los labios submediales. Parece ser que la variación de la morfología de las estructuras cefálicas dentro del género *Ascarophis* es más amplia de lo que se creía inicialmente. Sin embargo, pensamos que esta impresión debería corroborarse cuando se obtengan más observaciones realizadas con MEB. Además, los análisis moleculares podrían ayudar a resolver las relaciones existentes entre las especies asignadas al género *Ascarophis*.

Tabla 4.3. Lista de especies de *Ascarophis* considerados válidas, con los datos de la longitud de espícula izquierda (medias en paréntesis), hospedador y localización geográfica.

Especie	Longitud espícula izquierda (µm)	Hospedador	Localidad	Referencia
1. Filamentos con un único polo <u>Dos filamentos</u>				
<i>A. capelanus</i> Nikolaeva y Naidenova, 1964	357-403	<i>Trisopterus minutus</i>	Mediterráneo (Golfo de León)	Nikolaeva y Naidenova (1964)
<i>A. epinepheli</i> Wang, 1984	175	<i>Epinephelus awoara</i>	Mar de la China oriental (Pingtan County, China)	Wang (1984)
<i>A. filiformis</i> Polyansky, 1952	270-340 359-376	<i>Gadus morhua</i> y <i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Mar de Barents	Polyanski (1952)
<i>A. holocentri</i> Parukhin, 1984	271-392 (328)	<i>G. macrocephalus</i>	Mar de Japón	Zhukov (1960)
<i>A. mexicana</i> Moravec, Salgado-Maldonado y Vivas-Rodriguez, 1995	2.300	<i>G. morhua</i>	NO Atlántico (Bahía de Fundy)	Appy (1981)
<i>A. minuta</i> Ko, 1985	1.580-2.005	<i>Sargocentron spiniferum</i> y <i>S. punctatissimum</i>	O Atlántico (Golfo de Méjico)	Parukhin (1984)
<i>A. morrhuae</i> van Beneden, 1871	183-250 (218) 180-250	<i>Epinephelus morio</i> y <i>E. adscensionis</i>		Moravec et al. (1995)
<i>A. sebastodis</i> Olsen, 1952	Sólo hembras 740-790 (765)	<i>Sebasticus marmoratus</i>	Mar de la China meridional	Ko (1986)
<i>A. slankisi</i> Solov'eva, 1987	500-590	<i>Sebasticus marmoratus</i>	Mar de la China meridional	Ko et al. (1985)
<i>A. valentina</i> n. sp.	135 156-268 407-466 (440)	<i>S. marmoratus</i> <i>Chelidonichthys lastoviza</i> <i>Mullus sumuletus</i>	Mar de la China meridional NE Atlántico (Sur de Inglaterra) Mediterráneo (España)	Baylis (1933) Ko (1986) Polyanski (1952) Ko (1986) Solov'eva (1987) Estudio actual
1.2. <u>Muchos filamentos</u>				
* <i>A. extalicola</i> Appy, 1981	276-359 (313)	<i>G. morhua</i> y <i>Myoxocephalus octodecemspinosus</i>	NO Atlántico (Bahía de Fundy y Passamaquoddy)	Appy y Datswell (1981)
<i>A. japonica</i> Zhukov, 1960	272-305	<i>Agonomalus jordani</i> y otros peces	Mar de Japón	Zhukov (1960)
2. Filamentos en ambos polos				
<i>A. arctica</i> Polyansky, 1952	500-780 680-980 (775)	<i>Zoarces viviparus</i> <i>Trigloporus quadricornis</i> y <i>Z. viviparus</i>	Mar de Barents Mar Báltico	Polyanski (1952) Fagerholm y Berland (1988)
<i>A. ayalai</i> Caballero, 1975	585-882 (808) 122-141	<i>G. morhua</i> <i>Hexanematichthys assimilis</i>	NO Atlántico (Western Bank y Brown's Bank) Mar Caribe (Bahía de Chetumal, México)	Appy (1981) González-Solis et al. (2002)
<i>A. curvicauda</i> Zhukov, 1960	Sólo hembras 590-670	<i>Hexagrammos octogrammus</i> <i>Pholidapus dybowskii</i> y otros peces	Mar de Okhotsk Mar de Okhotsk	Zhukov (1960) Zhukov (1960)

Especie	Longitud espícula izquierda (µm)	Hospedador	Localidad	Referencia
<i>A. pontica</i> Nikolaeva, 1970	360-495	<i>Scorpaena porcus</i> , <i>Sciaena umbra</i>	Mar Negro	Nikolaeva (1970)
<i>A. marina</i> (Szidat, 1961) Ivanov, Navone y Martorelli, 1997	489 (405-600)	<i>Urophycis brasiliensis</i> y <i>Parona signata</i>	SO Atlántico (Puerto Quequén y Mar del Plata, Argentina)	Ivanov et al. (1997)
<i>A. mullusi</i> Naidenova y Nikolaeva, 1968	322	<i>Mullus barbatus</i> y <i>M. surmuletus</i>	Mar Adriático	Naidenova y Nikolaeva (1968)
<i>A. prosper</i> Naidenova, Dolgikh y Nikolaeva, 1969	416-462	<i>Gaidropsarus mediterraneus</i> y <i>Mesogobius batrachocephalus</i>	Mar Negro	Naidenova et al. (1969)
<i>A. skryabini</i> (Layman, 1933)	221-378 250-311	<i>Z. viviparus</i> <i>Salmothymus obtusirostris</i>	Océano Pacífico Drenaje del Mar Adriático	Polyanski (1952) Moravec (1994) (en Cankovic et al., 1966)
3. Sin filamentos				
<i>A. brasiliensis</i> Pinto, Vicente y Noronha, 1984	340-390	<i>Trachinotus carolinus</i>	SO Atlántico (Río de Janeiro)	Pinto et al. (1984)
* <i>A. collaris</i> Petter, 1970	560	<i>Phycis biennoides</i>	NE Atlántico (España)	Ko (1986)
† <i>A. cooperi</i> Johnston y Mawson, 1945	310-320	<i>Platycephalus bassensis</i>	Océano Índico (Bahía de Rapid, Australia)	Johnston y Mawson (1945)
<i>A. crassicollis</i> Dollfus y Campana-Rouget, 1956	385	<i>Gadus luscus</i>	NE Atlántico (La Rochelle, Francia)	Dollfus y Campana-Rouget (1956)
<i>A. distorta</i> Fusco y Overstreet, 1978	620-660	<i>Chaetodon paucifasciatus</i>	Mar Rojo (Golfo de Eilat, Israel)	Fusco y Overstreet (1978)
<i>A. girellae</i> (Yamaguti, 1935)	400 460	<i>Girella punctata</i>	NO Pacífico (Japón)	Yamaguti (1935) Ko (1986)
<i>A. gymnocranii</i> (Yamaguti, 1935)	sólo hembras	<i>Gymnocranius griseus</i>	NO Pacífico (Japón)	Yamaguti (1935)
<i>A. parupenei</i> Moravec, Orecchia y Paggi, 1988	533-600	<i>Parupeneus indicus</i>	Océano Índico (cerca de Somalia)	Moravec et al. (1988)
<i>A. upenei</i> Parukhin, 1978	450-580	<i>Upeneus vittatus</i>	Océano Índico (Bahía Monarsk)	Parukhin (1978)
<i>A. upeneichthys</i> Johnston y Mawson, 1945	260	<i>Upeneichthys porosus</i>	Océano Índico (Gran Bahía Australiana)	Johnston y Mawson (1945)

\* Asignación en el género *Ascarophis* cuestionable (véase Ko, 1986).

† Ko (1986) observó filamentos en el material paratipo, pero no especificó su número y distribución.

## REFERENCIAS

- Appy, R. G. (1981). Species of *Ascarophis* van Beneden, 1870 (Nematoda: Cystidicolidae) in North Atlantic fishes. *Canadian Journal of Zoology*, 59, 2193-2205.
- Appy, R. G. and Dadswell, M. J. (1981). Marine and estuarine piscicolid leeches (Hirudinea) of the bay of fundy and adjacent waters with a key to species. *Canadian Journal of Zoology*, 59, 183-192.
- Baylis, H. A. (1933). The nematode genus *Ascarophis* van Beneden. *Annals and Magazine of Natural History*, 11, 112-117.
- Cankovic, M., Delic, S., Kiskarolj, M., and Rukavina, J. (1968). *Parazitofauna slatkovodnih riba Bosne i Hercegovine*. Sarajevo: Akademija Nauka i Umjetnosti Bosne i Hercegovine.
- Dollfus, R. P. and Campana-Rouget, Y. (1956). Une nouvelle espèce d'*Ascarophis* (Nematoda, Spirurinae) chez *Gadus luscus* L. Révision de genre. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 31, 385-404.
- Fagerholm, H.-P. and Berland, B. (1988). Description of *Ascarophis arctica* Poljansky, 1952 (Nematoda: Cystidicolidae) in Baltic sea fishes. *Systematic Parasitology*, 11, 151-158.
- Fusco, A. C. and Overstreet, R. M. (1978). *Ascarophis distortus*, a new spiruroid nematode from a chaetodontid fish in the northern Red Sea. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 91, 374-478.
- González-Solís, D., Moravec, F., Vidal-Martínez, V. M., and Aguirre-Macedo, M. L. (2002). Redescription of *Ascarophis ayalai* (Nematoda: Cystidicolidae) from the Mayan sea catfish *Ariopsis assimilis* from the bay of Chetumal, Quintana Roo, Mexico. *Comparative Parasitology*, 69, 66-71.
- Holloway, H. L., Klewer, H. L., and Husain, A. (1967). Notes on the genus *Ascarophis* Beneden, 1871 in Antarctic fishes. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 34, 222-227.
- Ivanov, V. A., Navone, G. T., and Martorelli, S. R. (1997). *Ascarophis marina* n. Comb. (Nematoda: Cystidicolidae) from the fishes *Parona signata* (Carangidae) and *Urophycis brasiliensis* (Gadidae) in the Southwestern Atlantic. *Journal of Parasitology*, 83, 917-921.
- Johnston, T. H. and Mawson, P. M. (1945). Some parasitic nematodes from South Australian fishes. *Transactions of Royal Society of South Australia*, 69, 114-117.
- Ko, R. C. (1986). A preliminary review of *Ascarophis* (Nematoda) of fishes. Hong Kong, Department of zoology, University of Hong kong. 1-54.
- Ko, R. C., Margolis, L., and Machida, M. (1985). *Pseudascarophis kyphosi* n.gen. n.sp. (Nematoda:Cystidicolidae) from the stomach of the fish *Kyphosus cinerascens* (Forsk.) from Japan. *Canadian Journal of Zoology*, 63, 2684-2688.
- Moravec, F. (1994). *Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe, Inst. of notes on their distribution*. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers.
- Moravec, F., Orecchia, P., and Paggi, L. (1988). Three interesting nematodes from the fish *Parupeneus indicus* (Mullidae, Perciformes) of the Indian Ocean, including a new species, *Ascarophis parupenei* sp. n. (Habronematoidea). *Folia Parasitologica*, 35, 47-57.
- Moravec, F., Salgado-Maldonado, G., and Vivas-Rodriguez, C. (1995). *Ascarophis mexicana* n. sp. (Nematoda: Cystidicolidae) from two species of *Epinephelus* (pisces) from the Gulf of Mexico in Southeastern Mexico. *Journal of Parasitology*, 81, 952-955.
- Naidenova, N. N., Dolgikh, A. V., and Nikolaeva, V. M. (1969). *Ascarophis prosper* n. sp. from fish in the Black Sea. *Doklady Akademii Nauk Ukrainskoy RSR*, 4, 362-364.
- Naidenova, N. N. and Nikolaeva, V. M. (1968). On the nematode fauna of some benthic fishes of the Mediterranean basin. *Biologiya Morya*, 14, 63-82.
- Nikolaeva, V. M. (1970). *Ascarophis pontica* n. sp. a nematode from Black Sea fish. *Nauchnye Doklady Vysshei Shkoly, Biologicheskie Nauki*, 6, 5-8.

- Nikolaeva, V. M. and Naidenova, N. N. (1964). Nematodes of pelagic and benthopelagic fishes of the seas of the Mediterranean basin. *Trudy Sevastopol'skoi Biologicheskoi Stantsii*, 17, 125-158.
- Parukhin, A. M. (1978). New species of nematodes from Indian Ocean fish. *Materialy Nauchnoi Konferentsii Vsesoyuznogo Obshchestva Gel'mintologov (Biologicheskoe Osnovy bor'by s Gel'mintozami Cheloveka i Zhivotnykh)*, 30, 125-129.
- Parukhin, A. M. (1984). New species of nematodes from fish of the southern seas. *Parasites of animal and plants, Vladivostok* (pp. 40-43). Vladivostok, USSR: Akademiya Nauk SSR, Dal'nevostochnyi Nauchnyi Tsentr, Biologo-Pochvennyi Institut.
- Pinto, R. M., Vicente, J. J., and Noronha, D. (1984). First report of *Ascarophis* van Beneden, 1871: *A. brasiliensis* n. sp. (Nematoda, Ascarophidinae) and *Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai* Annereaux, 1946 (Nematoda, Procamallaninae) in South America. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 79, 491-494.
- Polyanski, Y. I. (1952). Some new and little known parasitic nematodes of the intestine of marine fishes. *Trudy Zoologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR*, 12, 133-147.
- Solov'eva, G. F. (1987). A new nematode *Ascarophis slankisi* n. sp. (Spirurina, Rhabdochoniidae) from deep-sea fishes in the Pacific Ocean. *Gelminty i Vyzyvaemye imi Zabolevaniya*, 60-61.
- Spassky, A. A. and Rakova, V. M. (1958). Nematode fauna of fish of the Pacific. Work of the expeditions of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. (1945-1957) Moscow. *Raboty Ekspeditsii GelanSSSR (1945-1957)*, 121-120
- Wang, P. Q. (1984). Some nematodes of fishes from Fujian Province, China. *Acta Zootaxon Sin*, 9, 228-237.
- Yamaguti, S. (1935). Studies of the helminth fauna of Japan, part 9. I. Nematodes of fishes. *Japanese Journal of Zoology*, 6, 384-385.
- Zhukov, E. V. (1960). Endoparasitic worms of the fishes in the Sea of Japan and South-Kuril shallow-waters. *Trudy Zoologicheskogo Instituta*, Leningrad, 28, 3-146.



**Capítulo 5. Variabilidad  
morfológica de *Aponurus mulli*  
(Digenea): implicaciones  
taxonómicas**



## Introducción

*Aponurus laguncula* fue descrita por primera vez en el pez aguja (*Belone belone*) en Trieste (región central del Mediterráneo) por Looss en 1907. Desde entonces se han registrado especímenes identificados como *A. laguncula* en 75 especies de teleósteos marinos, y una especie de agua dulce, de 9 órdenes y 34 familias; la familia Carangidae es la que más hospedadores de esta especie presenta (~15), seguida de la familia Platycephalidae (5), Scombridae (4) y Sparidae (4) (Tabla 5.1). *Aponurus laguncula* se ha citado de forma mayoritaria en zonas tropicales y templadas de todo el mundo, aunque también se ha registrado en aguas más frías como las del Canal de la Mancha (Bray y Mackenzie, 1990) y Patagonia (Szidat, 1961). Además, algunos autores (Bray y Mackenzie, 1990) han señalado que muchas de las especies actualmente descritas dentro del género *Aponurus* podrían ser sinónimos de *A. laguncula*, lo que podría incrementar todavía más el rango de hospedadores y la distribución geográfica de esta especie. Aparentemente, pues, *A. laguncula* parece exhibir una escasa especificidad por su hospedador definitivo. Sin embargo, la cuestión que surge es si bajo el nombre de *A. laguncula* se halla una única especie cosmopolita o si se trata en realidad de un complejo de especies crípticas (Bray y Mackenzie, 1990).

Conscientes de este problema, Carreras-Aubets et al. (2011) recientemente examinaron especímenes inicialmente identificados como *A. laguncula* que habían recolectado en salmonetes de fango y de roca en las costas mediterráneas españolas. Estos autores realizaron un análisis morfológico comparativo de su material con 4 especímenes de *A. langucula* obtenidos del pez araña (*Trachinus draco*) y 1 espécimen obtenido en una boga, (*Boops boops*) del Mediterráneo, así como 13 especímenes obtenidos de arenques (*Clupea harengus*) en el Atlántico Norte. Carreras-Aubets et al. (2011) llegaron a la conclusión de que los especímenes encontrados en los salmonetes pertenecían a una nueva especie críptica de *Aponurus*, *A. mulli*, basándose en el siguiente conjunto de rasgos diagnósticos: (1) cuerpo de mayor tamaño y más esbelto, con la anchura máxima a nivel de la ventosa ventral; (2) mitad anterior de cuerpo más corta; mayor tamaño del *sinus-sac*, del receptáculo seminal y de la vesícula seminal, siendo ésta última también más esbelta; *pars prostatica* vesicular; glándulas vitelógenas localizadas más anteriormente, formadas por 8 folículos globulares, y huevos más pequeños con ambos polos redondeados.

Como en el caso de *A. mulli*, las descripciones de las especies de *Aponurus* se han basado generalmente en ligeras diferencias morfológicas, especialmente morfométricas, de los especímenes. Por ejemplo, Srivastava (1939) describió dos especies de *Aponurus*, *A. bengalensis* y *A. breviformis*, de un mismo hospedador (*Terapon puta*) que diferían sólo por la anchura corporal, la posición de los testículos y el tamaño de los huevos. Ambas especies eran también muy similares a *A. laguncula*, de la que sólo se diferenciaban por tener los testículos simétricos y una bolsa del cirro más pequeña (en *A. bengalensis*), o los huevos y la bolsa del cirro más pequeños (en *A. breviformis*) (Srivastava, 1939). Otros autores describieron 6 especies de *Aponurus* que eran muy similares a *A. laguncula*, pero diferían por el tamaño del cuerpo y por la disposición y morfometría de ciertos órganos internos (Yamaguti, 1934; Yamaguti, 1938; Yamaguti, 1952; Yamaguti, 1953; Bray y Mackenzie, 1990).

El tamaño y la morfología de una misma especie de digeneo pueden variar potencialmente dependiendo de una amplia variedad de factores, tales como la especie hospedadora, el hospedador individual o la región geográfica (véase la Discusión). Por ello, identificar los límites de variación intra e interespecifica es crítico a la hora de erigir nuevas especies (Kostadinova y Gibson, 2000). Hasta donde sabemos, la mayoría de estudios de taxonomía tradicional ha prestado una atención relativa a los efectos de la especie hospedadora y la localidad geográfica, pero generalmente ha ignorado la variación asociada al individuo hospedador. Por ejemplo, para la erección de *Aponurus mulli*, Carreras-Aubets et al. (2011) combinaron en un único análisis datos morfométricos de ejemplares de un número indeterminado de peces de dos especies hospedadoras que habían sido muestreados en 5 localidades (la distancia máxima entre ellas era de alrededor de 500 km). Aunque la secuencia parcial del RNA 28S obtenida de sendos especímenes de *A. mulli* de salmonete de fango y de roca fueron idénticas, parece necesario evaluar el grado de variación morfométrica de esta especie antes de asignar un valor diagnóstico a ciertos rasgos.

En este estudio comparamos la variación morfométrica entre individuos de *A. mulli* de la misma especie hospedadora, el salmonete de roca (*Mullus surmuletus*) de la misma localidad, y entre individuos de la misma especie hospedadora pero en distintas localidades cercanas (aprox. 300 km). Nuestro objetivo no es discutir si la erección de *A. mulli* está justificada, sino evaluar, de forma más general, cuál es el efecto relativo de los factores antedichos en la morfología de una especie de digeneo “típica” de teleósteos. Dada la similitud morfológica entre *A. mulli* con *A. laguncula*, también consideramos interesante comparar especímenes de ambas especies de diferentes regiones geográficas de todo el mundo. Este análisis incluye el autotipo de *A. laguncula*, que no fue considerado en el estudio de Carreras-Aubets et al. (2011).

## **Materiales y métodos**

### **Muestras**

#### ***Variabilidad intraespecífica en M. surmuletus del Mediterráneo español***

Se recogieron salmonetes de roca en junio del 2003 de 3 localidades del Mediterráneo español: Barcelona, Burriana y Santa Pola (véase la Fig.2.1 del Capítulo 2). De todos los salmonetes infectados con *A. mulli* se escogieron al azar 11 peces de Barcelona (con una n= 37 especímenes *A. mulli*), 18 de Burriana (n= 30) y 10 de Santa Pola (n= 34). Todos los vermes fueron fijados en etanol al 70%, teñidos en acetocarmín férrico (Georgiev et al., 1986), deshidratados a través de una cadena de etanol de gradación creciente (de 70% a 100%), aclarados en ftalato de dimetilo y montados en preparaciones con bálsamo de Canadá.

Tabla 5.1. Registro de *Aponurus laguncula* en diferentes hospedadores definitivos y localidades

Familia	Hospedador Definitivo	Localidad	Referencia	
Atheronipidae	<i>Membras vagrans</i>	Luisiana ( Atl. Central O)	10	
Batrachoididae	<i>Halophryne</i> sp.	California (Pacífico E)	8	
Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	Japón	49	
	<i>Belone belone</i> (=B. acus)	Mediterráneo, Mar Negro	1,2,3,45, 6	
Callionymidae	<i>Callionymus limiceps</i>	Queensland (Pacífico SE)	41	
Carangidae	<i>Alepes djedaba</i>	Israel (Mar Mediterráneo)	29	
	<i>Atropus atropus</i>	Mar de la China Meridional, Índico	14,26	
	Carangidae sp. 1	Mar de la China Meridional	14	
	<i>Carangoides equula</i>	Océano Índico	26	
	<i>Caranx</i> sp.	Océano Índico	26	
	<i>Caranx lugubris</i>	Océano Índico	26	
	<i>Lichia amia</i>	Mar Adriático	1,2	
	<i>Megalaspis</i> sp.	Sulawesi (Pacífico Central E)	9	
	<i>Megalaspis cordyla</i>	Mar de la China Meridional, Índico	14,26	
	<i>Parastromateus niger</i>	Pacífico NO, Atl. NE	20,37	
	<i>Selar crumenophthalmus</i>	Mar de la China Meridional, Índico	14,26	
	<i>Seriolina nigrofasciata</i>	Mar de la China Meridional, Índico	14,26	
	<i>Trachinotus ovatus</i>	Israel, Ghana (Atl. Central E)	29,32,22	
	<i>Trachinotus rhodopus</i>	México (Pacífico Central E)	5	
	<i>Trachurus lathami</i>	Brasil (Atl. SO)	36	
	Centracanthidae	<i>Spicara maena</i>	Mar Adriático	2
	Clupeidae	<i>Clupea harengus harengus</i>	Canal de la Mancha (Atl. NE)	40
<i>Dussumieria elopsoides</i>		China (Pacífico NO)	20	
<i>Sardinella</i> sp.		China (Pacífico NO)	20	
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus semilaevis</i>	Mar China oriental/ Mar Amarillo	43	
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Mar Adriático	1,2	
Ephippidae	<i>Chatodipterus faber</i>	Atl. Central Oeste y Atl. SO	11,13,19,24,35,36	
	<i>Chatodipterus zonatus</i>	México (Pacífico Central Este )	47	
	<i>Drepane punctata</i>	China (Pacífico NO)	20	
Gadidae	<i>Merlangius merlangus</i>	Mar Adriático	1,2	
Leiognathidae	<i>Leiognathus</i> sp.	China (Pacífico NO)	20	
Lethrinidae	<i>Lethrinus nebulosus</i>	Océano Índico	26	
Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i>	Atlántico NO	4	
Lutjanidae	<i>Lutjanus purpureus</i>	Mar Caribe	37	
	<i>Lutjanus synagris</i>	Mar Caribe	37	
	<i>Ocyurus chrysurus</i>	Florida (Atl. Central O)	7	
Merlucciidae	<i>Merluccius merluccius</i>	Mar Adriático	1,2	
Monacanthidae	<i>Aluterus monoceros</i>	Japón	48	
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	Japón	48	
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	Mar Mediterráneo	1,2,3,45	
	<i>Mullus surmuletus</i>	Mar Mediterráneo	1,2,3,46,53	
	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Atl. SE , Océano Índico	15, 26	
Paralichthyidae	<i>Paralichthys albigutta</i>	Bahía Apalachee (Atl. O)	13	
	<i>Paralichthys patagonicus</i>	Argentina (Atlántico SO)	12	
Platycephalidae	<i>Platycephalus bassensis</i>	Nueva Gales del Sur (Pacífico SO)	34	
	<i>Platycephalus endrachtensis</i>	Queensland ( Pacífico SE)	1	
	<i>Platycephalus fuscus</i>	Queensland ( Pacífico SE)	41	
	<i>Platycephalus longispinis</i>	Nueva Gales del Sur (Pacífico SO)	34	
	<i>Platycephalus richardsoni</i>	Nueva Gales del Sur (Pacífico SO)	34	
Percidae	* <i>Sander lucioperca</i>	Mar de Azov	28,31	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	Queensland ( Pacífico SE)	42	
Pristigasteridae	<i>Ilisha</i> sp.	China (Pacífico NO)	20	
Scatophagidae	<i>Scatophagus argus</i>	Japón (Océano Pacífico)	38,39	
Scianidae	<i>Micropogonias furnieri</i>	Brasil (Atlántico SO)	50	
	<i>Umbrina coroides</i>	Puerto Rico (Atl. Central O)	35	

Familia	Hospedador Definitivo	Localidad	Referencia
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	Mar Mediterráneo, Atl. SO	25, 36,44
	<i>Scomber scombrus</i>	Mar Mediterráneo, Atl. SO	25,40
	<i>Thunnus</i> sp.	Mar de la China Meridional	17
	<i>Thunnus thynnus</i>	Puerto Rico (Atl. O)	44
Scophthalmidae	<i>Psetta maeotica</i>	Mar de Azov	33
	<i>Scophthalmus</i> sp.	Mar de Azov	27
Serranidae	<i>Centropristis striata</i>	Bahía Apalachee (Atl. Centr. O)	13
	<i>Serranus cabrilla</i>	Mar Mediterráneo	18
Siganidae	<i>Siganus canaliculatus</i>	Golfo Pérsico	51
Sparidae	<i>Boops boops</i>	España (Atl. NO)	52
	<i>Diplodus annularis</i>	Golfo Sarónico (Mediterráneo)	25
	<i>Diplodus puntazzo</i>	Golfo Sarónico (Mediterráneo)	25
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	Golfo Sarónico (Mediterráneo)	25
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	Bahía Apalachee (Atl. Centr. O)	13
	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	Senegal (Atl Central E)	30
Terapontidae	<i>Terapon jarbua</i>	Golfo de Adén (Índico O)	21,26
	<i>Terapon theraps</i>	Mar Rojo (Océano Índico O)	16,26
Trachinidae	<i>Trachinus araneus</i>	Israel (Mediterráneo)	29
	<i>Trachinus draco</i>	Mar Mediterráneo	1,2
Triglidae	<i>Chelidonichthys lucernus</i>	Senegal (Atl. Central E)	30

\*Pez de agua dulce

Fuentes: 1. Looss (1907); 2. Looss (1908); 3. Mola (1928); 4. Linton (1940); 5. Manter (1940); 6. Osmanov (1940); 7. Manter (1947); 8. Manter y Van Cleave (1951); 9. Yamaguti (1953); 10. Sparks (1958); 11. Sidiqqi y Cable (1960); 12. Szidat (1961); Nahhas y Short (1965); 14. Parukhin (1966a); 15. Parukhin (1966b); 16. Parukhin y Solonchenko (1967); 17. Mamaev (1968); 18. Nikolaeva y Parukhin (1969); 19. Overstreet (1969); 20. Mamaev (1970); 21. Parukhin (1970); 22. Fischthal y Thomas (1971); 23. Parukhin *et al.* (1971); 24. Overstreet (1973); 25. Papotsoglou (1976); 26. Parukhin (1976); 27. Solonchenko (1976); 28. Terekhov (1976); 29. Fischthal (1980); 30. Szuks (1981); 31. Terekhov y Safrygina (1981); 32. Fischthal (1982); 33. Solonchenko (1982); 34. Hooper (1983); 35. Dyer *et al.* (1985); 36. Fernandes *et al.* (1985); 37. Velez (1987); 38. Machida (1989); 39. Nagasawa (1989); 40. Bray y MacKenzie (1990); 41. Bray *et al.* (1993); 42. Barker *et al.* (1994); 43. Shen Jiwei y Qiu Zhaozhi (1995); 44. Williams y Bunkley-Williams (1996); 45. Naidenova y Mordvinova (1997); 46. Le Pommelet *et al.* (1997); 47. Leon-Regagnon *et al.* (1997); 48. Machida y Kuramochi (1999); 49. Machida y Kuramochi (2000); 50. Pereira *et al.* (2000); 51. Nahhas y Sey (2002); 52. Pérez-del Olmo *et al.* (2007); 53. Presente estudio.

### ***Variabilidad entre A. mulli y A. laguncula de diferentes especies hospedadoras y regiones geográficas***

Para este análisis se seleccionaron al azar un total de 50 especímenes de *A. mulli* de la muestra precedente y se obtuvieron ejemplares de *A. laguncula* del Museo de Historia Natural de Londres (BM (NH)), la Colección Nacional de Parásitos de Estados Unidos (USNM) y la Colección Nacional de Helminthos de México (CNHM). Esta última muestra estaba formada por 53 ejemplares de *A. laguncula* recogidos de 12 especies de peces de 9 regiones distintas (Tabla 5.2). El material incluía dos autotipos procedentes de *Lichia amia*, ya que el holotipo de *A. laguncula* se ha perdido (véase Looss, 1907).

Tabla 5.2 Ejemplares de *Aponurus mulli* y *A. laguncula* usados en la comparación morfométrica interespecífica.

Hospedador	Localidad	Número de colección	N
<i>Mullus surmuletus</i> <sup>1</sup>	Mediterráneo español (SP)	Este estudio	50
<i>Clupea harengus</i> <sup>2</sup>	Canal de la Mancha (GBR)	BM (NH)1989.8.24.1-8	13
<i>Trachinotus ovatus</i>	Jaffa (Israel)	USNM 075074.00	3
		USNM 076441.01	1
<i>Alepes djedaba</i>	Jaffa (Israel)	Cape Coast (Ghana)	USNM 071704.00
		USNM 075075.01	2
<i>Lichia amia</i>	Trieste (Italia)	USNM 050001.00	2
<i>Platycephalus bassensis</i> <sup>3</sup>	Coffs Harbour, NSW (Australia)	BM (NH) 1979.11.27.11-20	13
<i>Platycephalus endrachtensis</i>	Moreton Bay, QLD (Australia)	BM (NH)1991.11.4.7-8	2
<i>Callionymus limiceps</i>	Moreton Bay, QLD (Australia)	BM (NH)1991.11.4.6	1
<i>Monodactylus argenteus</i>	Moreton Bay, QLD (Australia)	BM (NH) 1993.3734	1
<i>Lobotes surinamensis</i>	Woods Hole, MA (USA)	USNM 008365.00	3
<i>Chaetodipterus faber</i>	Media Luna Ref., PR (USA)	USNM 077734.00	2
* <i>Chaetodipterus faber</i>	Bahía Apalachee, FL (USA)	USNM 060088.00	1
* <i>Chaetodipterus zonatus</i>	Jalisco (México)	USNM 086778.00	1
<i>C. zonatus</i>	Jalisco (México)	CNHM 2772-2773-2774	7

\*Inicialmente identificado como *A. elongatus*

<sup>1,2,3</sup> Usados en el análisis MANOVA (véase el texto)

### **Medidas realizadas**

Las medidas morfométricas fueron obtenidas usando un ocular micrométrico en el microscopio óptico y/o a partir de dibujos realizados con la ayuda de una cámara clara. Todas las medidas están en  $\mu\text{m}$  y se ilustran en la Fig.5.1. Algunas medidas no pudieron tomarse de algunos ejemplares debido a las condiciones de montaje o conservación. Todos los ejemplares medidos eran sexualmente maduros (adultos) para minimizar la posible variación morfométrica asociada a alometría ontogenética.

### **Análisis estadístico**

Todas las medidas fueron transformadas logarítmicamente antes de someterlas a diversos análisis estadísticos. Las transformaciones logarítmicas hacen que las matrices de covarianza sean independientes de la escala, preservando las alometrías (Jolicoeur, 1963). Para los análisis se utilizó el paquete estadístico Permanova for Primer v. 6 (Anderson et al. 2008) y SPSS 15.0 (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA).

### ***Variabilidad intraespecífica de A. mulli en M. surmuletus del Mediterráneo español***

Con el fin de incluir todos los ejemplares obtenidos, se utilizaron 12 medidas que pudieron tomarse en todos ellos: 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 (Fig.5.1). Se utilizó un análisis permutacional multivariante de varianza (PERMANOVA) basado en la matriz de similitud (Anderson et al., 2008) para evaluar los efectos de la localidad (factor fijo) y el hospedador individual (factor aleatorio anidado dentro de localidad). Se utilizó una PERMANOVA porque es un procedimiento flexible que permite realizar MANOVAs con modelos anidados no balanceados. Para realizar el análisis, se obtuvo una matriz de distancias euclídeas. Se generó entonces la distribución nula del estadístico F para cada parámetro utilizando un procedimiento de permutación, es decir, las “etiquetas” de cada

factor se recolocaron aleatoriamente en las diferentes observaciones de acuerdo con el método descrito por Anderson et al. (2008), y este procedimiento se repitió 20000 veces. Para identificar las variables que más contribuían al efecto global, se realizó el mismo procedimiento antes descrito para cada variable morfométrica individual. Con el fin de controlar el error Tipo I en esta comparación múltiple, los niveles de probabilidad se corrigieron mediante el procedimiento secuencial de Bonferroni (Rice, 1989).

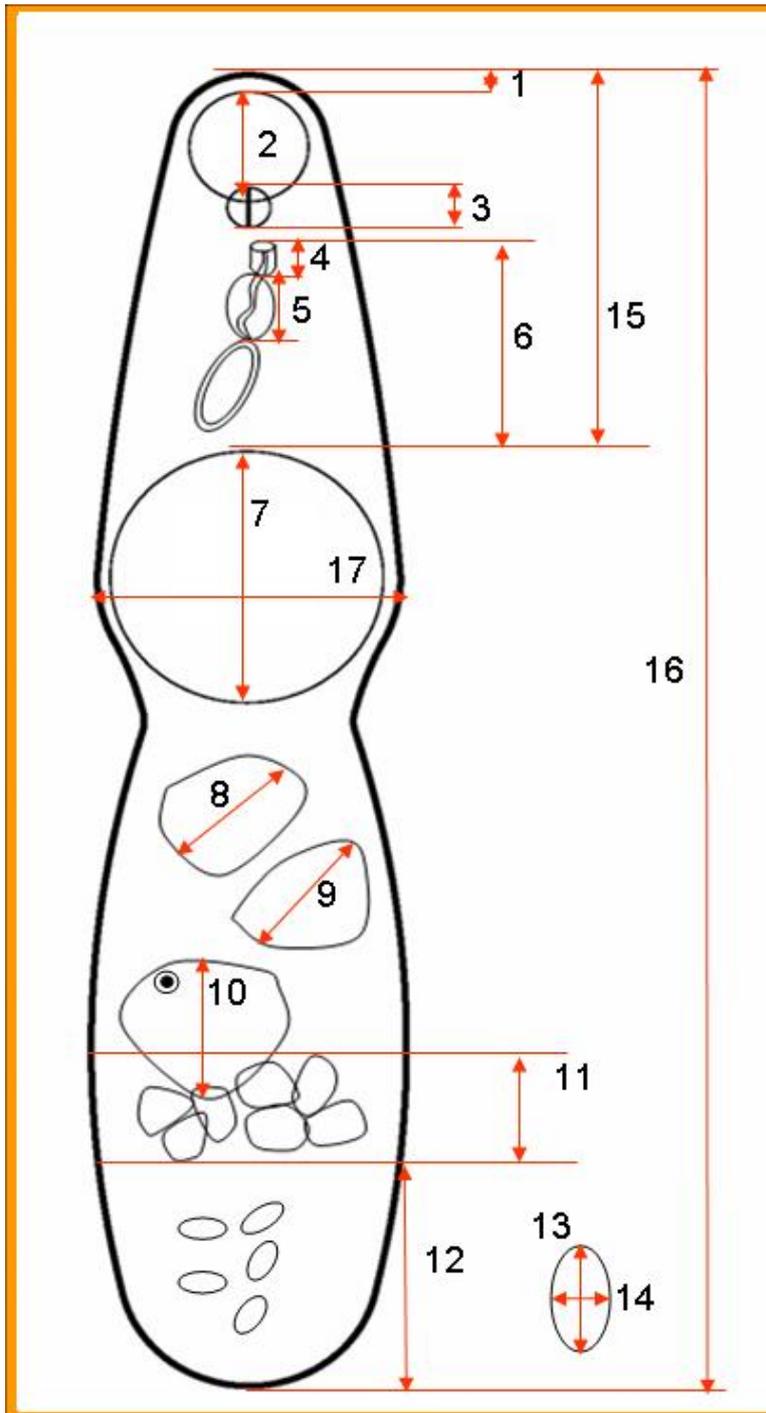
### **Comparación de *A. mulli* y *A. laguncula***

Se tomaron 15 medidas morfométricas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16; véase Fig. 5.1) en 50 ejemplares de *A. mulli* y 53 de *A. laguncula* (Tabla 5.2). Para este análisis se descartaron las medidas de las anchuras (14 y 17), ya que eran difíciles de obtener de algunos ejemplares de los museos.

En primer lugar se realizó un análisis de componentes principales (ACP) de las variables morfométricas para investigar si existía alguna segregación de los ejemplares de *A. mulli*, y los de *A. laguncula* según hospedador y/o región. Para la interpretación del ACP se seleccionaron componentes con valores propios  $>1$  (Tabachnik y Fidell, 2007). También se comparó la variación morfométrica entre *A. mulli* del salmonete de roca y dos muestras de *A. laguncula* con un tamaño muestral mayor de 10, es decir, la de *C. harengus* del Canal de la Mancha, y la de *P. bassensis* de Australia (Tabla 5.2). Consideramos recomendable que el tamaño muestral fuera similar para la comparación de grupos, así es que elegimos al azar 13 ejemplares de *A. laguncula* del salmonete de roca, ya que las otras muestras comparables poseían también 13 individuos. Para evaluar diferencias morfométricas entre estas 3 muestras también se llevó a cabo una MANOVA. Se hicieron después comparaciones *a posteriori* para averiguar entre qué grupos había diferencias. El nivel nominal de probabilidad se controló mediante el procedimiento secuencial de Bonferroni (Rice, 1989).

## **Resultados**

Los resultados del análisis PERMANOVA que analizó los efectos de la localidad y el hospedador individual sobre la morfología de *A. mulli* se muestran en la Tabla 5.3. Puede verse que ambos efectos fueron altamente significativos. En el caso de la localidad, tres variables contribuyeron sobre todo a las diferencias: la longitud total del cuerpo (LC), la longitud de la región anterior del cuerpo (FO) y el diámetro de la ventosa oral (VO). En estas variables, la ratio de diferencia entre el valor medio máximo y mínimo entre localidades basculó entre 1,01 (VO) y 1,31 (FO) (Tabla 5.3). En el caso del hospedador individual, 6 variables contribuyeron más a las diferencias: la anchura máxima del cuerpo (BW), el diámetro de las ventosas oral (VO) y ventral (VV), la longitud máxima los testículos anterior (TA) y posterior (TP), y la longitud máxima del ovario. En este caso, el rango de ratio entre valores medios máximos frente a mínimos fue desde 1,36 (VO) a 1,92 (TP).



1. Longitud del lóbulo preoral (LP)
2. Diámetro de la ventosa oral (VO)
3. Longitud de la faringe (FA)
4. Longitud de la bolsa del cirro (BC)
5. Longitud de la parte prostática (PP)
6. Distancia del poro genital a la ventosa ventral (PV)
7. Diámetro de la ventosa ventral (VV)
8. Longitud máxima del testículo anterior (TA)
9. Longitud máxima del testículo posterior (TP)
10. Longitud máxima del ovario (OV)
11. Longitud máxima de las vitelógenas (VL)
12. Distancia postvitelar (PV)
13. Longitud media del huevo (LH) (n=10)
14. Anchura media del huevo (AH) (n=10)
15. Parte anterior del cuerpo (*Forebody*) (FO)
16. Longitud del cuerpo (LC)
17. Anchura máxima del cuerpo (BW)

Fig.5.1 Esquema de las 17 variables medidas en *Aponurus mulli* y *A. laguncula*.

Tabla 5.3. Resultados de una PERMANOVA anidada que evalúa el efecto de la localidad y el individuo hospedador sobre 12 variables morfométricas obtenidas del digeneo *Aponurus nulli* en salmonetes de roca en tres localidades del Mediterráneo español. Para las variables individuales, los valores de P en negrita indican que las diferencias fueron significativas tras la corrección secuencial de Bonferroni.

	Localidad			Hospedador individual		
	gl <sub>1</sub> , gl <sub>2</sub>	F	P	gl <sub>1</sub> , gl <sub>2</sub>	F	P
Global	2, 65	4,478	<b>0,0018</b>	33, 65	1,883	<b>0,0001</b>
LC	2, 65	12,215	<b>0,0002</b>	33, 65	1,663	0,039
FO	2, 65	17,430	<b>0,00005</b>	33, 65	1,341	0,163
BW	2, 65	3,742	0,038	33, 65	2,637	<b>0,0014</b>
VO	2, 65	14,950	<b>0,0001</b>	33, 65	2,331	<b>0,0015</b>
VV	2, 65	4,906	0,016	33, 65	3,083	<b>0,0001</b>
TA	2, 65	2,839	0,076	33, 65	2,491	<b>0,0008</b>
PT	2, 65	3,295	0,050	33, 65	2,973	<b>0,00005</b>
OV	2, 65	1,816	0,183	33, 65	2,120	<b>0,0041</b>
VL	2, 65	3,083	0,062	33, 65	1,039	0,441
PV	2, 65	0,886	0,417	33, 65	1,666	0,067
LH*	2, 55	0,428	0,707	30, 55	3,755	0,040
AH*	2, 55	2,786	0,009	30, 55	1,127	0,297

\* No pudieron obtenerse medidas de estas variables de todos los ejemplares, por lo que no se incluyeron en el cálculo de la MANOVA global. Si se realizó una ANOVA anidada individual para estas variables, como en el resto, pero aquí el tamaño muestral fue menor.

La media, el rango y el coeficiente de variación de cada variable para la muestra de *A. mulli* y la de todas las muestras de *A. laguncula* se ofrecen en la Tabla 5.4. Puede verse que existe un claro solapamiento de todas las medidas entre *A. mulli* y al menos una de las muestras de *A. laguncula*. En esta última especie hubo una gran variación global para la mayoría de las variables, excepto la longitud de los huevos, debido a la gran diferencia entre especies hospedadoras y localidades. Por ejemplo, la media global de la longitud del cuerpo fue de 1026  $\mu\text{m}$ , con un coeficiente de variación del 74% debido a las especies hospedadoras 7 y 13, cuyos especímenes de *A. laguncula* eran muy grandes comparados con los otros. Dentro de cada hospedador el coeficiente de variación no excedió el 23% (Tabla 5.4).

Los dos primeros componentes del ACP explicaron el 82% de la varianza total (Tabla 5.5). En el primer componente todos los coeficientes del vector eran positivos, por lo que puede asumirse que dicho componente refleja el tamaño multivariante de los ejemplares de *A. mulli* y *A. laguncula* (Tabla 5.5). La representación de los dos componentes indica que prácticamente toda la segregación de muestra se produjo a lo largo del primer componente (Fig.5.2). Los ejemplares de *A. mulli* formaron un grupo compacto y separado de la mayoría de muestras de *A. laguncula*, excepto los ejemplares obtenidos de *Platycephalus bassensis* de Australia (Fig.5.2). No obstante, los dos autotipos de *A. laguncula* de *Lichia amia* estaban separados de casi todas las muestras de esta especie procedentes de otras especies hospedadoras y localidades.

Tabla 5.5. Vectores propios 1 y 2 del análisis de componentes principales utilizando 16 medidas morfométricas obtenidas de ejemplares de *Aponurus mulli* de salmonete de roca y de *A. laguncula* de diversos teleósteos y regiones geográficas (véase la Fig. 5.2).

<b>VARIABLES</b>	<b>PCA1</b>	<b>PCA2</b>
LP	0.134	-0.125
VO	0.106	-0.008
FA	0.103	0.016
BC	0.158	0.013
PP	0.169	0.002
PV	0.153	0.033
VV	0.147	-0.008
TA	0.109	0.036
TP	0.112	0.023
OV	0.120	0.027
VL	0.188	0.036
PV	0.273	-0.031
FO	0.141	0.005
LH	0.007	0.027
LC	0.183	0.003
Valor propio	0.341	0.023
% varianza explicada	76.8	5.1

Tabla 5.4. Media [coeficiente de variación] y rango de las 15 variables morfométricas (Fig. 5.1) obtenidas en *Aponurus mulli* y *A. laguncula* de distintas especies de teleosteos y/o áreas geográficas.

V	1. N=50	2. N=2	3. N=13	4. N=2	5. N=13	6. N=3	7. N=1	8. N=2	9. N=3	10. N=3	11. N=1	12. N=8	13. N=2
1	15,8 [24,1] 8,3-25,0	13,8 [10,9] 12,8-14,9	15,7 [40,4] 7,4-33,4	9,5 [15,7] 8,5-10,6	10,0 [36,7] 4,2-14,8	24,3 [38,6] 14,6-33,4	6,4	9,6 [15,7] 8,5-10,6	11,7 [27,3] 8,5-14,9	7,6 [15,7] 6,2-8,3	13,2	29,1 [31,8] 17,1-42,5	6,6 [15,7] 5,9-7,3
2	111,5 [9,2] 91,7-133,4	60,7 [7,4] 57,5-63,9	101,0 [11,7] 84,3-129,3	49,9 [3,0] 48,8-50,9	71,6 [8,6] 55,1-78,4	120,9 [12,4] 104,2-133,4	44,5	62,8 [7,2] 59,6-66,0	70,4 [19,9] 55,4-83,1	87,6 [8,2] 79,2-91,7	69,9	151,0 [20,8] 115,0-200,0	56,6 [5,5] 54,4-58,8
3	46,4 [11,7] 33,4-62,5	41,5 [32,6] 32,0-51,1	49,8 [23,7] 37,0-79,2	23,3 23,3-23,3	37,2 [22,1] 23,3-53,0	65,3 [7,4] 62,5-70,9	19,1	34,1 [8,8] 31,9-36,2	37,7 [23,6] 27,7-44,7	45,9 [9,1] 41,7-50,0	37,8	77,8 [20,8] 57,5-102,5	28,6 [3,6] 27,9-29,4
4	61,7 [18,1] 41,7-91,7	53,2 [28,4] 42,5-63,9	75,2 [42,8] 35,0-129,3	36,4 [15,1] 32,5-40,3	49,0 [23,9] 33,9-75,0	125,1 [26,7] 91,7-158,5	38,2	41,5 [3,5] 40,5-42,5	55,6 [4,5] 53,2-58,2	61,2 [3,9] 58,4-62,5	39,7	180,8 [21,8] 132,5-240,0	37,5 [8,3] 35,3-39,7
5	69,0 [17,5] 45,9-91,7	46,6 [20,1] 40,0-53,2	72,3 [26,4] 39,1-100,1	51,9 [14,4] 46,6-57,2	53,8 [19,3] 42,4-75,0	144,6 [14,5] 125,1-166,8	40,3	50,4 [8,1] 47,5-53,2	57,5 [19,3] 44,7-64,0	88,9 [25,8] 62,5-104,2	56,7	238,0 [36,2] 95,0-351,4	38,2 [16,3] 33,8-42,6
6	154,8 [18,2] 104,2-250,2	103,3 [33,5] 78,8-127,8	180,2 [29,4] 101,2-279,4	79,5 [9,4] 74,2-84,8	110,3 [21,7] 97,0-155,0	301,6 [9,4] 279,4-333,6	72,1	103,4 [21,7] 87,5-119,3	111,8 [25,6] 78,8-130,9	219,6 [15,9] 179,3-241,9	103,9	357,2 [40,1] 155,0-557,0	83,8 [27,3] 67,6-100,0
7	208,4 [10,8] 162,6-266,9	125,7 [4,8] 121,4-130,0	179,5 [13,9] 144,3-225,2	98,6 [7,6] 93,3-103,9	142,5 [19,9] 116,6-229,3	300,2 [10,5] 271,0-333,6	84,8	121,4 [5,0] 117,1-125,7	132,3 [13,0] 112,9-145,5	155,7 [8,2] 141,8-166,8	107,7	440,7 [7,5] 410,0-510,0	100,0 [12,5] 91,1-108,8
8	99,9 [19,4] 58,4-154,3	57,5 [20,9] 49,0-66,0	122,5 [20,1] 69,2-147,5	65,0 [16,3] 57,5-72,5	76,3 [25,5] 40,0-114,5	120,9 [19,2] 95,9-141,8	77,5	66,0 66,0-66,0	67,3 [40,8] 37,5-91,6	131,4 [23,5] 95,9-152,5	54,8	163,2 [21,6] 110,0-227,5	50,7 [18,4] 44,1-57,3
9	103,5 [16,6] 70,9-154,3	71,2 [2,4] 70,0-72,4	102,5 [26,7] 65,0-158,5	56,2 [15,7] 50,0-62,5	70,3 [21,9] 45,0-107,5	112,6 [12,8] 104,2-129,3	80,0	70,3 70,3-70,3	62,3 [14,5] 52,5-70,3	123,4 [14,9] 105,0-141,8	49,1	173,9 [19,7] 125,0-227,5	59,5 [12,2] 54,4-64,7
10	86,1 [20,7] 45,9-129,3	52,2 [20,2] 44,7-59,6	84,7 [20,7] 66,6-135,5	43,7 [4,0] 42,5-45,0	65,6 [19,4] 47,5-90,0	109,8 [13,3] 95,9-125,1	27,5	54,3 [8,3] 51,1-57,5	64,0 [28,3] 50,0-84,4	90,9 [8,9] 85,0-100,1	47,2	156,0 [27,3] 102,5-225,0	56,6 [27,5] 45,6-67,6
11	131,5 [21,2] 70,9-221,0	109,7 [4,1] 106,5-112,9	139,5 [22,1] 102,5-191,8	83,7 [10,5] 77,5-90,0	109,3 [19,1] 80,0-140,0	289,6 [17,0] 233,5-325,3	65,0	94,8 [33,4] 72,4-117,1	125,0 [13,1] 110,0-142,6	141,4 [25,9] 100,1-170,0	75,6	565,0 [13,7] 490,0-730,0	94,1 [11,0] 86,7-101,4
12	200,3 [14,5] 145,9-271,0	98,0 [12,3] 89,5-106,5	197,5 [24,1] 136,9-287,8	80,0 [17,7] 70,0-90,0	68,1 [23,1] 37,5-95,0	516,7 [9,9] 470,0-571,3	80,0	75,6 [9,9] 70,3-80,9	115,9 [21,3] 87,5-132,0	156,2 [33,7] 108,4-212,7	96,4	831,4 [20,8] 580,0-1120,0	66,15 [12,6] 60,3-72,0
13	26,4 [6,8] 19,7-30,9	30,5 [0,7] 30,3-30,7	28,5 [8,4] 22,7-32,2	21,7 [11,3] 20,0-23,5	37,1 [5,1] 35,5-42,5	32,3 [2,6] 31,4-33,1	24,9	31,9 31,9-31,9	32,7 [7,9] 31,1-35,7	344,7 [6,2] 321,1-362,8	204,1	36,0 [7,1] 33,1-40,2	28,8 [2,8] 28,2-29,4
15	301,7 [14,2] 216,8-442,0	244,4 [35,4] 183,2-305,5	335,3 [14,9] 261,9-425,3	169,1 [11,1] 155,8-182,3	202,3 [11,4] 150,5-229,0	507,3 [5,2] 492,1-537,9	144,2	190,6 [16,6] 168,3-213,0	219,9 [20,4] 178,9-267,7	32,6 [2,0] 31,9-33,2	32,4	610,0 [27,4] 350,0-860,0	155,8 [26,7] 126,4-185,2
16	1,050,7 [11,0] 834,0-1,371,9	632,6 [17,6] 553,8-711,4	1,085,0 [14,0] 836,2-1,384,4	560,8 [0,8] 557,6-539,9	670,7 [18,7] 506,7-1,042,5	2,205,9 [18,5] 1,922,4- 2,673,0	464,3	587,9 [14,3] 528,2-647,5	700,8 [23,0] 521,8-835,2	1,059,2 [9,5] 967,4- 1,167,6	669,0	2,983,1 [15,1] 2,280,0-3560,0	516,7 [17,9] 451,3-582,1

Códigos de la primera columna: 1. *Aponurus mulli* de *M. surmuletus* (Mar Mediterráneo); 2. *A. dejedaba* (Mar Mediterráneo); 3. *P. bassensis* (Australia); 4. *P. endrachtensis* (Australia); 5. *C. harengus* (Canal de la Mancha); 6. *C. faber* (Mar Caribe); 7. *C. limiceps* (Australia); 8. *T. ovatus* (Ghana); 9. *T. ovatus* (Israel); 10. *L. surinamensis* (Atlántico noroeste); 11. *M. argenteus* (Australia); 12. *C. zonatus* (Pacífico occidental); 13. *L. amia* (Mar Mediterráneo).

Códigos de la primera fila: 1. Longitud del lóbulo preoral; 2. Longitud de la ventosa oral; 3. Longitud de la faringe; 4. Longitud de la bolsa del cirro; 5. Longitud de la *pars prostatica*; 6. Distancia del poro genital a la ventosa ventral; 7. Longitud de la ventosa ventral; 8. Longitud máxima del testículo anterior; 9. Longitud máxima del testículo posterior; 10. Longitud máxima del ovario; 11. Longitud máxima de las vitelógenas; 12. Distancia postvitelógenas; 13. Longitud media del huevo; 15. Parte anterior del cuerpo; 16. Longitud del cuerpo.

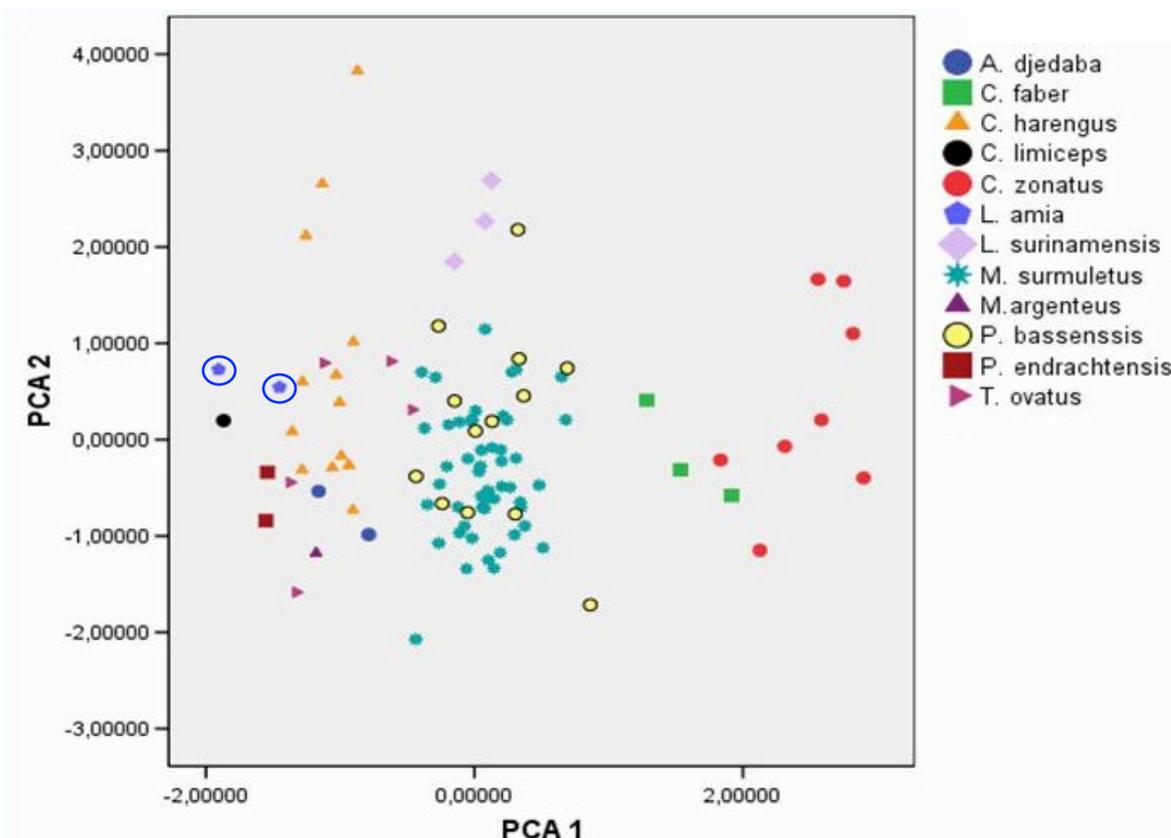


Fig.5.2. Diagrama de dispersión de las puntuaciones de los dos primeros componentes del ACP de diferentes especímenes de *Aponurus mulli* (de *Mullus surmuletus*) y *A. laguncula* (resto de especies hospedadoras). Para conocer la procedencia geográfica de cada muestra, véase la Tabla 5.2. Los autotipos están rodeados con un círculo azul.

El MANOVA indicó que existían diferencias significativas globales entre *A. mulli* (AM), *A. laguncula* de *C. harengus* (ALC) y *A. laguncula* de *P. bassensis* (ALP) (Lambda de Wilks (LW)  $_{(30, 44)} = 0,008$ ,  $p < 0,001$ ). Todas las comparaciones dos a dos fueron significativas (AM vs. ALC: LW  $_{(15,10)} = 0,016$ ,  $p < 0,001$ ,  $h_p^2 = 98\%$ ; AM vs. ALP: WL  $_{(15,10)} = 0,056$ ,  $p < 0,001$ ,  $h_p^2 = 94\%$ ; ALC vs. ALP: LW  $_{(15,10)} = 0,03$ ,  $p < 0,001$ ,  $h_p^2 = 97\%$ ).

## Discusión

Nuestros resultados indican que los salmonetes individuales ejercen una influencia significativa sobre la morfometría de los especímenes de *A. mulli*. Esta no es la primera vez que se ha descrito este fenómeno en digeneos (Grabda-Kazubaska, 1967; Grabda-Kazubaska y Combes, 1981). Por ejemplo, se ha observado que la morfometría de los individuos de *Synthesium tursionis* en el delfín mular, y de *Brachycladium atlanticum* en el delfín listado, *Stenella coeruleoalba*, varía significativamente de un hospedador a otro en muestras obtenidas en la misma localidad (Fernández, 1990; Mateu et al. 2011). En concreto (Fernández et al., 1995) halló que la longitud corporal media de los individuos de *Synthesium tursonis* casi se duplicaba entre algunos hospedadores. Cada hospedador individual puede inducir cambios específicos en la morfología y la morfometría de los parásitos debido a distintos factores tales como su fisiología, edad, sexo, tamaño o estatus

nutricional e inmunológico. Por ejemplo, Addis y Chandler (1944) encontraron que diferentes dietas con deficiencias vitamínicas afectaban el crecimiento y desarrollo del cestodo *Hymenolepis diminuta* en la rata.

Además, es en cada individuo hospedador donde tienen lugar las interacciones intra e interespecíficas entre helmintos (Bakke, 1988; Fernández, 1990). De hecho, algunas de las variaciones de tamaño (y alometría asociada) de los vermes de un hospedador a otro de hecho pueden depender del grado de infección de cada hospedador como consecuencia de un efecto de hacinamiento o *crowding* (Nollen, 1983; Franco et al., 1988; Yao et al., 1991; Swarnakumari y Madhavi, 1992; Stillson y Platt, 2007). De acuerdo con dicho efecto, la cantidad de recursos disponibles (comida o espacio) se ve limitada cuando la población del parásito es muy grande, lo que dificulta el crecimiento y/o desarrollo de los individuos debido a la competencia. Se ha sugerido incluso que algunos parásitos secretan sustancias que podrían afectar al crecimiento de conespecíficos, es decir, un tipo de competencia por interferencia (Fischthal et al., 1982; Roberts y Insler, 1982). En nuestro caso parece bastante improbable que el efecto *crowding* influya en la morfometría de los especímenes de *A. laguncula*, dado que el máximo número de individuos por hospedador fue sólo de siete. En los estudios donde se ha demostrado este efecto, la densidad de helmintos es generalmente alta (por ejemplo, hasta 487 individuos de *Echinostoma revolutum* en una única porción del intestino de un hámster, (véase Franco et al., 1988).

Nuestros resultados también indican que la localidad de muestreo influye significativamente sobre la morfometría de los especímenes de *A. mulli*. Este efecto también se ha descrito en otros casos. Por ejemplo, Sarabeev y Balbuena (2003) señalaron que *Dicrogaster contracta* presentaba diferencias morfométricas significativas entre poblaciones del mar Mediterráneo y el océano Atlántico. En el caso de *A. mulli*, la variación entre localidades encontrada en el presente estudio podría deberse a una combinación de efectos genéticos y/o ambientales locales asociados a un cierto grado de aislamiento del hospedador. Existe evidencia de que el salmonete de roca es muy sedentario (véase Ferrer-Castello et al., 2007 y el Capítulo 8). Por tanto, si existen efectos locales que afectan la morfología del parásito en alguna fase del ciclo (no necesariamente el estado adulto), es probable que el aislamiento a la escala geográfica adoptada impida la homogeneización de dichos efectos locales.

Finalmente, nuestro estudio también indica que, a nivel morfométrico, los especímenes de *A. mulli* no son claramente separables de otros nominalmente identificados como *A. laguncula* y que, en todo caso, también existen segregaciones claras entre estos últimos dependiendo de la especie hospedadora y/o la localidad geográfica. El ACP, de hecho, sugiere tres puntos importantes. En primer lugar, la segregación entre especies/muestras, cuando existe, es básicamente alométrica: hay grupos de vermes más pequeños y más grandes, por lo que las dimensiones relativas pueden variar dependiendo simplemente del tamaño corporal. En segundo lugar, no se observa ninguna agrupación de las muestras de *A. laguncula* de acuerdo con la cercanía filogenética de sus especies hospedadoras o la región geográfica; se trata de una variación tan idiosincrática que hasta la morfometría de los ejemplares de *A. mulli* no permite separarlos con claridad de los *A. laguncula* de *P. bassensis* (Fig.5.2). En tercer lugar, y más importante, casi todas las muestras nominales de *A. laguncula* están claramente separadas de los autotipos de esta

especie. Es cierto que, por ejemplo, los especímenes obtenidos en arenque en el Mar del Norte, que Carreras-Aubets et al. (2011) consideraron como *A. laguncula* “genuinos”, están más próximos a los autotipos en el CP1 que los ejemplares de *A. mulli* (Fig.5.2). Sin embargo, dado el potencial efecto geográfico anteriormente discutido, o el simple efecto de la especie hospedadora sobre la morfología de una misma especie de digeneo (véase, por ejemplo, Stunkard (1957); Bray y Des Clers (1992); Pérez-Ponce de León (1995); Kostadinova (1996); Blasco-Costa et al. (2008)) resulta muy difícil determinar si las diferencias morfométricas tienen algún valor diagnóstico.

En resumen, nuestro estudio sugiere que el uso de las variables morfométricas (o en general, variaciones de forma) para designar especies dentro del género *Aponurus* debe utilizarse con extrema cautela, controlando todas las fuentes de variación potenciales antes de combinar muestras de diversos hospedadores individuales, especies hospedadoras y localidades geográficas. De hecho, encontramos una notable variabilidad morfométrica a pequeña escala (individuo hospedador y/o de localidades cercanas) que, como norma general, no se tiene en cuenta en trabajos de taxonomía sobre digeneos y otros platelmintos parásitos. Es probable que *A. laguncula* sea en realidad un complejo de especies, tal y como se ha señalado para otros helmintos (Paggi et al., 1991; Nascetti et al., 1993; Jousson et al., 2000; Martín-Sánchez et al., 2003; Criscione y Blouin, 2004; Mattiucci et al., 2007). Sin embargo, esto no podrá determinarse hasta que se realicen estudios que combinen, de forma adecuada, información morfológica y molecular.

## REFERENCIAS

- Addis, C. J. and Chandler, A. C. (1944). Studies on the vitamin requirements of tapeworms. *Journal of Parasitology*, 30, 229-236.
- Ahmad, J. (1981). Studies on digenetic trematodes from marine fishes from The Bay of Bengal. Part XVI. *Rivista di Parasitología*, 42, 403-413.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N. & Clarke, K.R. (2008). PERMANOVA  $\beta$  for PRIMER: guide to software and statistical methods. Plymouth, PRIMER-E Ltd. 214 pp.
- Bakke, T. A. (1988). Morphology of adult *Phyllodistomum umblae* (Fabricius) (Platyhelminthes, Gorgoderidae): the effect of preparation killing and fixation procedures. *Zoologica Scripta*, 1, 1-13.
- Blasco-Costa, I., Montero, F. E., Gibson, D. I., Balbuena, J. A., Raga, J. A., Shvetsova, L. S., and Kostadinova, A. (2008). A revision of the species of *Saturnius* Manter, 1969 (Digenea: Hemiuridae), parasites of mullets (Teleostei: Mugilidae). *Systematic Parasitology*, 71, 53-74.
- Bravo-Hollis, M. (1956). Trematodos de peces marinos de aguas mexicanas. XI. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, 27, 245-277.
- Bray, R. A. and Cribb, T. H. (2000). A new species of *Aponurus* looss, 1907 (Digenea : Lecithasteridae) in butterflyfishes (Perciformes : Chaetodontidae) from New Caledonia. *Systematic Parasitology*, 46, 181-189.
- Bray, R. A. and Des Clers, S. (1992). Multivariate analyses of metrical features in the *Lepidapedon elongatum* (Lebour, 1908) species complex (Digenea, Lepocreadiidae) in deep and shallow water gadiform fishes of the NE Atlantic. *Systematic Parasitology*, 21, 223-232.
- Bray, R. A. and Mackenzie, K. (1990). *Aponurus laguncula* Looss, 1907 (Digenea, Lecithasteridae). A Report from herring, *Clupea harengus* L, in the Eastern English-Channel and a review of its biology. *Systematic Parasitology*, 17, 115-124.
- Carreras-Aubets, M.; Repullés-Albelda, A.; Kostadinova, A.; Carrassón, M. (2011). A new cryptic species of *Aponurus* Looss, 1907 (Digenea: Lecithasteridae) from Mediterranean goatfish (Teleostei: Mullidae). *Systematic Parasitology*, 79(2): 145-159
- Criscione, C. D. and Blouin, M. S. (2004). Life cycles shape parasite evolution: Comparative population genetics of salmon trematodes. *Evolution*, 58, 198-202.
- Fernandes, B. M. M., Kohn, A., and Magalhaes Pinto, R. (1985). Aspidogastric and Digenetic Trematodes parasites of marine fishes of the coast of Rio de Janeiro state, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 45, 109-116.
- Fernández, M. Estudio de la variabilidad morfológica de *Synthesium tursionis* (Marchi, 1873) (Trematoda: Campulidae) parásito del delfín mular, *Tursiops truncatus*. 1990. Tesis doctoral, Universidad de Valencia.
- Fernández, M., Balbuena, J. A., Pertusa, J. F., and Raga, J. A. (1995). Biometric variability of *Hadwenius Tursionis* (Marchi, 1873) (Digenea, Campulidae) from the intestine of the bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). *Systematic Parasitology*, 30, 67-76.
- Ferrer-Castello, E., Raga, J. A., and Aznar, F. J. (2007). Parasites as fish population tags and pseudoreplication problems: the case of striped red mullet *Mullus surmuletus* in the Spanish Mediterranean. *Journal of Helminthology*, 81, 169-178.
- Fischthal, J. H., Carson, D. O., and Vaught, R. S. (1982). Comparative size allometry of the digenetic trematode *Lissorchis attenuatus* (Monorchidae) at four intensities of infection in the white sucker. *Journal of Parasitology*, 68, 314-318.
- Fischthal, J. H. and Thomas, J. D. (1971). Some Hemiurid Trematodes of Marine Fishes from Ghana. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 38, 181-189.
- Franco, J., Huffman, J. E., and Fried, B. (1988). The effects of crowding on adults of *Echinostoma revolutum* (Digenea: Echinostomatidae) in experimentally infected golden hamsters, *Mesocricetus auratus*. *Journal of Parasitology*, 74, 240-243.

- Froese, R. and D. Pauly (2000). *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. Laguna (Philippines): ICLARM.
- Gaevskaya, A. V., Gusev, A.V., Delyamure, S.L., Donets, Z.S., Iskova, N.I., Korniyushin, V.V., Kovaleva, A.A., Margaritov, N.M., Markevich, A.P., Mordvinova, T.N., Naidenova, N.N., Nikolaeva, V.M., Parukhin, A.M., Pogoreltseva, T.P., Smogorzhevskaya, L.A., Solonchenko, A.I., Shtein, G.A. and Shulman, S.S (1975). *Identification key to parasites of vertebrates from the Black and Azov Seas*. Kiev. Nauka dumka. (552 pp.)
- Georgiev, B., Biserkov, V., and Genov, T. (1986). In toto staining method for cestodes with iron acetocarmine. *Helminthologia*, 23, 279-281.
- Grabda-Kazubska, B. (1967). Morphological variability of adult *Opistogliphe ranae* (Frölich, 1791) (Trematoda, Plagiorchiidae). *Parasitologica Polonica*, 15, 15-34.
- Grabda-Kazubska, B. and Combes, C. (1981). Morphological variability of *Haplometra cylindracea* (Zeder, 1800) (Trematoda, Plagiorchiidae) in populational and geographic aspects. *Acta Parasitologica Polonica*, 28, 39-63.
- Hussain, S. A., Rao, K. H., and Shyamasundari, K. (1984). *Aponurus waltairensis* n. sp. a new hemiurid parasite of marine fish, *Acanthurus bleekeri* from Waltair coast. *Indian Journal of Parasitology*, 8, 251-258.
- Jolicoeur, P. (1963). Multivariate generalization of allometry equation. *Biometrics*, 19, 497-499.
- Jousson, O., Bartoli, P., and Pawlowski, J. (2000). Cryptic speciation among intestinal parasites (Trematoda: Digenea) infecting sympatric host fishes (Sparidae). *Journal Evolution Biology*, 13, 778-785.
- Kostadinova, A. and Gibson, D. I. (2000). The systematics of the echinostomes. In B. Fried and T. K. Graczyk (Eds.), *Echinostomes as experimental models for biological research*. Dordrecht: Kluwer. (pp. 31-57).
- Kostadinova, A. K. (1996). Morphological variability of *Brachylecithum microtesticulatum* (Digenea: Dicrocoeliidae) in the Black Sea region. *Folia Parasitologica*, 43, 47-51.
- Layman, E. M. (1930). Parasitic worms from the fishes of Peter the great bay. *Bulletins of the Pacific Scientific Fishery Research Station*, 3, 1-120.
- Looss, A. (1907). Zur kenntnis der Distomenfamilie Hemiuridae. *Zoologischer Anzeiger*, XXXI, 585-620.
- Manter, H. W. (1940). Digenetic trematodes of fishes from the Galapagos Islands and the neighboring Pacific. *Allen Hancock Pacific Expeditions*, 2, 329-497.
- Manter, H. W. (1947). Digenetic trematodes of marine fishes. *The American Midland Naturalist*, 38.
- Martín-Sanchez, J., Díaz, M., Artacho, M. E., and Valero, A. (2003). Molecular arguments for considering *Hysterothylacium fabri* (Nematoda : Anisakidae) a complex of sibling species. *Parasitology Research*, 89, 214-220.
- Mattiucci, S., Abaunza, P., Damiano, S., Garcia, A., Santos, M. N., and Nascetti, G. (2007). Distribution of *Anisakis* larvae, identified by genetic markers, and their use for stock characterization of demersal and pelagic fish from European waters: an update. *Journal of Helminthology*, 81, 117-127.
- Nascetti, G., Cianchi, R., Mattiucci, S., D'Amelio, S., Orecchia, P., Paggi, L., Brettey, L., Berland, B., Smith, J. W., and Bullini, L. (1993). Three sibling species within *Contraecum osculatum* (Nematoda, Ascarida, Ascaridoidea) from the Atlantic Artic-Boreal region: reproductive isolation and host preferences. *International Journal for Parasitology*, 23, 105-120.
- Nollen, P. M. (1983). The effects of crowding on adults of *Philophthalmus gralli* (Trematoda) grown in chickens. *Journal of Parasitology*, 69, 196-199.
- Paggi, L., Nascetti, G., Cianchi, R., Orecchia, P., Mattiucci, S., D'Amelio, S., Berland, B., Brattey, J., Smith, J. W., and Bullini, L. (1991). Genetic evidence for three species within *Pseudoterranova decipiens* (nematoda: Ascaridida, Ascaridoidea) in the North Atlantic and Norwegian and Barent Seas. *International Journal for Parasitology*, 21, 195-212.
- Pérez- del Olmo, A., Fernández, M., Gibson, D. I., Raga, J. A., and Kostadinova, A. (2007). Descriptions of some unusual digeneans from *Boops boops* L. (Sparidae) and a complete checklist of its metazoan parasites. *Systematic Parasitology*.

- Pérez-Ponce de León, G. (1995). Host induced morphological variability in adult *Posthodiplostomum minimum* (Digenea: Neodiplostomidae). *Journal of Parasitology*, 81, 818-820.
- Rice, W. R. (1989). Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, 43, 223-225.
- Roberts, L. S. and Insler, G. D. (1982). Developmental physiology of cestodes. XVII. Some biological properties of putative "Crowding factors" in *Hymenolepis diminuta*. *Journal of Parasitology*, 68, 263-269.
- Sarabeev, V. L. and Balbuena, J. A. (2003). Morphological variability of *Dicrogaster contracta* Looss, 1902 (Digenea: Haploporidae) and its proposed synonymy with *D. perpusilla* Looss, 1902. *Systematic Parasitology*, 55, 25-31.
- Srivastava, H. D. (1939). Two new parasites of the genus *Aponurus* (Looss, 1907). *Indian Journal of Veterinary Science*, 9, 31-35.
- Stillson, L. L. and Platt, T. R. (2007). The crowding effect and morphometric variability in *Echinostoma caproni* (Digenea : Echinostomatidae) from ICR mice. *Journal of Parasitology*, 93, 242-246.
- Stunkard, H. W. (1957). Intraspecific Variation in Parasitic Flatworms. *Systematic Zoology*, 6, 7-18.
- Swarnakumari, V. G. M. and Madhavi, R. (1992). Growth, development and allometry of *Philophthalmus nocturnus* in the eyes of domestic chicks. *Journal of Helminthology*, 66, 100-107.
- Szidat, L. (1961). Versuch einer Zoogeographie des Sud-Atlantik mit Hilfe von Leitparasiten der Meeresfische. *Parasitologische Schriftenreihe*, 13, 1-98.
- Tabachnik, B. G. and Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Williams E.H and Bunkley-Williams L. (1996). Parasites of offshore big game fishes of Puerto Rico and the Western Atlantic. Report of the Department of Natural Environmental Resources and the University of Puerto Rico, Mayaguez.
- Yamaguti, S. (1934). Studies on the Helminth Fauna of Japan 2. Trematodes of Fishes I. *Japanese Journal of Zoology*, 5, 249-541.
- Yamaguti, S. (1938). *Studies on the helminth fauna of Japan: Part 21. Trematodes of fishes IV*. Kyoto: Satyu Yamaguti.
- Yamaguti, S. (1952). Parasitic worms mainly from Celebes Part 1. New digenetic trematodes of fishes. *Acta Medicinæ Okayama*, 8, 146-198.
- Yamaguti, S. (1953). Parasitic worms mainly from Celebes Part 3. Digenetic trematodes of fishes, II. *Acta Medicinæ Okayama*, 8, 257-295.
- Yao, G., Huffman, J. E., and Fried, B. (1991). The effects of crowding on adults of *Echinostoma caproni* in experimentally infected golden hamsters. *Journal of Helminthology*, 65, 248-254.





**Capítulo 6. Patrones de  
diversidad en digeneos del  
salmonete de roca en el  
Mediterráneo: una comparación  
biogeográfica**



## Introducción

En general, las especies presentan patrones identificables en su distribución y abundancia a diversas escalas biogeográficas (Cox y Moore, 2005; Lomolino et al., 2006). Muchas especies muestran distribuciones coincidentes debido a condiciones regionales similares, hecho que permite reconocer las diversas regiones zoogeográficas (Briggs, 1995; Cox y Moore, 2005; Lomolino et al., 2006). Uno de los patrones biogeográficos mejor documentados es el incremento de la diversidad de especies con la disminución de la latitud. La riqueza específica aumenta desde los polos hasta los trópicos para la mayoría de taxones, tanto terrestres como acuáticos (Begon et al., 1996; Rosenzweig, 1995; Willig et al., 2003). Sin embargo, mientras los organismos de vida libre se han estudiado enormemente, se conoce relativamente poco sobre patrones biogeográficos en el caso de los parásitos (Kennedy y Bush, 1994; Rohde, 2002; Poulin y Morand, 2004). Uno esperaría encontrar que la distribución geográfica de un parásito se ajustase estrechamente a la de su hospedador; sin embargo, en las especies parásitas con ciclos de vida complejos, esto es, que requieren una serie de diferentes hospedadores, algunos factores pueden crear irregularidades entre la distribución espacial del hospedador y la de sus especies parásitas.

Casi todo lo que se sabe sobre patrones biogeográficos de los parásitos procede de los estudios sobre parásitos de peces, especialmente los del medio marino (Rohde, 1993; Rohde, 2002). En general, se ha observado que existe una disminución de la similitud de las comunidades parásitas en teleósteos marinos a medida que se incrementa la distancia entre localidades (Poulin y Morand, 1999; Fellis y Esch, 2005; Oliva y González, 2005; Pérez-del-Olmo et al., 2009). Además se han hallado patrones a gran escala, como la existencia de distintas regiones zoogeográficas (Rohde, 1982; Rohde, 1993). Por ejemplo, Manter (1955) descubrió una gran similitud entre los trematodos marinos de diferentes masas de agua: entre el Atlántico europeo y el Mediterráneo; entre el Mar Rojo y el Pacífico tropical, y entre Nueva Zelanda, el Atlántico Norte y el Pacífico Norte. Más tarde, Rohde (1986;1993) encontró que existía una mayor diversidad de monogeneos en los peces del Océano Indopacífico que en los del Atlántico.

En cuanto a los gradientes latitudinales, se ha comprobado que la diversidad de ectoparásitos generalmente aumenta con el descenso de la latitud (o el aumento de la temperatura) (Rohde, 1993; Rohde, 2002; Poulin y Rohde, 1997; Rohde y Heap, 1998). Utilizando como medida de diversidad relativa el número de especies parásitas por el número de especies hospedadoras examinadas se ha constatado que la cantidad de especies de ectoparásitos es mayor en aguas cálidas que en aguas más frías (Rohde, 1993; Rohde, 2002; Poulin y Morand, 2004). Además, los parásitos de las anchoas argentinas (*Engraulis anchoita*) en el suroeste Atlántico presentan patrones latitudinales debido a las diferentes condiciones ambientales (temperatura y salinidad) creados por las corrientes oceánicas (Timi, 2003). Por otra parte, un estudio sobre la parasitofauna de peces de la familia Soleidae a lo largo de la costa de Portugal demostró que las poblaciones más meridionales de lenguado de arena (*Solea lascaris*) y del lenguado senegalés (*Solea senegalensis*) poseían las mayores riquezas específicas de parásitos de todo el estudio (Marques et al., 2006).

Existen otros patrones geográficos de diversidad que se pueden superponer a los latitudinales, como son los longitudinales. Se han descubierto gradientes longitudinales en la riqueza específica de organismos de vida libre, aunque sus explicaciones son más variadas y menos generales que las que causan los latitudinales (Gaston y Blackburn, 2000). También se han encontrado gradientes longitudinales en la riqueza de especies de parásitos. En el Océano Pacífico la riqueza de especies de endoparásitos de serránidos decrece desde la Gran Barrera de Coral hacia el Pacífico Central (Rigby et al., 1997). Rigby et al. (1997) sugirió que el centro de diversidad se encontraba en las costas de Indonesia y el noreste de Australia y que a partir de ahí, la diversidad descendía en las restantes islas oceánicas a medida que la colonización de peces o parásitos se hacía más improbable. Simkova et al. (2001) también descubrió un gradiente longitudinal de la riqueza de especies de parásitos de los peces dulceacuícolas de Europa central, cuya riqueza descendía hacia el este. Simkova et al. (2001) explicó este fenómeno aduciendo que el centro de distribución de la de la mayoría de estos peces se encontraba en el oeste y que, al expandirse hacia el este fueron perdiendo parásitos.

Uno de los gradientes longitudinales más conocidos es el que se ha observado en el mar Mediterráneo. Una gran cantidad de estudios realizados en esta cuenca indican que existe una disminución de la biodiversidad de invertebrados y vertebrados desde la región occidental a la oriental (Emig y Gesitdoerfer, 2004; Logan et al., 2004; Coll et al., 2010 y referencias incluidas). Sin embargo, aunque se han realizado muchos estudios sobre la parasitofauna de peces en diferentes regiones del Mediterráneo (Nikolaeva y Kovaleva, 1966; Nikolaeva y Parukhin, 1969; Sey, 1968; Sey, 1970; Parukhin et al., 1971; Petter y Radujkovic, 1989; Radujkovic et al., 1989; Hassan et al., 1990; Campos y Carbonell, 1994; Merella y Garippa, 2001; González, 2005; Pérez- del Olmo et al., 2007; Kellermanns et al., 2009) hasta la fecha no existe ningún trabajo sobre patrones biogeográficos de parásitos en el Mediterráneo. Uno de los peces mejor estudiados a nivel parasitológico es el salmonete de roca (Orecchia y Paggi, 1978; Papoutsoglou, 1976; Arculeo et al., 1997; Le Pommelet et al., 1997; Akmirza, 2000; Ferrer-Castello et al., 2007), sobre todo respecto a su fauna de digeneos (Fischthal, 1980; Saad-Farès, 1985; Bartoli, 1989; Le Pommelet, 1997; Al Bassel, 2002; Figus et al., 2004; Brahim-Tazi et al., 2009), como ya se ha expuesto en el Capítulo 1. En este capítulo se pretende averiguar si, como en los organismos de vida libre, también existe un gradiente longitudinal en la riqueza de digeneos del salmonete de roca en el Mediterráneo, y cuál podía ser la influencia de los factores históricos y ecológicos del Mediterráneo en el patrón observado. Analizaremos este problema a dos niveles, el de comunidad componente y el de infracomunidad. Este estudio a gran escala servirá de base para entender los patrones que tienen lugar a escalas geográficas más pequeñas (véanse los siguientes capítulos).

## **Materiales y métodos**

Las muestras de salmonetes de roca utilizadas para este estudio se describen en la Tabla 6.1, y se señalan en el mapa de la Fig.6.1.

Tabla 6.1. Muestras de salmonete de roca utilizadas en la comparación biogeográfica. Las localidades están ordenadas de acuerdo con su longitud. 'N' es el tamaño muestral de peces.

Localidad	Estudio/Muestra	n
Barbate (España) (BT)	Presente estudio	15
Fuengirola (España) (FU)	Presente estudio	200
Roquetas de mar (España) (RO)	Presente estudio	200
Santa Pola (España) (SP)	Presente estudio	200
Burriana (España) (BU)	Presente estudio	200
Barcelona (España) (BA)	Presente estudio	200
Frontignan (Francia) (FR)	Le Pommelet (1997)	127
Golfo de León (Francia) (GL)	Le Pommelet (1997)	16
Oran (Argelia) (AL)	Brahim-Tazi et al., (2009)	170
Mar de Liguria (ML)	Klimpel et al. (2009)	34
Scandola (Córcega, Francia) (SCB)	Bartoli (1989)	113
Scandola (Córcega, Francia) (SCP)	Le Pommelet (1997)	121
Cagliari (Cerdeña, Italia) (CA)	Figus et al. (2004)	61
Noroeste de Italia (IT)	Orecchia y Paggi (1978)*	110
Sfax (Túnez) (SF)	Presente estudio	100
Zarzis (Túnez) (ZA)	Presente estudio	100
Golfo de Palermo (Sicilia, Italia) (GP)	Arculeo et al. (1997)	232
Mar Tirreno (MT)	Klimpel et al. (2009)	33
Patti (Sicilia, Italia) (PA)	Giannetto y Gaglio (2005)	34
Mar Adriático (AD)	Klimpel et al. (2009)	48
Golfo de Saronicos (Grecia) (GR)	Papoutsoglou (1976)*	¿?
Gokçeada (Turquía) (TU)	Akmirza (2000)	142
Jounieh (Líbano) (LI)	Saad-Farès (1985)	26
Jaffa (Israel) (IS)	Fischthal (1980)	14

\* Solo aportan datos de presencia / ausencia

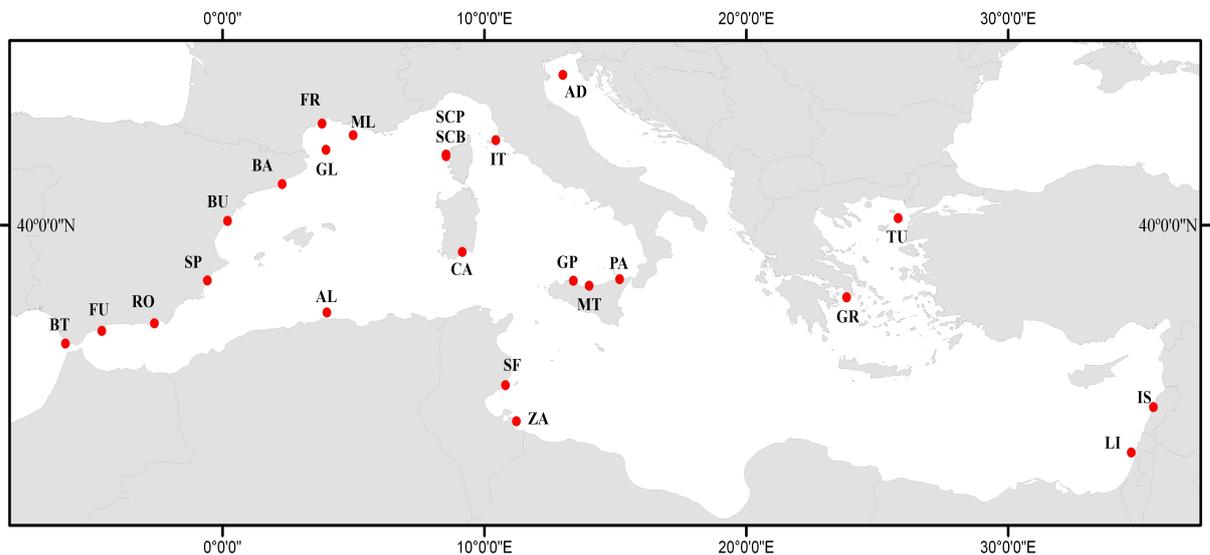


Fig.6.1. Localidades de estudio de la parasitofauna del salmonete de roca en el mar Mediterráneo.

Los parámetros parasitológicos (prevalencia, abundancia media e intensidad media) se calcularon según los criterios de (Bush et al., 1997). Para eliminar los posibles efectos debidos a las diferencias de tamaño muestral sólo se utilizaron en el análisis las especies de digeneos que presentaban una prevalencia mayor del 7% (1/14) en cualquiera de las muestras (véase Tabla 6.2; las especies en negrita son los empleados en al análisis), ya que

el menor tamaño muestral fue de 14 hospedadores. En el salmonete hallamos cuatro tipos de larvas de digeneos: *Aphallus tubarium*, *Proisorhynchus crucibulum*, *Allomonilicaecum* sp., *Stephanostomum* sp., que suelen estar enquistados en el músculo, pero sólo dos de ellas (*A. tubarium* y *P. crucibulum*) presentaban una prevalencia mayor del 7%. Sospechamos que muchos de los estudios previos se centraron en el análisis del tracto digestivo y no en la musculatura, así que realizamos un análisis preliminar para comprobar si existían diferencias en los resultados incluyendo o excluyendo los estados larvarios. Un primer análisis mostró que no existían prácticamente diferencias entre los dos tipos de resultados y, por tanto, sólo expondremos los resultados obtenidos con los digeneos adultos.

Los análisis se realizaron en el paquete estadístico PRIMER v6 (Clarke y Warwick, 2001; Clarke y Gorley, 2006). En un primer análisis, se construyó una matriz de datos de presencia/ausencia de las distintas especies de digeneos en las localidades estudiadas. Con estos datos se calculó la matriz de similitud de las faunas mediante el coeficiente de Jaccard ( $I_j$ ) (Jaccard, 1901), que es adecuado cuando las ausencias de especies no proporcionan ninguna información. En un segundo análisis, se calcularon el índice de similitud Bray-Curtis entre localidades utilizando alternativamente los datos no transformados de prevalencia, abundancia media e intensidad media de las distintas especies de digeneos. Con las matrices de similitud resultantes se realizaron dos análisis: un análisis de escalamiento multidimensional (“Non-metric Multidimensional Scaling” [nMDS]) y un análisis de conglomerados jerárquicos mediante el método de vinculación promedio (“Hierarchical clustering with group-average linking”).

El nMDS es una técnica de representación y ordenación según la similitud de los datos en un plano; sin embargo, este procedimiento no tiene asociado ninguna herramienta de estadística inferencial. La única forma de estimar la fiabilidad de la representación gráfica de la matriz de similitud es el valor de *estrés*. Se admite que valores de estrés menores de 0,2 corresponden a una buena representación de los datos en 2 ó 3 dimensiones. En el caso del análisis jerárquico de conglomerados, para poder obtener agrupaciones (clusters) estadísticamente significativas, se llevaron a cabo 10000 permutaciones con el programa estadístico Primer v.6 (Clarke y Gorley, 2006). Este procedimiento, denominado SIMPROF, examina si cada nodo del dendrograma completo tiene una estructura interna significativa (para más detalles véase Clarke y Gorley, 2006). Finalmente, para representar la similitud de las faunas en dos dimensiones utilizamos la combinación de estos dos métodos, que es la forma más efectiva de comprobar el acuerdo y la consistencia de ambas representaciones (Clarke y Warwick, 2001). En las figuras sólo señalaremos las agrupaciones estadísticamente significativas.

Por otra parte, se calculó la riqueza de las 11 especies de digeneos adultos con una prevalencia mayor del 7% de cada muestreo a nivel de comunidad componente y de infracomunidad. La riqueza de especies de la comunidad de componente (RC) corresponde a la riqueza total de especies de la muestra de hospedadores. Para obtener la riqueza de la infracomunidad (RI), se calculó la riqueza media de especies de digeneos por pez individual. Para ello se sumaron la prevalencia en tanto por uno de todas las especies adultas de digeneos en cada localidad (véase Lotz y Font, 1991). Se utilizaron coeficientes de correlación de Spearman para investigar si existían patrones monotónicos de RC y RI con la longitud.

Se separaron también los digeneos según su especificidad, en generalistas y especialistas, ya que por definición los especialistas suelen estar más ligados a un número más restringido de especies hospedadoras. Se consideraron “especialistas” las especies de digeneos que se habían citado predominantemente en el salmonete de roca y/o salmonete de fango, y “generalistas” cuando se encontraban indistintamente tanto en las dos especies mediterráneas del género *Mullus* como en otros teleósteos. La recopilación de información se llevó a cabo gracias a la base de datos del Museo de Historia Natural de Londres (<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/host-parasites/database/index.jsp>) y a búsquedas bibliográficas en Internet. Se calcularon también los dos tipos de riqueza (RC) y (RI) de especialistas y generalistas y se repitieron las correlaciones de Spearman antes mencionadas por cada grupo por separado.

Finalmente, para saber si existía o no la misma variación en la riqueza media de digeneos entre las localidades de las tres cuencas (oeste, centro y este) se realizó el test de la homogeneidad de la varianzas de Levene. Las localidades se repartieron equitativamente entre las distintas cuencas según su longitud geográfica. En la cuenca occidental se encontraban las siguientes 8 localidades: BT, BA, BU, SP, RO, FU, FR, y GL en la cuenca central 7 localidades: ML, AL, CA; SCP, SCB, SF y ZA y en la cuenca oriental, las 7 localidades: GP, MT, PA, AD, TU, IS y LI.

## Resultados

De los 21 estudios realizados sobre el salmonete de roca se hallaron un total de 19 especies de digeneos (Tablas 6.2 y 6.3). Sólo 13 de estas especies presentaban un valor de prevalencia mayor del 7% en alguna de las muestras (Tabla 6.3).

La Fig.6.2 corresponde al análisis de presencia/ausencia de las 11 especies de digeneos escogidas, con un valor de estrés de 0,08. Esto nos indica que las similitudes entre muestras están adecuadamente representadas en el plano (Fig.6.2). En esta figura se puede observar, en primer lugar, dos grandes grupos: **1)** la región occidental (España, Francia, Argelia y Cerdeña (CA)) y una parte central del Mediterráneo, Túnez (SF y ZA) y **2)** la región oriental (Grecia, Turquía, Israel, Líbano) y una parte central con Italia (ML, IT, MT, GP, PA, AD). Dentro de este primer grupo (el occidental-central) existen otras tres asociaciones significativas; por una parte encontramos todas las muestras de la región francesa (FR, SCB, SCP y GL) y la muestra procedente del atlántico español (BT) juntas, y por otra, las muestras de las localidades españolas (BA, BU, SP, RO y FU) y Argelia (AL) y por otra, las tunecinas (SF y ZA) y la de Cerdeña (CA). Dentro del segundo grupo (el oriental-central), podemos observar una asociación significativa entre la mayoría de las muestras procedentes de Italia (IT, MT, GP, ML), la de Grecia (GR) y la de Turquía (TU).

Tabla 6.2. Presencia (en negro) de 19 especies de digeneos del salmonete de roca en diferentes localidades. Se muestra también el total de especies por cada localidad (T) y la especificidad de los parásitos.

ESPECIES																				
LOC	<i>Of</i>	<i>Pb</i>	<i>Pf</i>	<i>Lm</i>	<i>Tm</i>	<i>At</i>	<i>Pc</i>	<i>Al</i>	<i>Pm</i>	<i>Dl</i>	<i>Dv</i>	<i>Le</i>	<i>Lr</i>	<i>Am</i>	<i>St</i>	<i>Hl</i>	<i>Lc</i>	<i>Pi</i>	<i>Ni</i>	T
BT																				7
FU																				13
RO																				12
SP																				14
BU																				15
BA																				14
FR																				9
GL																				6
AL																				11
ML																				2
SCB																				7
SCP																				8
CA																				8
IT																				1
SF																				5
ZA																				7
GP																				1
MT																				1
PA																				3
AD																				3
GR																				3
TU																				2
IS																				6
LI																				2
<b>Tipo</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>G</b>	<b>E</b>	<b>E</b>												

**Especies:** *Of*, *O. furcatus*; *Pf*, *P. furcatum*; *Lm*, *L. mulli*; *Pb*, *P. bacilliovatum*; *Tm*, *T. mediterranea*; *At*, *Met. A. tubarium*; *Pc*, *Met. P. crucibulum*; *Al*, *A. mulli*; *Pm*, *P. maculatus*; *Dl*, *D. latus*; *Dv*, *D. varicus*; *Le*, *L. excisum*; *Lr*, *L. rufoviride*; *Am*, *Allomonilicaecum* sp.; *St*, *Stephanostomum* sp. Met.; *Hl*, *Holorchis legendrei*; *Lc*, *L. confusus*; *Pi*, *Proparvipyrum israelense*; *Ni*, *Neolepidapedoides israelense*. **Las especies en negrita son las utilizadas en el análisis.**

**Loc (localidades):** BT, Barbate; FU, Fuengirola; RO, Roquetas; SP, Santa Pola; BU, Burriana; BA, Barcelona; FR, Frontignan; GL, Golfo de León; AL, Argelia; ML, Mar de Liguria; SCB, Scandola (Bartoli, 1989); SCP, Scandola (Le Pommelet et al., 1997); CA, Cagliari; IT, Noreste de Italia; SF, Sfax; ZA, Zarzis; GP, Golfo de Palermo; MT, Mar Tirreno; PA, Patti; AD, Mar Adriático; GR, Golfo de Saronicos (Grecia); TU, Gokçeada (Turquía); IS, Israel; LI, Líbano;

**Tipo:** G: Generalista, E: Especialista.

Tabla 6.3. Prevalencia de las 19 especies de digeneos del salmone de roca en las diferentes localidades.

ESPECIES																			
LOC	Of	Pb	Lm	Pf	Tm	At	Pc	Al	Pm	DI	Dv	Le	Lr	Am	St	HI	Lc	Pi	Ni
BT	93,3	6,7	33,3	80,0	26,7	93,3	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FU	81,0	42,0	1,0	46,0	2,0	28,0	32,0	23,0	5,5	1,5	1,5	8,5	5,5	-	-	-	-	-	-
RO	91,0	58,5	23,5	72,0	-	45,5	27,5	46,0	0,5	0,5	-	5,0	1,5	3,0	-	-	-	-	-
SP	91,5	11,5	27,0	68,5	-	71,0	39,5	52,0	5,0	0,5	0,5	23,5	5,0	4,5	0,5	-	-	-	-
BU	75,0	8,0	64,0	51,0	-	93,5	80,0	56,5	7,0	0,5	1,0	7,5	4,5	0,5	0,5	-	1,0	-	-
BA	67,5	28,0	34,5	41,5	-	35,5	40,0	26,0	3,0	0,5	0,5	8,5	3,0	0,5	-	-	1,0	-	-
FR	18,9	2,4	2,4	89,8	0,8	-	-	0,8	66,1	4,0	-	-	-	-	-	1,6	-	-	-
GL	43,8	-	62,5	37,5	87,5	-	-	6,3	-	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	82,0	45,0	28,0	16,0	-	5,0	-	3,0	2,0	4,0	3,0	7,0	-	-	-	8,0	-	-	-
ML	76,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-
SCB	70,8	31,9	34,7	73,6	23,6	-	-	-	-	6,1	-	-	-	-	-	22,7	-	-	-
SCP	80,0	39,0	27,0	70,0	39,5	-	-	12,4	-	6,6	-	-	-	-	-	3,3	-	-	-
CA	9,8	3,3	3,3	6,6	-	11,5	8,2	4,9	-	-	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-
SF	52,0	24,0	-	16,0	-	-	2,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZA	40,0	28,0	-	10,0	-	8,0	2,0	20,0	-	-	-	-	-	-	6,0	-	-	-	-
GP	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MT	75,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA	14,7	5,9	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AD	64,6	-	-	-	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	-	-	-
TU	69,0	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IS	38,5	50,0	-	-	-	-	-	-	30,8	-	-	15,4	-	-	-	-	-	14,3	7,7
LI	34,6	-	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Especies:** Of, *O. furcatus*; Pf, *P. furcatus*; Lm, *L. mullii*; Pb, *P. bacilliovatum*; Tm, *T. mediterranea*; At, *Met. A. tubarium*; Pc, *Met. P. crucibulum*; Al, *A. mullii*; Pm, *P. maculatus*; DI, *D. latus*; Dv, *D. varicus*; Le, *L. excisum*; Lr, *L. rufoviride*; Am, *Allomonilicacum* sp.; St, *Stephanostomum* sp.; Met.; HI, *Holorchis legendrei*; Lc, *L. confusus*; Pi, *Proparvipyrum israelense*; Ni, *Neolepidapedoides israelense*.  
**Las especies en negrita son las utilizadas en el análisis.**

**Loc (localidades):** BT, Barbate; FU, Fuengirola; RO, Roquetas; SP, Santa Pola; BU, Buriñana; BA, Barcelona; FR, Frontignan; GL, Golfo de León; AL, Argelia; ML, Mar de Liguria; SCB, Scandola (Bartoli, 1989); SCP, Scandola (Le Pommelet et al., 1997); CA, Cagliari; SF, Sfax; ZA, Zarzis; GP, Golfo de Palermo; MT, Mar Tirreno; PA, Patti; AD, Mar Adriático; TU, Gokgeada (Turquía); IS, Israel; LI, Líbano.

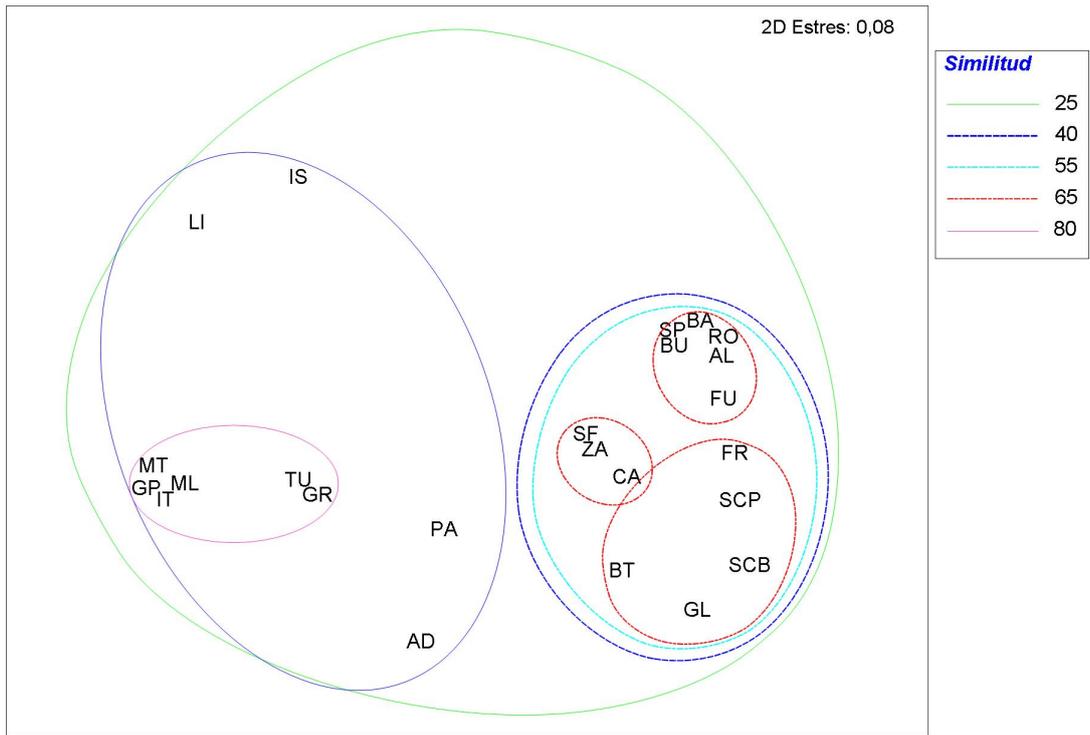


Fig.6.2. Gráfica con la combinación del nMDS y el análisis de conglomerados jerárquico de la presencia/ausencia de 11 especies de digeneos adultos de muestras de salmonete de roca del Mediterráneo. BT, Barbate; FU, Fuengirola; RO, Roquetas; SP, Santa Pola; BU, Burriana; BA, Barcelona; FR, Frontignan; GL, Golfo de León; AL, Argelia; ML, Mar de Ligutia; SCB, Scandola (Bartoli, 1989); SCP, Scandola (Le Pommelet et al., 1997); CA, Cagliari; IT, Noroeste de Italia; SF, Sfax; ZA, Zanzar; GP, Golfo de Palermo; MT, Mar Tirreno; PA, Patti; AD, Mar Adriático; GR, Golfo de Saronicos (Grecia); TU, Gokçeada (Turquía); IS, Israel; LI, Líbano. Nótese que sólo se encuentran señaladas las asociaciones significativas del análisis SIMPROF (véase Materiales y Métodos).

En cuanto al resultado obtenido con la prevalencia de las 11 especies de digeneos, el valor del estrés es de 0,1 (Fig.6.3). Se vuelve a repetir el patrón observado anteriormente con la presencia/ausencia, salvo pequeñas variaciones. Se separan las zonas del Mediterráneo occidental-central (España, Francia, Argelia, Cerdeña y Túnez) de las del Mediterráneo oriental-central (Italia, Grecia y Turquía). La única diferencia es que la muestra de Israel (IS) se encuentra en el grupo occidental. No obstante, dentro del grupo del Mediterráneo occidental-central, la muestra de Israel se halla separada de todas las demás. Vuelven a hallarse asociaciones significativas entre las muestras españolas del Mediterráneo (BA, BU, SP, RO y FU) y la argelina (AL), entre las francesas (FR, SCB y SCP) y entre las tunecinas (SF y ZA) y la sarda (CA).

Las representaciones correspondientes a la abundancia media y la intensidad media no aportaron ninguna clase de estructuración reconocible y congruente como con las anteriores (datos no mostrados). En este caso hay que tener en cuenta que la abundancia y la intensidad medias suelen estar mucho más condicionadas por el número de hospedadores analizados y en este estudio las muestras de salmonete presentaban tamaños muy dispares.

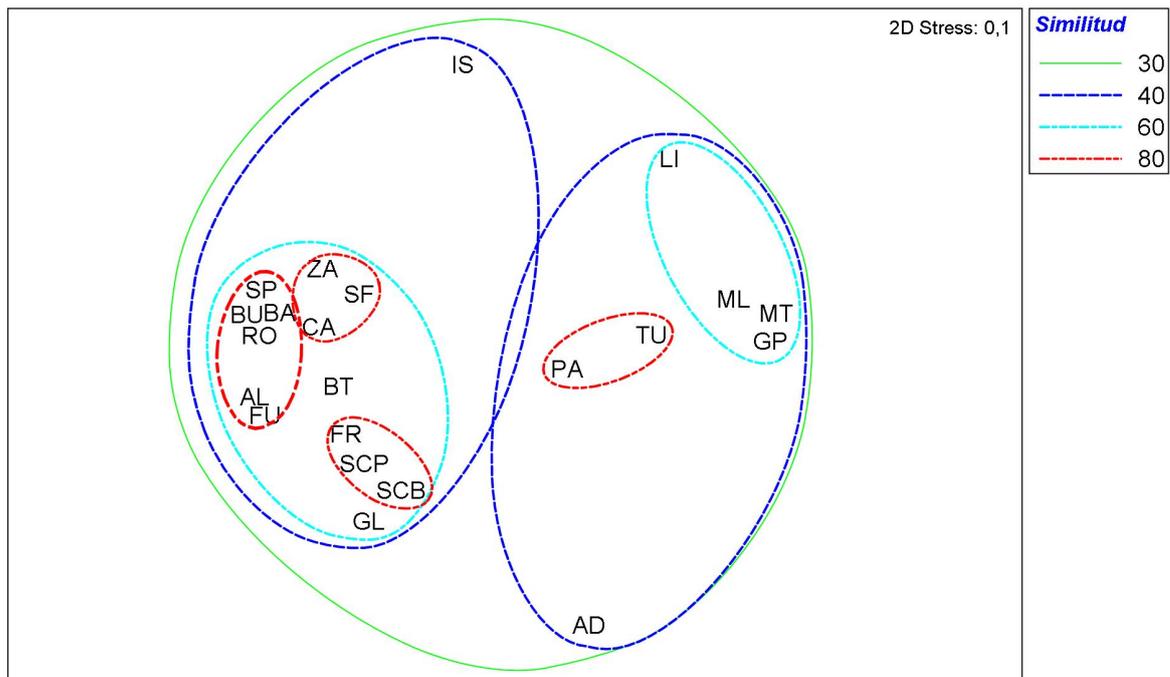


Fig.6.3. Gráfica con la combinación del nMDS y el análisis de conglomerados jerárquico de la prevalencia de las 11 especies de digeneos adultos de muestras de salmonete de roca del Mediterráneo. BT, Barbate; FU, Fuengirola; RO, Roquetas; SP, Santa Pola; BU, Burriana; BA, Barcelona; FR, Frontignan; GL, Golfo de León; AL, Argelia; ML, Mar de Liguria; SCB, Scandola (Bartoli, 1989); SCP, Scandola (Le Pommelet et al., 1997); CA, Cagliari; SF, Sfax; ZA, Zazis; GP, Golfo de Palermo; MT, Mar Tirreno; PA, Patti; AD, Mar Adriático; TU, Gokçeada (Turquía); IS, Israel; LI, Líbano. Nótese que sólo se encuentran señaladas las asociaciones significativas del SIMPROF (véase Materiales y Métodos).

Tanto la riqueza total (comunidad componente) como la riqueza promedio por cada pez individual (infracomunidad) fue mayor en las regiones occidentales y presenta un nivel intermedio-bajo en las regiones más centrales y orientales (Riqueza total=  $r_s$ : -0,657;  $p < 0,001$  y riqueza promedio=  $r_s$ : -0,752;  $p < 0,001$ ) (Figs. 6.4 y 6.5). Cuando se utilizaron digeneos especialistas y generalistas por separado, la tendencia también resultó significativa (**Especialistas**: Riqueza de la comunidad componente,  $r_s$ : -0,654;  $p < 0,001$ ; riqueza de la infracomunidad,  $r_s$ : -0,715;  $p < 0,001$ ; **Generalistas**: riqueza de la comunidad componente,  $r_s$ : -0,516;  $p < 0,005$  y riqueza de la infracomunidad,  $r_s$ : -0,474;  $p < 0,05$ ), aunque con más relevancia en las especialistas. El test de Levene no fue significativo (2,55;  $p = 0,105$ ), lo que indica que existe una variación homogénea en la riqueza media por muestra en las tres cuencas (occidental, central y oriental).

## Discusión

Nuestros resultados sugieren que la fauna de digeneos de la parte occidental y central del Mediterráneo es diferente, y más diversa, que la de la parte oriental. Antes de explicar estos dos patrones tenemos que discutir en qué medida existen factores de confusión que puedan afectar la interpretación biogeográfica. En los estudios de este tipo se requiere que los individuos de las muestras estén perfectamente contados e identificados (Gotelli, 2004; Cox y Moore, 2005). Por lo tanto, la fiabilidad de los patrones depende mucho de que los investigadores detecten todos los especímenes y

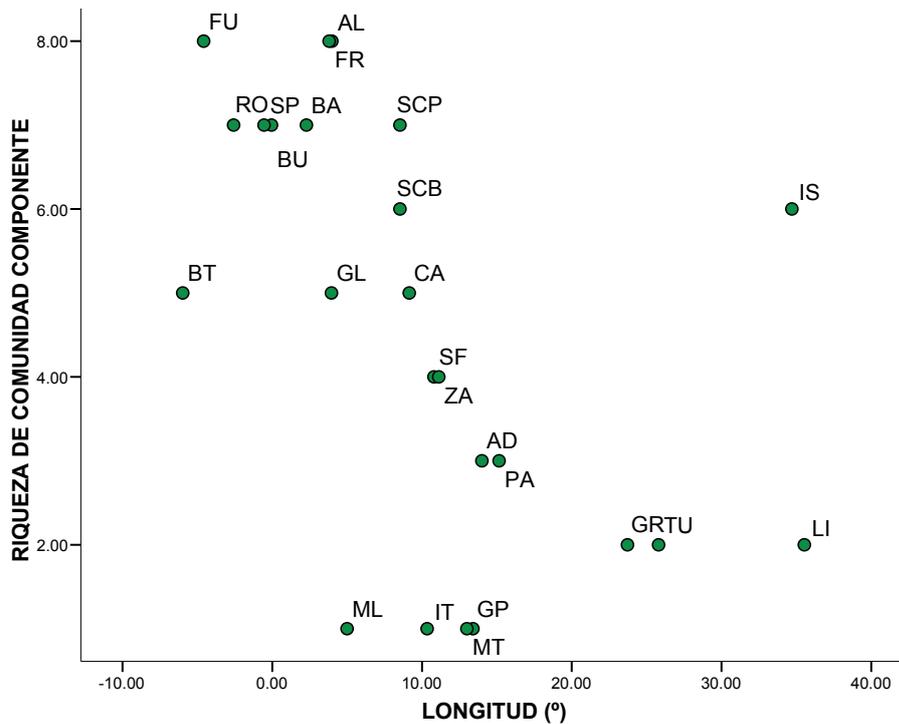


Fig.6.4. Riqueza de la comunidad componente de digeneos de acuerdo con la longitud geográfica de las muestras de salmonete de roca del Mediterráneo. BT, Barbate; FU, Fuengirola; RO, Roquetas; SP, Santa Pola; BU, Burriana; BA, Barcelona; FR, Frontignan; GL, Golfo de León; AL, Argelia; ML, Mar de Liguria; SCB, Scandola (Bartoli, 1989); SCP, Scandola (Le Pommelet et al., 1997); CA, Cagliari; IT, Noroeste de Italia; SF, Sfax; ZA, Zarzis; GP, Golfo de Palermo; MT, Mar Tirreno; PA, Patti; AD, Mar Adriático; GR, Golfo de Saronicos (Grecia); TU, Gokçeada (Turquía); IS, Israel; LI, Líbano.

los identifiquen correctamente. En nuestro estudio asumimos que los errores de conteo e identificación son aleatorios respecto a la tendencia biogeográfica obtenida. Otro problema es la diferencia en el esfuerzo de muestreo de los distintos estudios. En nuestro análisis intentamos controlar este efecto usando sólo las especies de digeneos con una prevalencia mayor al 7% (1/14), siendo ésta la menor prevalencia que se podía encontrar en la muestra de menor tamaño. Así pues, se eliminaron del análisis especies infrecuentes si el número de hospedadores analizados era pequeño, p.e. especies generalistas como *Lecithaster confusus*, *Derogenes varicus*, *Lecithochirium rufoviride*, *Stephanostomum* sp. met., o el estado larvario de *Allomonilicaecum* sp. Estos taxones se han encontrado en los estudios con el mayor tamaño muestral (n=200), pero son poco frecuentes en el salmonete de roca. Otra problema asociado al esfuerzo muestral que podría afectar los resultados es el número de estudios realizados en una zona. En muchos de los trabajos sobre determinantes de la riqueza de especies parásitas, la mejor variable predictora suele ser la intensidad con la que han sido estudiados sus hospedadores en determinadas zonas (Sasal et al., 1997; Sorbe y Galil, 2002; Galil, 2004; Poulin y Morand, 2004). En nuestro estudio se puede observar que la cuenca occidental presenta relativamente más estudios que la cuenca oriental. Aun así, consideramos que en la cuenca oriental existen suficientes estudios que pueden representar bien esta región.

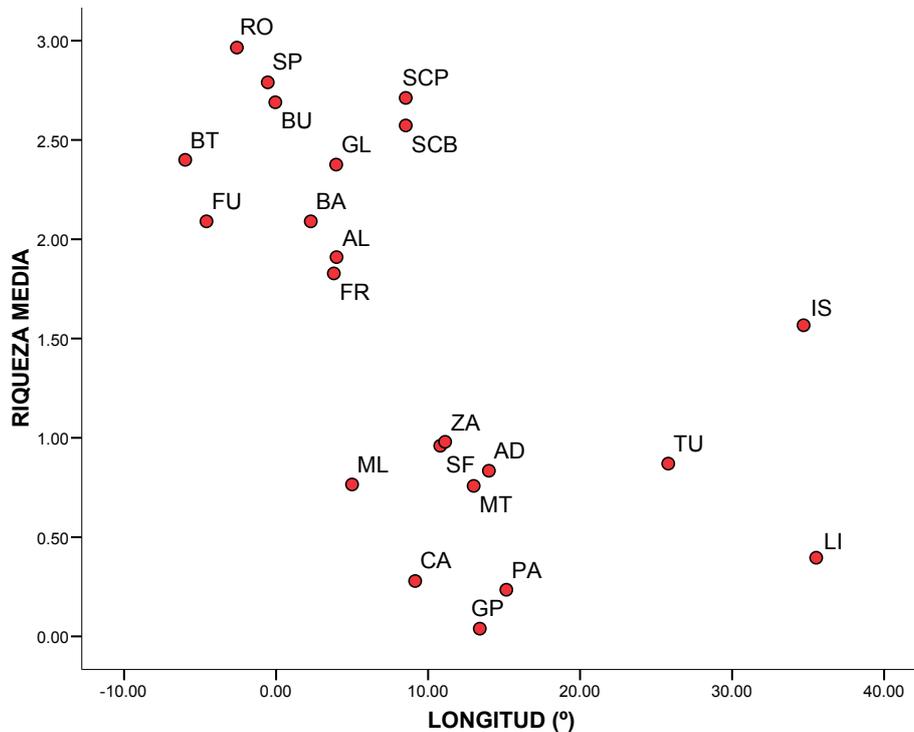


Fig.6.5. Riqueza media de especies de digeneos por pez individual de acuerdo con la longitud geográfica de las muestras. BT, Barbate; FU, Fuengirola; RO, Roquetas; SP, Santa Pola; BU, Burriana; BA, Barcelona; FR, Frontignan; GL, Golfo de León; AL, Argelia; ML, Mar de Liguria; SCB, Scandola datos de Bartoli; SCP, Scandola datos de Le Pommelet; CA, Cagliari; SF, Sfax; ZA, Zarzis; GP, Golfo de Palermo; MT, Mar Tirreno; PA, Patti; AD, Mar Adriático; TU, Gokçeada (Turquía); IS, Israel; LI, Líbano.

Uno de los dos patrones biogeográficos observados en este estudio es la diferencia de composición regional en la fauna de digeneos del salmonete, con tres agrupaciones principales: las muestras españolas y la argelina, las muestras tunecinas y la sarda, y la muestra griega y la turca. Estas agrupaciones no son especialmente sorprendentes, ya que las muestras que se encuentran más cercanas entre sí es probable que se parezcan más que muestras más lejanas, debido a la autocorrelación espacial (véase el Capítulo 8). De las diversas hipótesis que podrían explicar este fenómeno, mencionamos las dos probablemente más relevantes. Por un lado, el efecto de la dispersión descende a medida que aumentamos la distancia entre muestras (Koenig, 1999). Por ejemplo, localidades más cercanas entre sí poseerán faunas más parecidas, tanto de hospedadores intermediarios infectados con el estado infectivo del parásito (normalmente moluscos) como de hospedadores definitivos infectados con el estado adulto. Por otro lado, también puede existir sincronía en los factores ambientales (Koenig, 1999). Variables como la temperatura, salinidad, Ph, profundidad o textura del sedimento pueden influir en el ciclo de vida de los parásitos haciendo que zonas cercanas con características abióticas similares posean faunas más parecidas. En cualquier caso, futuros estudios debería determinar a qué escalas espaciales estos dos tipos de autocorrelación espacial son más relevantes.

En nuestro estudio se hallaron tanto especies de digeneos específicos del género *Mullus* del Mediterráneo (sólo citadas en *M. surmuletus* y/o *M. barbatus*), como otras más generalistas, que se encuentran en multitud de hospedadores (Tabla 6.2). Ambos grupos presentaron un gradiente occidental-oriental de disminución de la riqueza de especies de digeneos, tanto a nivel de comunidad componente como a nivel de infracomunidad. Puesto

que la variación de riqueza de especies es homogénea, dicha disminución difícilmente puede considerarse un artefacto asociado a una mayor variación en la riqueza en la región occidental que en la oriental. Esta rarefacción longitudinal de la riqueza específica en el Mediterráneo se ha observado también en los organismos de vida libre. Según Coll et al. (2010) este patrón se puede explicar por tres factores no excluyentes: 1) la historia paleobiogeográfica del Mediterráneo; 2) la existencia del estrecho Sículo-Tunecino, que divide al Mediterráneo en dos cuencas, de forma que la cuenca occidental muestra una mayor similitud biológica y fisicoquímica con el Atlántico, albergando especies que viven en hábitat fríos y templados, mientras que la oriental se parece más al Indopacífico albergando a un gran número de especies subtropicales y 3) la mayoría de las áreas con una elevada productividad se encuentran en la región occidental, donde convergen muchos taxones para reproducirse y alimentarse. En resumen, la diversidad observada en los organismos de vida libre del Mediterráneo dependería de los factores históricos y ecológicos propios de este mar.

En el mar Mediterráneo acaecieron una serie de dramáticos sucesos paleogeográficos y paleoclimáticos (Duggen et al., 2003) que jugaron un papel fundamental en la evolución histórica de la mayoría de los taxones marinos en esta región (Hanel et al., 2002; Valsecchi et al., 2005). El Mediterráneo es un remanente de un océano extinto, el Tethys. Hacia finales del Mioceno, este océano se convirtió en un mar aislado ya que se cerraron sus conexiones, por el istmo de Suez, en el este (hace aprox. 11 millones de años) (Hüsing et al., 2009), y por el estrecho de Gibraltar, en el oeste (hace 5,96-5,33 millones de años) (Krijgsman et al., 1999). En ese momento, un balance negativo de aporte frente a evaporación de agua transformó al Mediterráneo en una serie de grandes lagos potencialmente evaporables durante la llamada “crisis de salinidad del Mesiniense”, que llevó a que la mayoría de la biota tetiana se extinguiera; sólo sobrevivieron algunas especies de aguas superficiales en ciertas zonas de refugio (Stanley, 1990; Bellan-Santini et al., 1992; Myers, 1996). Después de este periodo de desecación, la colonización de nuevas especies se produjo cuando el Estrecho de Gibraltar se reabrió a principios del Plioceno (hace 5,33 millones de años) (Bianchi y Morri, 2000), creando así una dirección de recolonización en sentido oeste-este (Koukouras et al., 2001; Emig y Gesitdoerfer, 2004). Por tanto, lo más probable es que el ancestro de las especies del género *Mullus* en el Mediterráneo tuviera un origen atlántico (Golani y Ritte, 1999). Los taxones de origen Atlántico fueron encontrando sucesivas barreras a medida que avanzaban hacia el este, por ejemplo, el estrecho Sículo-Tunecino, y diversos cambios climáticos, pero finalmente colonizaron todo el Mediterráneo. Por lo tanto, lo mismo pudo haberle ocurrido a sus parásitos.

Entre las especies de digeneos específicas de salmonetes (*M. surmuletus* y *M. barbatus*) encontramos patrones de distribución distintos. Por ejemplo, *Opecoeloides furcatus* y *Proctotrema bacilliovatum* se hallaron prácticamente en todas las regiones de estudio en el Mediterráneo; incluso esta última especie ha sido citada en el mar Negro en *Mullus barbatus* (Pogoreltseva, 1952). Esto sugiere que la asociación entre estas dos especies parásitas y los salmonetes es muy antigua; incluso podrían ser un legado del ancestro común atlántico de *M. surmuletus* y *M. barbatus*. De hecho, *O. furcatus* ha sido citado en *Mullus surmuletus* del Atlántico (Klimpel et al., 2009).

Otros parásitos específicos como *Lasiotocus mulli*, *Poracanthium furcatum*, *Timonia mediterranea* nunca se han citado en la región oriental del Mediterráneo. La ausencia de estas tres especies en regiones más orientales del Mediterráneo podría ser debida a varias razones. Primero, la asociación parásito-hospedador podría ser tan reciente que aún no hubiera tenido tiempo suficiente de expandirse hasta la región más oriental, tanto si esta asociación hubiera sido por captura de hospedador o por coespeciación. Segundo, podría ocurrir que en el momento de su expansión estas especies parásitas se hubieran extinguido porque el ciclo biológico no se pudiera completar por falta del hospedador intermediario adecuado en esa zona. Finalmente, podría haber sucedido una combinación de las posibilidades anteriores. Por ejemplo, las especies del género *Lasiotocus* están ampliamente extendidas por todo el mundo en carángidos, mugílidos y serránidos (Bartoli y Bray, 2004; Gibson et al., 2005). Posiblemente la presencia de esta especie en el género *Mullus* se deba a algún evento de captura de hospedador en el Mediterráneo occidental en una de las dos especies, que más tarde se transmitiría a la especie congénérica de manera relativamente sencilla gracias a su estrecho parentesco filogenético y hábitos alimenticios similares.

Recientemente, con la apertura del canal de Suez, una gran cantidad de especies procedentes del mar Rojo se han ido estableciendo en el Mediterráneo (Bianchi y Morri, 2000). El hallazgo de especies parásitas como un adulto de *Neolepidapedoides israelense* y tres adultos de *Proparvipyrum israelense* en *M. surmuletus* de Israel podría deberse a este fenómeno, es decir, a una migración lessepsiana (Bianchi y Morri, 2000) a través de otras especies de teleósteos. El género *Neolepidapedoides* es típico de serránidos de la subfamilia Epinephelinae (Cribb et al., 2002) y el género *Proparvipyrum* es monoespecífico y sólo ha sido citado en *M. surmuletus*. Por lo tanto, esta asociación podría ser tan reciente que ni siquiera ha logrado expandirse, o que simplemente podría ser una infección puntual en esa región.

Las especies generalistas halladas en *M. surmuletus*, esto es, *Proctoeces maculatus*, *Lecithocladium excisum* y *Holorchis legendrei* han sido descritas en multitud de teleósteos por todo el Mediterráneo (Gibson et al., 2005). En este trabajo las especies generalistas se han encontrado en mayor número y con más frecuencia en la parte occidental del Mediterráneo que en la oriental, al igual que las especies específicas. Esta tendencia general en el Mediterráneo de empobrecimiento de diversidad de oeste a este es un fenómeno que coincide para la mayoría de los grupos taxonómicos analizados (Sarà, 1985; Crise et al., 1999; Koukouras et al., 2001; Sorbe y Galil, 2002; Emig y Gesitdoerfer, 2004; Galil, 2004; Logan et al., 2004). Se ha demostrado incluso que esta zoogeoclina occidental-oriental presenta una gran correlación con multitud de variables geográficas, climáticas y tróficas (Bethoux et al., 2002; Bethoux et al., 1998; Crise et al., 1999; Danovaro et al., 2008; Danovaro et al., 1999; Danovaro, 2003; Gambi y Danovaro, 2006; Ignatiades et al., 2009). Estas diferentes variables ambientales obviamente afectan a la distribución de las poblaciones biológicas en las dos cuencas (Crise et al., 1999). Esto también se encontró para los invertebrados bentónicos del Mar Mediterráneo; de estos, el 67% se encontraba en el Mediterráneo occidental en comparación con el 28% del mar Levantino (Koukouras et al., 2001). Teniendo en cuenta que los digeneos usan generalmente moluscos como hospedadores intermediarios, esta gran diversidad de invertebrados bentónicos de la

región occidental podría incrementar el número de encuentros entre los hospedadores intermediarios y definitivos en esta región. En este caso, es evidente que la mayor diversidad de organismos de vida libre en la región occidental refleja en una mayor diversidad de especies parásitas, tanto de parásitos específicos del género *Mullus* como generalistas.

En definitiva, la diversidad de digeneos en general es mayor en el Mediterráneo occidental, media en la región central y menor en la parte oriental. Sin embargo, se pueden encontrar algunas excepciones que podrían atribuirse a efectos más locales. Uno de los más importantes es el empobrecimiento de algunas de las muestras italianas (IT, GP y AD). El caso más sorprendente es el estudio de Orecchia y Paggi (1978) del noroeste de Italia (IT), ya que está bastante cerca de la Reserva Natural de Scandola en Córcega (SCB y SCP)(Bartoli et al., 2005) donde la diversidad de digeneos es muy alta. Bartoli et al. (2005) hallaron que, con aproximadamente el mismo tamaño muestral, el número de especies de digeneos de las mismas especies de teleósteos fue mucho mayor en la muestra francesa que en la italiana. El empobrecimiento de esta última muestra podría deberse al alto nivel de contaminación en su localidad de muestreo, algo que no sucede en la Reserva Natural de Scandola, muy bien conservada desde hace unos 25 años. Lo mismo podría haber ocurrido en las muestras del Golfo de Palermo (GP), ya que Arculeo et al. (1997) utilizó muestras procedentes de lugares muy contaminados, p.e. un sumidero y un vertedero. En cuanto a la muestra procedente del mar Adriático, otros autores ya han apuntado una baja diversidad en esta zona debido a su mayor aislamiento con la cuenca occidental (Coll et al., 2010). Por otra parte, también existe el caso contrario, como la muestra de Israel (IS) cuya diversidad es mayor que algunas zonas del centro del Mediterráneo debido probablemente a la introducción de nuevas especies por la apertura del Canal de Suez (Bartoli et al., 2005; Coll et al., 2010).

En resumen, los patrones observados de riqueza y composición de digeneos del salmonete de roca podría explicarse por el conjunto de factores históricos, como la colonización del Mediterráneo a través del Estrecho de Gibraltar y la introducción de fauna lessepsiana por el canal de Suez, y ecológicos, como la mayor productividad en la cuenca occidental que podría intervenir directa o indirectamente en una mayor diversidad encontrada en la cuenca occidental.

## REFERENCIAS

- Akmirza, A. (2000). Metazoan parasites of red mullet (*Mullus surmuletus* L.) caught near Gökçeada. *Journal of Faculty of Veterinary of Medicine University of*, 26, 129-140.
- Al Bassel, D. A. M. L. (2002). Digeneans infecting the striped red mullet (*Mullus surmuletus*) from Egypt. *Egypt J Zool*, 38, 317-325.
- Arculeo, M., Hristosvki, N., and Riggio, S. (1997). Helminth infestation of three fishes (*Serranus scriba*, *Mullus surmuletus*, *Scorpaena porcus*) from a coastal seaground in the Gulf of Palermo (Tyrrhenian Sea). *Italian Journal of Zoology*, 64, 283-286.
- Bartoli, P. Distomatoses des Poissons teleosteens de l'herbier de posidonies de la Reserve Naturelle de Scandola. II Les Trématodes digénétiques de Rouget de roche, *Mullus surmuletus* L. 186, 1-75. 1989. Travaux Scientifiques du Parc Naturel Regional et des Reserves Naturelles de Corse.
- Bartoli, P. and Bray, R. A. (2004). *Ancylocoelium typicum* Nicoll, 1912 (Digenea : Monorchidae), a poorly known parasite of *Trachurus* spp. (Teleostei : Carangidae) from the western Mediterranean and north-eastern Atlantic, and observations on its taxonomic position. *Systematic Parasitology*, 58, 23-39.
- Bartoli, P., Gibson, D. I., and Bray, R. A. (2005). Digenean species diversity in teleost fish from a nature reserve off Corsica, France (Western mediterranean), and a comparison with other mediterranean regions. *Journal of Natural History*, 39, 47-70.
- Begon, M., Harper, J. L., and Townsend, C. R. (1996). *Ecology: individuals, populations and communities*. Oxford: Blackwell Sciente.
- Bellan-Santini, D., Fredj, G., and Bellan, G. (1992). Mise au point sur les connaissances concernant le benthos profond mediterranean. *Oebalia*, 17, 21-36.
- Bethoux, J. P., Morin, P., Chaumery, C., Connan, O., Gentili, B., and Ruiz-Pino, D. (1998). Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine Chemistry*, 63, 155-169.
- Bethoux, J. P., Morin, P., and Ruiz-Pino, D. P. (2002). Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 49, II.
- Bianchi, C. N. and Morri, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 367-376.
- Brahim-Tazi, N. A., Meddour, A., Bayssade-Dufour, Ch., and Boutiba, Z. (2009). Investigation sur les parasites digenea de *Mullus surmuletus* Linné, 1758 dans le littoral algerien. *European Journal of Scientific Research*, 25, 448-462.
- Briggs, J. C. (1995). *Global biogeography*. New York: Elsevier.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., and Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575-583.
- Campos, A. and Carbonell, E. (1994). Parasite community diversity in two Mediterranean labrid fishes *Symphodus tinca* and *Labrus merula*. *Journal of Fish Biology*, 44, 409-413.
- Clarke, K. R. and Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth, UK: PRIMER-E Ltd.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. (2001). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. PRIMER-E*. Plymouth.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C. N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froglia, C., Galil, B. S., Gasol, J. M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M. S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., Lopez-Fe de la Cuadra, C., Lotze, H. K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J. I., San Vicente, C., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., and Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the mediterranean

- sea: estimates, patterns, and threats. *Plos One*, 5, e11842.
- Cox, C. B. and Moore, R. D. (2005). *Biogeography: An ecological and evolutionary approach*. Oxford: Blacwell Publishing.
- Cribb, T. H., Bray, R. A., Wright, T., and Pichelin, S. (2002). The trematodes of groupers (Serranidae: Epinephelinae): Knowledge, nature and evolution. *Parasitology*, 124, S23-S42.
- Crise, A., Allen, J. I., Baretta, J., Crispi, G., Mosetti, R., and Solidoro, C. (1999). The Mediterranean pelagic ecosystem response to physical forcing. *Progress in Oceanography*, 44, 219-243.
- Danovaro, R. (2003). Organic inputs and ecosystem efficiency in the deep Mediterranean Sea. *Chemistry and Ecology*, 19, 391-398.
- Danovaro, R., Dinet, A., Duineveld, G., and Tselepides, A. (1999). Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions-Catalan Sea (western-Mediterranean) and the Cretan Sea (eastern-Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 44, 287-312.
- Danovaro, R., Gambi, C., Lampadariou, N., and Tselepides, A. (2008). Deep-sea nematode biodiversity in the Mediterranean basin: testing for longitudinal, bathymetric and energetic gradients. *Ecography*, 31, 231-244.
- Duggen, S., Hoernle, K., van den Bogaard, P., Rupke, L., and Phipps Morgan, J. (2003). Deep roots of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 422, 602-606.
- Emig, C. C. and Gesitdoerfer, P. (2004). The Mediterranean deep-sea fauna: historical evolution, bathymetric variations and geographical changes. *Notebooks in Geology*, Article 2004/01.
- Fellis, K. J. and Esch, G. W. (2005). Autogenic-allogenic status affects interpond community similarity and species area relationship of macroparasites in the bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*, from a series of freshwater ponds in the Piedmont area of North Carolina. *Journal of Parasitology*, 91, 764-767.
- Ferrer-Castello, E., Raga, J. A., and Aznar, F. J. (2007). Parasites as fish population tags and pseudoreplication problems: the case of striped red mullet *Mullus surmuletus* in the Spanish Mediterranean. *Journal of Helminthology*, 81, 169-178.
- Figus, V., Culurgioni, J., Cortis, M., D'Amico, V., and Canestri-Trotti, G. (2004). Digenetic trematodes of *Mullus surmuletus* (L., 1758) from Gulf of Cagliari, southern Sardinia. *Ittiopatologia*, 1, 41-48.
- Fischthal, J. H. (1980). Some digenetic trematodes of marine fishes from Israel's Mediterranean Coast and their zoogeography, especially those from Red Sea immigrant fishes. *Zoologica Scripta*, 9, 11-23.
- Galil, B. S. (2004). The limit of the sea: the bathyal fauna of the Levantine Sea. *Scientia Marina*, 68, 63-72.
- Gambi, C. and Danovaro, R. (2006). A multiple-scale analysis of metazoan meiofaunal distribution in the deep Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, 53, 1117-1134.
- Gaston, K. J. and Blackburn, T. M. (2000). *Pattern and process in macroecology*. Oxford: Blacwell Scienice.
- Giannetto, S. and Gaglio, G. Indagini parassitologiche in specie ittiche marine selvatiche e allevate nella provincia di Messina. 2005. Ce.S.P.O.M. Promozione del prodotti della pesca e dell'acquacoltura dell'area della provincia di Messina e azioni di supporto alle aziende di produzione dei prodotti ittici per la certificazione di qualità.
- Gibson, D. I., Bray, R. A., Harris, E. A., and Compilers. Host-Parasite Database of the Natural History Museum, London. URL. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/host-parasites/database/index.jsp> . 2005.
- Golani, D. and Ritte, U. (1999). Genetic relationship in goatfishes (Mullidae: Perciformes) of the Red Sea and the Mediterranean, with remarks on Suez Canal migrants. *Scientia Marina*, 63, 129-135.
- González, P. Parasitofauna branquial de *Dentex dentex* (Linneo, 1758) (Pisces: Sparidae). -178. 2005. Universitat de València.
- Gotelli, N. J. (2004). A taxonomic wish-list for community ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359, 585-597.
- Hanel, R., Westneat, M. W., and Sturmbauer, C. (2002). Phylogenetic Relationships,

- Evolution of Broodcare Behavior, and Geographic Speciation in the Wrasse Tribe Labrini. *J Mol Evol*, 55, 776-789.
- Hassan, S. H., Khidr, A. A., and Abu Samak, O. A. (1990). Some helminth parasites of mugilid and sciaenid fishes from mediterranean sea in Egypt. *J Egypt Ger Soc Zool*, 1, 155-167.
- Hüsing, S. K., Zachariasse, W. J., Van Hinsbergen, D. J. J., Krijgsman, W., Inceöz, M., Harzhauser, M., Mandic, O., and Kroh, A. Oligocene-miocene basin evolution in se anatolia, turkey: Constraints on the closure of the eastern tethys gateway. 311, 107-132. 2009.
- Ignatiades, L., Gotsis-Skretas, O., Pagou, K., and Krasakopoulou, E. (2009). Diversification of phytoplankton community structure and related parameters along a large-scale longitudinal east-west transect of the Mediterranean Sea. *Journal of Plankton Research*, 31, 411-428.
- Jaccard, P. (1901). Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. *Bulletin del la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 37, 241-272.
- Kellermanns, E., Klimpel, S., and Palm, H. (2009). Parasite fauna of the mediterranean grenadier *Coryphaenoides mediterraneus* (Giglioli, 1893) from the Mid-Atlantic Ridge (MAR). *Acta Parasitologica*, 54, 158-164.
- Kennedy, C. R. and Bush, A. O. (1994). The relationship between pattern and scale in parasite communities: a stranger in a strange land. *Parasitology*, 109, 187-196.
- Klimpel, S., Kleinertz, S., and Wilhelm-Palm, H. (2009). Distribution of parasites from red mullets (*Mullus surmuletus* L., Mullidae) in the North Sea and Mediterranean Sea. *Bulletin of Fish Biology*, 10, 1-14.
- Koenig, W. D. (1999). Spatial autocorrelation of ecological phenomena. *Tree*, 14, 22-26.
- Koukouras, A., Voultziadou, E., Kitsios, M. S., and Doulgeraki, S. (2001). Macrobenthic fauna diversity in the Aegean Sea, affinities with other Mediterranean regions and the Black Sea. *Bios (Macedonia, Greece)*, 6, 61-76.
- Krijgsman, W., Hilgen, F. J., Raffi, I., Sierro, F. J., and Wilson, D. S. (1999). Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 400, 652-655.
- Le Pommelet, E. Structures spatiales des populations, échelles d'organisation et biodiversité: les Digénes mésoparasites des Rougets du genre *Mullus* (Teleostei, Mullidae). 1997. Université de Montpellier.
- Le Pommelet, E., Bartoli, P., and Silan, P. (1997). Biodiversity of the digeneans and other intestinal helminths of goatfishes: A review for *Mullus surmuletus* (Linne, 1758) and *M-barbatus* (L., 1758) in the Mediterranean basin. *Annales des Sciences Naturelles-Zoologie et Biologie Animale*, 18, 117-133.
- Logan, A., Bianchi, C. N., Morri, C., and Zibrowius, H. (2004). The present-day Mediterranean brachiopod fauna: diversity, life habits, biogeography and paleobiogeography. *Scientia Marina*, 68, 163-170.
- Lomolino, M. V., Riddle, B. R., and Brown, J. H. (2006). *Biogeography*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Lotz, J. M. and Font, W. F. (1991). The role of positive and negative interspecific associations in the organization of communities of intestinal helminths of bats. *Journal of Parasitology*, 103, 127-138.
- Manter, H. W. (1955). The zoogeography of trematodes of marine fishes. *Experimental Parasitology*, 4, 62-86.
- Marques, J. F., Santos, M. J., and Cabral, H. N. (2006). Soleidae macroparasites along the Portuguese coast: latitudinal variation and host-parasite associations. *Marine Biology*, 150, 285-298.
- Merella, P. and Garippa, G. (2001). Metazoan parasites of grey mullets (Teleostea: Mugilidae) from the Mistras Lagoon (Sardinia, western Mediterranean). *Scientia Marina*, 65, 201-206.
- Myers, A. A. (1996). Species and generic gamma-scale diversity in shallow-water marine amphipoda with particular reference to the Mediterranean. *Journal of the Marine biological Association of the United Kingdom*, 76, 195-202.
- Nikolaeva, V. M. and Kovaleva, A. A. (1966). Parasite fauna of *Trachurus* from the Mediterranean basin. *Biologia Morya, Kiev [Helminthofauna of Animals of the Southern Seas]*, 1966, 67-79.
- Nikolaeva, V. M. and Parukhin, A. M. (1969). Trematode fauna of fish in the

- Mediterranean Sea. *Problemy Parazitologii, Trudy Nauchnoi Konferentsii Parazitologov USSR*, 6, 259-262.
- Oliva, M. E. and González, M. T. (2005). The decay of similarity over geographical distance in parasite communities of marine fishes. *Journal of Biogeography*, 32, 1327-1332.
- Orecchia, P. and Paggi, L. (1978). Systematic and ecological aspects of helminth parasites of marine fish studied at the Institute of Parasitology of the University of Rome. *Parassitologia*, 20, 73-89.
- Papoutsoglou, S. E. (1976). Metazoan parasites of fishes from Saronicos gulf Athens, Greece. *Thalassographica*, 1, 69-102.
- Parukhin, A. M., Naidenova, N. N., and Nikolaeva, V. M. (1971). The parasite fauna of fishes caught in the Mediterranean Sea. In Vodjanichky V.A. (Ed.), *Expeditionary investigations in the Mediterranean Sea in May-July, 1970 (66th voyage of the R.V.AK.Kovalevsky)* (pp. 64-87). Kiev: Naukova Dumka.
- Pérez-del Olmo, A., Fernández, M., Gibson, D. I., Raga, J. A., and Kostadinova, A. (2007). Descriptions of some unusual digeneans from *Boops boops* L.(Sparidae) and a complete checklist of its metazoan parasites. *Systematic Parasitology*.
- Pérez-del-Olmo, A., Fernández, M., Raga, J. A., Kostadinova, A., and Morand, S. (2009). Not everything is everywhere: the distance decay of similarity in a marine host-parasite system. *Journal of Biogeography*, 36, 200-209.
- Petter, A. J. and Radujkovic, B. M. (1989). Parasites des poissons marins du Montenegro: nematodes. *Acta Adriatica*, 30, 195-236.
- Pogoreltseva, T. P. (1952). Parasites of fish of the north-eastern part of the Black Sea. *Trudy Institutu Zoologii*, 8, 100-120.
- Poulin, R. and Morand, S. (1999). Geographical distances and the similarity among parasite communities of conspecific host populations. *Parasitology*, 119, 369-374.
- Poulin, R. and Morand, S. (2004). *Parasite biodiversity*. Washington: Smithsonian Books.
- Poulin, R. and Rohde, K. (1997). Comparing the richness of metazoan ectoparasite communities of marine fishes: controlling for host phylogeny. *Oecologia*, 110, 278-283.
- Radujkovic, B. M., Orecchia, P., and Paggi, L. (1989). Parasites des poissons marins du Montenegro: Digenes. *Acta Adriatica*, 30, 137-187.
- Rigby, M. C., Holmes, J. C., Cribb, T. H., and Morand, S. (1997). Patterns of species diversity in the gastrointestinal helminths of a coral reef fish, *Epinephelus merra* (Serranidae), from French Polynesia and the south Pacific Ocean. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne de Zoologie*, 75, 1818-1827.
- Rohde, K. (1982). *Ecology of Marine Parasites*. St. Lucia, Queensland: University of Queensland Press.
- Rohde, K. (1986). Differences in species diversity of Monogenea between the Pacific and Atlantic oceans. *Hydrobiologia*, 137, 21-28.
- Rohde, K. (1993). *Ecology of marine parasites*. Wallingford: CAB International.
- Rohde, K. (2002). Ecology and biogeography of marine parasites. *Advances in Marine Biology*, 43, 1-86.
- Rohde, K. and Heap, M. (1998). Latitudinal differences in species and community richness and in community structure of metazoan endo-and ectoparasites of marine teleost fish. *International Journal for Parasitology*, 28, 461-474.
- Rosenzweig, M. L. (1995). *Species diversity in space ad time*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Saad-Farès, A. Trematodes de poissons des cotes du Liban. Specificite, transmission et approche populationnelle. 1985. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- Sarà, M. (1985). Ecological factors and their biogeographic consequences in the Mediterranean ecosystems. New York, London: Plenum Press.
- Sasal, P., Morand, S., and Guegan, J. F. (1997). Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Marine Ecology-Progress Series*, 149, 61-71.
- Sey, O. (1968). Parasitic helminths occurring in the Adriatic fishes. *Acta Adriatica*, 13, 4-14.
- Sey, O. (1970). Parasitic helminths occurring in adriatic fishes. *Acta Adriatica*, 13, 3-16.
- Simkova, A., Morand, S., Matejusova, I., Jurajda, P. V., and Gelnar, M. (2001). Local and regional influences on patterns of parasite

- species richness of central European fishes. *Biodiversity and Conservation*, 10, 511-525.
- Sorbe, J. C. and Galil, B. S. (2002). The Bathyal amphipoda off the Levantine Coast, eastern Mediterranean. *Crustaceana*, 75, 957-968.
- Stanley, D. J. (1990). Med Desert Theory Is Drying Up. *Oceanus*, 33, 14-23.
- Timi, J. T. (2003). Parasites of Argentine anchovy in the south-west Atlantic: latitudinal patterns and their use for discrimination of host populations. *Journal of Fish Biology*, 63, 90-107.
- Valsecchi, E., Pasolini, P., Bertozzi, M., Garoia, F., Ungaro, N., Vacchi, M., Sabelli, B., and Tinti, F. (2005). Rapid Miocene-Pliocene dispersal and evolution of Mediterranean rajid fauna as inferred by mitochondrial gene variation. *Journal of Evolutionary Biology*, 18, 436-446.
- Willig, M. R., Kaufman, D. M., and Stevens, R. D. (2003). Latitudinal gradients of biodiversity: Pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 34, 273-309.



# **Capítulo 7. Parásitos como marcadores y problemas de pseudorreplicación: el caso del salmonete de roca**

(Basado en el artículo: Ferrer-Castelló E., Raga J.A., Aznar F.J. (2007). Parasites as fish population tags and pseudoreplication problems: the case of striped red mullet, in the Spanish Mediterranean. *Journal of Helminthology* 81: 169-178)



## Introducción

Los parásitos pueden usarse como una herramienta fácil y barata para obtener información ecológica y evolutiva sobre sus hospedadores (Williams et al., 1992; Arthur, 1997; MacKenzie, 2005). Un campo donde los parásitos se han usado tradicionalmente como marcadores es el de la discriminación de stocks: las diferencias espaciales y/o temporales de la carga parasitaria entre muestras de hospedadores podría ayudar a delimitar stocks *ecológicos*, esto es, subpoblaciones de peces que pueden distinguirse por tener comportamientos diferentes, pero que mantienen un considerable flujo genético entre ellas (Lester, 1990; Mackenzie, 2002; véase también el Capítulo 1). Recientemente, los parásitos también se han utilizado como marcadores de trazabilidad. Los estudios de trazabilidad intentan predecir el origen de captura pesquera de una muestra de peces, o idealmente, de un pez individual (Power et al., 2005). Por eso, la trazabilidad puede llegar a ser fundamental para controlar la pesca ilegal, no documentada, y no regulada (véase por ejemplo, Margolis, 1993), para resolver conflictos pesqueros entre países vecinos, y para proporcionar confianza y seguridad a los consumidores (véase el Capítulo 9).

El uso de los parásitos para la discriminación de stocks o la trazabilidad de capturas pesqueras requiere, primero, seleccionar las especies de parásitos apropiadas. Por ejemplo, para la detección y discriminación de stocks, un taxón adecuado debería, al menos, mostrar diferencias significativas en los niveles de infección entre las distintas áreas geográficas, no reproducirse en sus hospedadores, persistir largos periodos (>1 año) y mantener relativamente constante los niveles de infección de año a año (véase el Capítulo 8). Los datos parasitológicos se pueden analizar con métodos univariantes o multivariantes. En los primeros, los parámetros de infección de los parásitos seleccionados se comparan entre distintas regiones, mientras que en los segundos, todos los datos de un subconjunto de especies parásitas se combinan en un único análisis, generalmente un análisis discriminante (Capítulo 8). Los estudios de trazabilidad basados en datos parasitológicos son escasos, pero también han empleado métodos univariantes y multivariantes (Capítulo 9).

En cualquier caso, la obtención de patrones significativos de infección permite obtener inferencias válidas sólo si se lleva a cabo un control adecuado de los factores de confusión (Capítulos 8 y 9). Por ejemplo, la heterogeneidad de edades en las muestras de hospedadores puede influir en los niveles de infección de los parásitos de larga duración, mientras que las diferencias temporales (estaciones, años) pueden confundir las inferencias sobre trazabilidad espacial. Los estudios que usan los parásitos como marcadores normalmente tienen en cuenta este tipo de problemas, pero raramente controlan un error algo más sutil: muchos estudios (1) llevan a cabo un único muestreo de peces en varias localidades; (2) seleccionan las especies de parásitos adecuadas para investigar la discriminación espacial/temporal, y (3) identifican posibles stocks o predicen la localidad de captura basándose en diferencias significativas de los niveles de infección (Arthur y Albert, 1993; Boje et al., 1997; Oliva y Ballón, 2002; Moore et al., 2003; Yamaguchi et al., 2003; Sardella y Timi, 2004; Power et al., 2005; Timi et al., 2005). Sin embargo, este procedimiento sólo está revelando diferencias entre *muestras*. Es decir, se está asumiendo implícitamente que los niveles de infección entre muestras repetidas de la

misma localidad serían más similares entre sí que entre muestras de diferentes localidades. Pero podría no suceder así; muestreos adicionales en las mismas localidades, *pero no exactamente en los mismos sitios*, podría revelar una gran heterogeneidad a pequeña escala en los niveles de infección que podía haberse ignorado al haber realizado un único muestreo, o al unir muestras de las mismas localidades para hacer una comparación única entre éstas últimas. Técnicamente, este tipo de estudios sufre de un problema de pseudorreplicación (Hulbert, 1984; Heffner *et al.*, 1996). Esto no significa que las inferencias sean necesariamente incorrectas, pero uno no puede estar seguro a menos que se lleve a cabo una replicación adecuada. En este capítulo discutimos e ilustramos el problema de la pseudorreplicación y sugerimos que debería tenerse en cuenta más explícitamente en el diseño muestral y la interpretación de los resultados.

Específicamente, en este estudio analizamos los niveles de infección de parásitos de larga duración en el salmonete de roca en tres localidades del Mediterráneo español; el estudio completo, y su interpretación biológica, se desarrollarán en el Capítulo 8. Los resultados del muestreo inicial indican que existen inferencias significativas en los niveles de infección de los parásitos entre distintas localidades. Sin embargo, al repetir los muestreos varias veces en las mismas áreas aparece una gran variabilidad entre muestras que claramente confunde las diferencias entre localidades. Al menos en nuestro caso, los resultados sugieren que utilizar muestras únicas o combinar datos de varias muestras (dos formas de pseudorreplicación) podría generar inferencias erróneas sobre la estructura de los stocks y la capacidad de predecir las localidades de captura.

## **Materiales y métodos**

### *Diseño muestral*

Los salmonetes se adquirieron en los puertos de Barcelona, Burriana y Santa Pola, separados entre sí por 300 km aproximadamente (véase el Capítulo 2). En cada puerto, las muestras de peces se recogieron a principios del verano y a mitad otoño del 2003 y 2004. Los intervalos muestrales nunca excedieron 15 días entre localidades. Los peces se pescaron con redes de trasmallo y de arrastre por barcos artesanales. Los barcos volvían a puerto el mismo día y los pescadores nos confirmaron que su radio de acción pesquero se encontraba entre las 2-10 millas náuticas desde el puerto. Los peces se conservaron en hielo hasta su llegada al laboratorio, donde se midieron, se enrollaron en papel de aluminio, se embolsaron y se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su examen parasitológico. Para minimizar la influencia del tamaño del hospedador, se seleccionó una submuestra de 25 peces con un rango de longitud estándar (LE) de 12,9 a 17,0 cm por cada localidad, estación y año (300 peces en total). La media de LE de los hospedadores de Barcelona fue  $15.0 \pm 8,5$  cm, de Burriana  $14,9 \pm 8,2$  cm, y de Santa Pola,  $14,8 \pm 8,7$  cm. Los tests de Kruskal-Wallis y Kolmogorov-Smirnoff indicaron que no había diferencias significativas ni en la media ni en la distribución del tamaño de los hospedadores entre muestras ( $P > 0,05$ ).

Después de descongelar cada pez, se lavó su superficie externa con solución salina. Se extrajeron sus branquias, se lavaron en solución salina y los arcos branquiales se examinaron uno por uno. Después el pez se diseccionó y evisceró, lavando también con solución salina las superficies internas y la cavidad oral. El corazón, el hígado, el bazo, los riñones, la vejiga urinaria, las gónadas y el cerebro se separaron, se diseccionaron, se lavaron con solución salina y se examinaron en busca de parásitos. El tracto digestivo se dividió en cinco partes (esófago, estómago, ciegos pilóricos, intestino y ano) y cada parte se lavó en solución salina y se examinó por separado. Después del examen, todos los órganos se presionaron individualmente entre placas de cristal y se examinaron para encontrar parásitos que pudieran haber pasado desapercibidos. La musculatura corporal también se examinó del mismo modo. Todo el examen se realizó bajo lupa binocular (6-40x).

Los parásitos se fijaron y conservaron en etanol al 70°. Los metazoos parásitos fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Los trematodos y cestodos fueron teñidos con acetocarmín férrico, deshidratados a través de una serie de etanoles de gradación creciente, aclarados en dimetilftalato y examinados en preparaciones permanentes de Bálsamo de Canadá. Los nematodos y acantocéfalos fueron identificados después de ser aclarados en ácido láctico.

#### *Análisis estadístico*

Para el estudio de discriminación de stocks, seleccionamos los parásitos con una prevalencia y/o abundancia relativamente altas en al menos una localidad, y además, con una larga duración en sus hospedadores (> 1 año) (véase Mackenzie, 1983; McClelland y Marcogliese, 1994). Se utilizó un análisis de conglomerados jerárquicos para identificar grupos de muestras en función de la frecuencia de presencia de estas especies (nótese que el tamaño muestral es siempre el mismo en todas las muestras, 25 peces). Nuestra hipótesis fue que las muestras obtenidas en la misma localidad debían agruparse juntas. Los datos de la frecuencia se transformaron con la raíz a la cuarta, luego se calculó el índice de similitud de Bray-Curtis entre muestras, y finalmente el llevó a cabo conglomerado jerárquico utilizando el método de conglomeración de vinculación promedio (Clarke, 2006). Para un análisis más completo, repetimos el mismo análisis usando todo el conjunto entero de especies parásitas por muestra. Para poder obtener agrupaciones estadísticamente significativas de los conglomerados, se llevaron a cabo 1000 permutaciones con el programa estadístico Primer v.6 (Clarke, 2006). Este procedimiento, llamado SIMPROF, examina si cada nodo del dendrograma completo tiene una estructura interna "significativa" (para más detalles véase Clarke, 2006).

Se usó el test de Kruskal-Wallis para comparar entre localidades los datos de abundancia de cada taxón parásito de larga duración. Las especies que mostraron diferencias significativas se seleccionaron para realizar un MANOVA usando localidad, estación y año como factores. Nuestro objetivo era investigar si existían diferencias congruentes entre localidades pesar de la estación y el año; si fuera así, no debería haber interacciones significativas entre el factor 'localidad' y los otros dos. Por ello, consideramos los tres factores fijos (véase Newman *et al.*, 1997). Incluso después de las transformaciones, los datos parasitológicos no seguían una distribución normal, así que adoptamos el

procedimiento sugerido por Conover (1999): se realizó el análisis con los datos transformados a la raíz cuarta (la transformación que mejor se aproxima a la normalidad), y se asignaron rangos a los datos transformados. Los resultados se interpretaron considerando ambos análisis. Se ha constatado que la MANOVA de las variables transformadas por rangos funciona aceptablemente mejor que su alternativa paramétrica cuando las asunciones de ésta última no se cumplen (Finch, 2005). Los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS v. 14.0.

Para el análisis de trazabilidad se realizaron análisis discriminantes lineales (LDA) con el logaritmo de la abundancia [ $\log_{10}(x+1)$ ] de los taxones parásitos que tuvieran una prevalencia  $>5\%$  al menos en una muestra (Tabla 7.1). El objetivo era evaluar el éxito predictivo de la localidad de captura. Se midió el poder predictivo como el porcentaje de peces correctamente asignados a su localidad. Consideramos 3 posibilidades: 1) LDAs con el método de inclusión por pasos (*stepwise*) usando el conjunto de los datos del año 2003; 2) el mismo método, pero con los datos del año 2004 y 3) un único LDA para todo el conjunto de datos. En todos los casos, la estabilidad de las predicciones, es decir, la ausencia de sobreajuste, fue evaluada con dos métodos: (1) el método *jackknife* (clasificación dejando uno fuera) con el programa SPSS v. 14.0, que predice la localidad de pertenencia de cada pez individual utilizando el resto para realizar los LDAs; (2) la elaboración de 2000 LDAs con remuestreo aleatorio (*bootstrap*) usando el programa SYSTAT 11.0. A partir de estas réplicas se calculó el intervalo de confianza del 95% del porcentaje de los peces clasificados correctamente, a nivel global y por cada localidad.

Se planteó un tercer procedimiento de validación cruzada para evaluar específicamente la posibilidad de pseudorreplicación. La muestra total de peces se dividió en dos mitades. La primera mitad era de entrenamiento (*training*) y se seleccionó con 50 peces escogidos al azar de cada localidad ( $n=150$ ). Se realizó un LDA sobre estos datos, y las funciones discriminantes resultantes se usaron para predecir la localidad de captura de la otra mitad de datos ( $n=150$ ). También utilizamos las muestras del 2003 ( $n=150$ ) para construir las funciones discriminantes y usarlas para predecir la localidad de las muestras de 2004.

Se utilizó el método exacto de Sterne para calcular el intervalo de confianza (IC) del 95% de la prevalencia (Reiczigel, 2003) y 20000 replicaciones *bootstrap* para calcular el IC del 95% de la abundancia media de cada taxón parasitario (Rózsa *et al.*, 2000).

## Resultados

Los parámetros de infección de los 17 taxones con una prevalencia  $>5\%$  en alguna localidad se muestran en la Tabla 7.1. Todos los taxones se encontraron en estado adulto, excepto 5 que se hallaron como larvas: 2 digeneos (*Aphallus tubarium* y *Proisorhynchus crucibulum*), 1 cestodo (*Trypanorhyncha* sp.), 1 nematodo (*Hysterothylacium* sp.), y 1 isópodo (*Gnathia* sp.). La fauna parasitaria estuvo dominada por digeneos (9 spp.) y nematodos (4 spp.). Los copépodos, isópodos, acantocéfalos y cestodos se encontraban representados por un solo taxón. No hubo diferencias cualitativas en la fauna de parásitos

entre las localidades, pero sí cambios sustanciales en la abundancia media de la mayoría de taxones parásitos entre muestras de la misma localidad (Tabla 7.1).

Para llevar a cabo el estudio de discriminación de stocks, se escogieron 4 metazoos parásitos de larga duración: las metacercarias *A. tubarium* y *P. crucibulum*, las larvas de nematodo *Hysterothylacium* sp. (encapsuladas en el mesenterio) y las larvas de cestodo *Trypanorhyncha* sp. (enquistadas en la musculatura). Encontramos diferencias significativas entre localidades en la prevalencia de de todas las especies parásitas (test exacto de Fisher,  $P < 0,000001$ ) excepto en *Trypanorhyncha* sp. ( $P = 0,98$ ). No obstante, el análisis de conglomerados en función de la prevalencia de las tres primeras especies no indicó una clara segregación espacial de las muestras por localidad (Fig.7.1.A). El análisis SIMPROF identificó 2 agrupaciones significativas, una formada por las muestras de otoño de Burriana y Santa Pola del 2003, y otra con el resto de las muestras (Fig.7.1.A). Cuando el análisis de conglomerados se repitió con los 17 taxones parasitarios, tampoco se encontró una clara segregación espacial, ni agrupaciones significativas (Fig.7.1.B).

Los tests de Kruskal-Wallis también revelaron diferencias muy significativas entre localidades en la abundancia de *A. tubarium* ( $\chi^2 = 84,2$ , 2 g.l.,  $P < 0,00001$ ), *P. crucibulum* ( $\chi^2 = 56,1$ ;  $P < 0,00001$ ), e *Hysterothylacium* sp. ( $\chi^2 = 146,2$ ;  $P < 0,00001$ ), pero no en la de *Trypanorhyncha* sp. ( $\chi^2 = 0,17$ ;  $P = 0,92$ ). Sin embargo, la abundancia media de las 3 primeras especies variaba mucho entre muestras dentro de la misma localidad, y no se encontraron diferencias coherentes entre localidades (Fig.7.2). Este patrón fue confirmado estadísticamente por el MANOVA. Los resultados de este análisis ofrecieron los mismos patrones cualitativos tanto usando los datos de las abundancias transformados con la raíz a la cuarta como con rangos. Los resultados con los datos transformados con la raíz a la cuarta indicaron interacciones altamente significativas entre localidad y estación ( $F_{(6, 572)} = 21,1$ ;  $P < 0,0001$ ), localidad y año ( $F_{(6, 572)} = 18,5$ ;  $P < 0,0001$ ) y localidad, año y estación ( $F_{(6, 572)} = 4,3$ ;  $P < 0,0001$ ). (Por brevedad, se omiten los resultados univariantes).

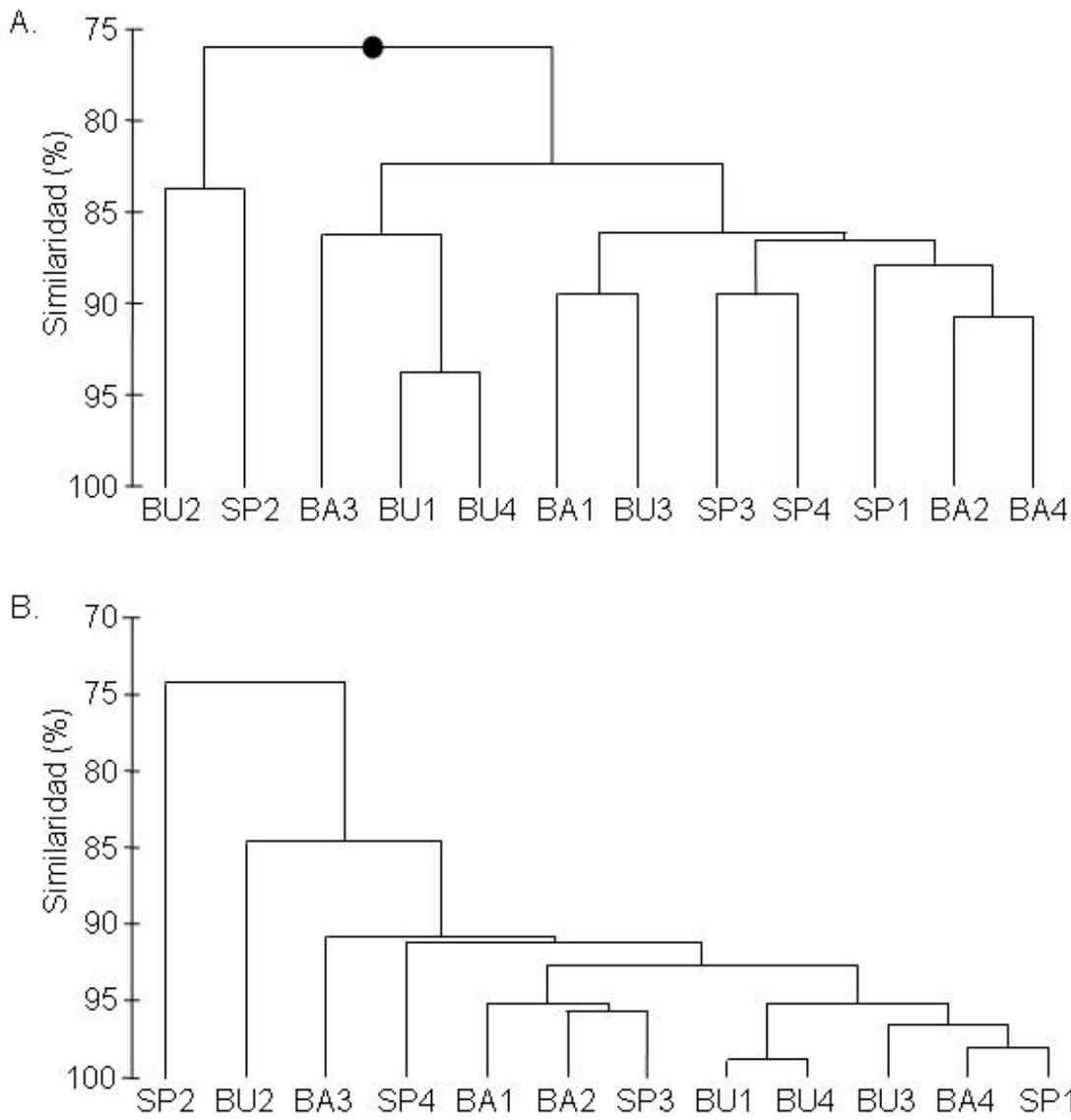


Fig.7.1. Análisis de conglomerados de los datos de prevalencia de 12 muestras del salmonete de roca recogidas de 3 localidades del Mediterráneo español. Las iniciales indican la localidad: BA, Barcelona; BU, Burriana; SP, Santa Pola; y los números indican el periodo; 1, verano 2003; 2, otoño 2003; 3, verano 2004; 4, otoño 2004. A. Análisis basado en la prevalencia de los 3 taxones parasitarios de larga duración; B. análisis basado en la prevalencia de los 17 taxones parasitarios (véase el texto para más detalles).

Tabla 7.1. Abundancia media (IC del 95%) de los 17 taxones parasitarios encontrados en 4 muestras de 25 salmonetes de roca recogidos en 3 localidades del Mediterráneo español (n= 300). Fila de arriba, Barcelona; fila de en medio, Burriana; fila de abajo, Santa Pola.

Taxón	Verano 03	Otoño 03	Verano 04	Otoño 04
<i>Gnathia</i> sp.	0,6 (0,3-1,1)	0,4 (0,1-0,9)	2,4 (1,5-5,2)	0,4 (0,2-0,6)
	15,9 (10,7-22,6)	36,0 (20,8-65,8)	4,4 (2,8-7,0)	46,6 (25,3-97,7)
<i>Hatschekia mulli</i>	9,3 (6,4-14,4)	3,9 (2,8-5,0)	0,7 (0,2-1,9)	0,1 (0-0,2)
	0,2 (0,0-0,6)	0,5 (0,2-0,8)	1,6 (1,0-2,4)	0,4 (0,1-0,7)
<i>Aphallus tubarium</i>	1,2 (0,6-1,8)	0,9 (0,4-1,6)	0,2 (0,0-0,4)	1,0 (0,6-1,4)
	1,4 (0,8-2,6)	1,2 (0,7-1,7)	0,2 (0,0-0,6)	1,9 (1,1-3,0)
<i>Prosorhynchus crucibulum</i>	0,6 (0,3-1,2)	7,2 (3,2-16,0)	0,2 (0,0-0,5)	4,4 (2,1-8,7)
	8,3 (5,6-11,9)	9,3 (6,0-14,7)	6,2 (4,4-8,7)	20,4 (14,2-31,2)
<i>Poracanthium furcatum</i>	5,3 (2,6-11,4)	0,2 (0,0-0,3)	9,2 (4,9-20,9)	2,3 (1,3-3,9)
	0,3 (0,1-0,7)	1,8 (1,0-3,2)	0,4 (0,2-0,6)	2,2 (1,1-4,8)
<i>Opecoeloides furcatus</i>	2,6 (1,8-3,7)	0,8 (0,4-1,3)	4,3 (3,1-5,8)	3,5 (2,4-5,0)
	1,6 (1-2,6)	-	0,6 (0,3-1,4)	0,4 (0,1-0,7)
<i>Lasiotocus mulli</i>	8,4 (2,6-23,2)	0,1 (0,0-0,2)	45,3 (28,6-69,2)	1,2 (0,3-3,0)
	9,2 (4,8-16,6)	4,4 (1,3-16,1)	1,8 (0,8-4,0)	9,6 (6,5-13,9)
<i>Proctotrema bacilliovatum</i>	16,0 (10,1-24,4)	5,9 (3,6-9,0)	9,9 (6,6-13,7)	3,5 (1,9-7,6)
	1,1 (0,6-1,8)	5,5 (3,4-9,6)	0,6 (0,3-1,4)	14,3 (9,1-26,3)
<i>Aponurus laguncula</i>	7,3 (5,0-10,5)*	5,8 (2,8-14,5)	4,7 (2,2-12,3)	8,7 (6,1-12,1)
	14,0 (7,2-34,6)*	17,5 (11,1-37,7)	12,0 (7,2-21,4)	11,8 (7,8-17,0)
<i>Proctoeces maculatus</i>	3,0 (1,1-7,5)	2,6 (0,8-7,0)	15,6 (8,1-29,4)	2,3 (1,1-4,2)
	18,5 (10,7-31,1)	-	5,6 (3,2-10,2)	29,5 (20,8-42,9)
<i>Lecithocladium excisum</i>	8,2 (4,0-15,7)	0,3 (0,0-0,7)	0,6 (0,1-2,3)	0,9 (0,04-2,9)
	0,6 (0,3-1,3)	0,6 (0,2-1,1)	-	1,6 (0,6-3,6)
<i>Ascarophis valentina</i>	-	0,4 (0,0-1,6)	0,6 (0-2,2)	-
	15,6 (0,6-72,3)	0,0 (0,0-0,2)	6,9 (0,1-34,0)	0,0 (0,0-1,2)
<i>Capillaria</i> sp,	2,2 (1,4-3,2)	0,8 (0,3-1,8)	0,6 (0,2-1,2)	0,3 (0,0-0,8)
	2,4 (1,4-3,8)*	2,7 (1,2-6,1)	1,8 (0,8-3,2)	2,2 (1,3-3,9)
<i>Breizacanthus irenae</i>	2,9 (1,9-4,4)	0,9 (0,4-1,6)	1,1 (0,6-1,7)	2,9 (1,8-4,3)
	-	0,0 (0,0-0,1)	-	-
<i>Cucullanus longicollis</i>	-	1,6 (0,8-3,0)	-	0,1 (0,0-0,2)
	0,2 (0,0-0,6)	0,4 (0,1-0,6)	-	-
<i>Trypanorhyncha</i> sp.	-	0,6 (0,3-1,2)	-	0,1 (0,0-0,2)
	0,0 (0,0-0,1)	0,0 (0,0-0,1)	-	0,0 (0,0-0,1)
<i>Hysterothylacium</i> sp,	0,2 (0,0-0,6)	0,0 (0,0-0,1)	0,1 (0,0-0,2)	3,4 (1,8-7,6)
	1,2 (0,4-3,3)	0,6 (0,2-1,2)	1,7 (0,9-3,1)	0,4 (0,2-0,7)
<i>Trypanorhyncha</i> sp.	5,6 (3,7-7,8)	23,0 (16,4-33,4)	0,3 (0,1-0,4)	5,8 (2,6-17,0)
	1,6 (0,7-3,8)	0,1 (0,0-0,4)	0,6 (0,2-1,3)	4,0 (2,3-6,7)
<i>Capillaria</i> sp,	1,4 (0,8-2,0)	0,4 (0,2-1,2)	0,5 (0,2-0,8)	0,2 (0,0-0,4)
	1,1 (0,5-2,0)*	0,2 (0,0-0,6)	0,6 (0,1-2,2)	0,7 (0,3-1,1)
<i>Hysterothylacium</i> sp,	0,1 (0,0-0,4)	0,3 (0,0-0,6)	-	0,2 (0,0-0,5)
	6,3 (4,6-8,2)	7,5 (4,9-11,2)	3,5 (2,6-5,0)	7,3 (5,0-10,0)
<i>Breizacanthus irenae</i>	0,0 (0,0-0,1)	-	0,2 (0,0-0,5)	-
	2,3 (1,5-3,1)	-	3,6 (2,8-4,4)	5,4 (3,8-7,3)
<i>Cucullanus longicollis</i>	0,1 (0,0-0,2)	0,4 (0,2-0,7)	-	0,3 (0,1-0,6)
	-	-	0,0 (0,0-0,1)	-
<i>Trypanorhyncha</i> sp.	-	-	0,04 (0,0-0,1)	0,0 (0,0-0,1)
	0,2 (0,0-0,6)	-	0,6 (0,3-0,9)	-
<i>Breizacanthus irenae</i>	0,5 (0,0-1,9)	-	0,0 (0,0-1,1)	0,0 (0,0-0,1)
	-	-	0,4 (0,1-1,0)	0,1 (0,0-0,2)
<i>Trypanorhyncha</i> sp.	0,1 (0,0-0,2)*	0,1 (0-0,2)	0,2 (0,0-0,4)	0,1 (0,0-0,2)
	0,2 (0,0-0,3)	-	0,4 (0,2-0,6)	0,2 (0,0-0,4)
<i>Trypanorhyncha</i> sp.	0,2 (0,1-0,4)*	0,2 (0,0-0,4)	0,2 (0,0-0,4)	0,0 (0,0-0,1)

(\*) Indica los casos en que los IC del 95% se solapan en las 4 muestras.

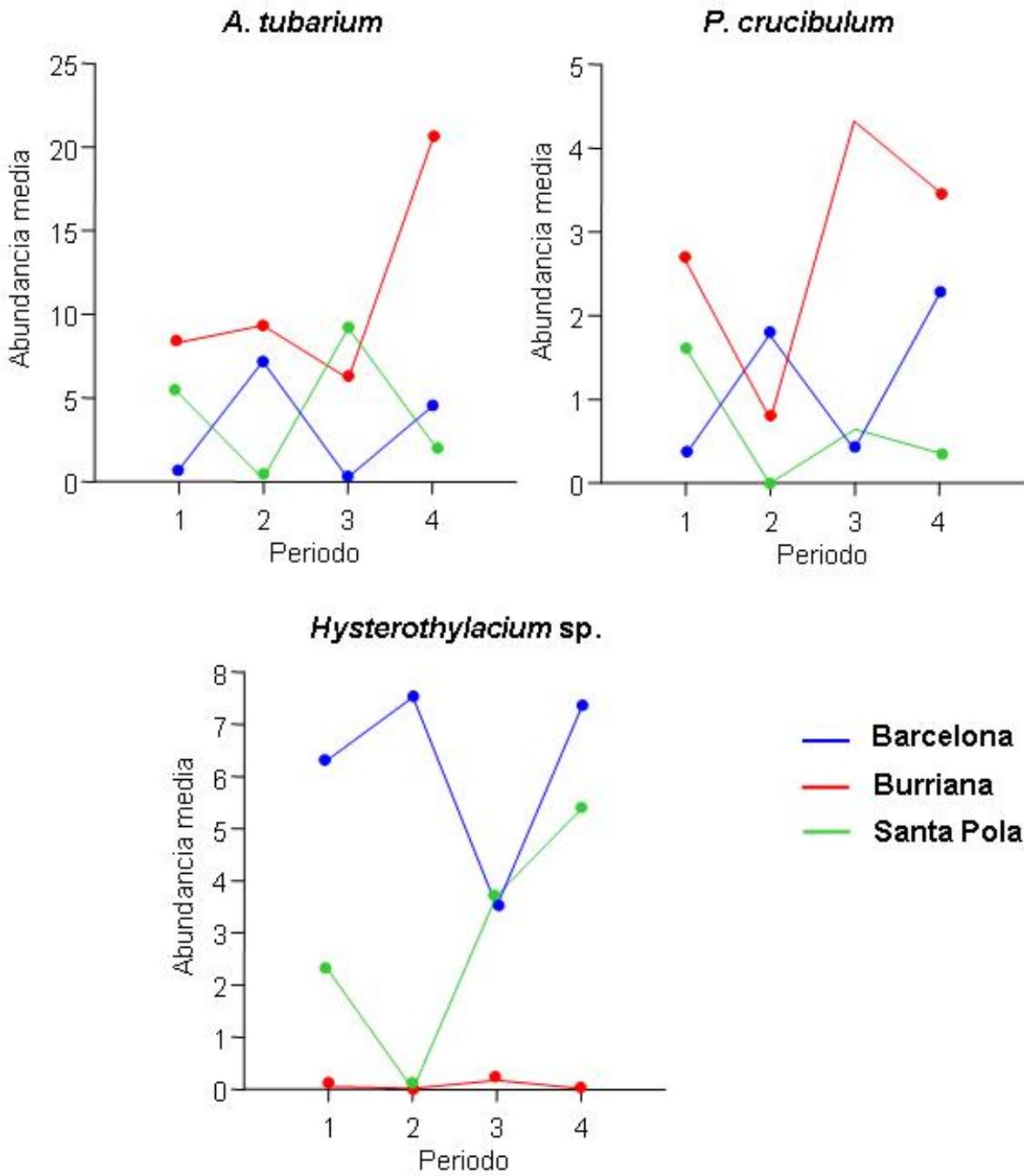


Fig.7.2. Gráficas de la abundancia media de los 3 parásitos de larga duración del salmonete de roca por localidad y por periodo. Periodos: 1, verano 2003; 2, otoño 2003; 3, verano 2004; 4, otoño 2004. Los intervalos de confianza se han omitido para que las gráficas sean más claras, pero se muestran en la Tabla 7.1.

Tabla 7.2. Porcentaje de los salmonetes de roca correctamente clasificados a su localidad usando el análisis discriminante lineal en función de la abundancia de los 17 taxones de metazoos parásitos. Los valores entre paréntesis representan el porcentaje de peces correctamente clasificados usando el método *jackknife*; los valores entre corchetes representan el intervalo de confianza del 95% obtenido de las 2000 muestras *bootstrap*.

Muestra	Porcentaje de peces correctamente clasificados			
	Localidad			Total
	Barcelona	Burriana	Santa Pola	
2003 (n= 150)	86,0 (84,0) [80,0-94,0]	90,0 (86,0) [78,0-92,0]	82,0 (82,0) [72,0-92,0]	86,0 (84,0) [82,0-89,3]
2004 (n= 150)	78,0 (74,0) [68,0-86,0]	94,0 (92,0) [86,0-98,0]	72,0 (70,0) [70,0-92,0]	81,3 (78,7) [80,0-88,0]
Combinado (n= 300)	80,0 (80,0) [71,0-84,0]	89,0 (87,0) [84,0-94,0]	72,0 (72,0) [64,0-78,0]	80,3 (79,7) [77,0-82,7]

Tabla 7.3. Coeficientes estandarizados de cada taxón parasitario de las dos primeras funciones discriminantes (FI y FII) para cada uno de los 3 análisis de la Tabla 2, es decir, por cada año y ambos años combinados.

Taxón parasitario	Año					
	2003		2004		Combinado	
	FI	FII	FI	FII	FI	FII
<i>Gnathia</i> sp.	0,55	-0,22	0,46	-0,05	0,39	-0,05
<i>H. mulli</i>					-0,16	-0,22
<i>A. tubarium</i>	-0,10	0,41	0,13	0,56	0,25	-0,14
<i>P. crucibulum</i>	0,30	0,18	0,33	-0,26	0,34	0,32
<i>P. furcatum</i>	0,24	-0,37	-0,32	0,07	-0,21	-0,33
<i>O. furcatus</i>	-0,11	-0,37			-0,08	-0,38
<i>L. mulli</i>			0,18	-0,64	0,18	0,53
<i>A. laguncula</i>			0,17	0,37	0,04	-0,30
<i>L. excisum</i>			-0,01	0,51	-0,01	-0,33
<i>A. valentina</i>	0,41	0,63			0,41	0,36
<i>Capillaria</i> sp.	-0,21	0,35			0,04	0,34
<i>Hysterothylacium</i> sp.	-0,65	0,24	-0,61	-0,32	-0,53	0,38
<i>C. longicollis</i>					-0,11	0,29

Cuando la mitad de la muestra se seleccionó aleatoriamente para construir las funciones discriminantes, y la otra mitad para evaluar el éxito predictivo, el 73% de los peces fueron correctamente asignados a su localidad de captura (Tabla 7.4). Sin embargo, el poder predictivo descendió drásticamente cuando los datos del 2003 se usaron para construir las funciones discriminantes y clasificar los peces del 2004: solo el 46% de los peces de toda la muestra fueron correctamente asignados a su localidad, con valores por localidad que oscilaban del 12% (Santa Pola) hasta el 64% (Burriana).

Tabla 7.4. Resultados de la clasificación de los análisis discriminantes lineales que muestran el porcentaje de salmonetes de roca correctamente asignados a su localidad de captura mediante dos métodos de validación: 1) la mitad de la muestra total (n=300) recolectada en 2003 y 2004 se seleccionó aleatoriamente para construir las funciones discriminantes, y la otra mitad para validar las predicciones; 2) las muestras del 2003 (n=150) se usaron para construir las funciones discriminantes, y las del 2004 (n=150) para validar las predicciones.

Tipo de validación	Real	Pronosticado			Total
		Barcelona	Burriana	Santa Pola	
Mitad de la muestra aleatoria	Barcelona	72	12	16	
	Burriana	2	78	20	73
	Santa Pola	24	6	70	
Entrenamiento 2003, validación 2004	Barcelona	64	10	26	
	Burriana	4	62	34	46
	Santa Pola	88	0	12	

### Discusión

La composición de la fauna de los metazoos parásitos del salmonete de roca fue similar en las 3 localidades analizadas en el estudio y, por tanto, no existían diferencias de tipo cualitativo que pudieran ser usadas para definir stocks o trazar el origen geográfico de la muestra de peces. Respecto a los datos cuantitativos, el método de análisis generó resultados e interpretaciones diferentes. Cuando los datos de cada localidad se unieron en una única muestra, se observaron diferencias claras entre localidades en los niveles de infección de los parásitos de larga duración; además, los LDAs basados en todos los taxones parasitarios podían predecir la localidad de las capturas pesqueras con un éxito razonable. Sin embargo, este procedimiento es erróneo porque no tiene en consideración el diseño muestral de este estudio. De hecho, hallamos una gran variabilidad, muy significativa, en los niveles de infección de la mayoría de los taxones parasitarios entre muestras, incluso entre las muestras recogidas de una misma localidad. Además, ni los análisis de conglomerados jerárquicos basados en la prevalencia de las especies de larga duración, ni los resultados del MANOVA basado de la abundancia media nos permitieron encontrar diferencias coherentes entre las distintas localidades. En definitiva, a la escala espacial de localidad (aprox. 300 km) no fue posible delimitar stocks de manera fiable. Por otra parte, la predicción del origen de las capturas pesqueras fue muy pobre cuando usamos las muestras de peces de un año para construir las funciones discriminantes y asignar las muestras del año siguiente a sus localidades de origen. Este resultado demostraría que la trazabilidad de los salmonetes de roca basada en datos parasitológicos no es fidedigna.

La gran variabilidad en los niveles de infección entre las muestras de salmonetes podría surgir como consecuencia de la interacción de varios factores que se discutirán con detalle en los Capítulos 8 y 9. Baste señalar en este capítulo que (1) los salmonetes del tamaño escogido (13-17cm de longitud estándar) probablemente son sedentarios y estarían presumiblemente expuestos a una combinación limitada de parásitos; (2) la tasa

de transmisión de muchos parásitos podría variar mucho a pequeñas escalas espaciales (de unos cientos de metros a pocos kilómetros), y (3) en las localidades de estudio la pesca de arrastre o de trasmallos despliegan sus redes en sitios separados por unos pocos kilómetros dentro de su rango de acción, y estos sitios cambian día a día. Es muy probable, pues, que cada muestra de peces de este estudio esté formada por individuos que habrían sido expuestos a fuentes de infección espacialmente muy variables a pequeña escala (la mayoría en un rango de unos pocos kilómetros), que se habrían conservado a largo plazo debido a los hábitos sedentarios de los salmonetes.

Ser conscientes de que los diseños de muestreo para los parásitos de peces marinos deben tener en cuenta la variación potencial a pequeña escala no es nuevo (véase, por ejemplo, Grutter, 1998), pero nuestro trabajo pone de manifiesto que los estudios sobre discriminación de stocks y la trazabilidad pesquera podrían mejorarse significativamente si los estudios se diseñasen, analizasen e interpretasen obteniendo los parámetros de infección a diferentes escalas espaciales. La inmensa mayoría de estudios que usan los parásitos como marcadores poblacionales se han basado en diseños con muestras únicas de peces que se comparaban entre localidades (Arthur y Albert, 1993; Boje et al., 1997; Oliva y Ballón, 2002; Yamaguchi et al., 2003; Sardella y Timi, 2004; Power et al., 2005; Timi et al., 2005). Si hubiéramos seguido el mismo planteamiento, podríamos haber concluido que al menos los tres taxones parasitarios (*A. tubarium*, *P. crucibulum* y *Hysterothylacium* sp.) eran útiles para discriminar stocks en el salmonete de roca entre localidades, o que el conjunto de parásitos tenía un notable éxito para predecir el origen de las capturas pesqueras. Obviamente, ambas conclusiones son erróneas, como podría demostrarse si nuevas muestras invalidaran ambos supuestos, algo muy probable debido a la alta variabilidad intralocalidad.

El caso del salmonete de roca es particularmente claro por ser una especie demersal con hábitos presumiblemente sedentarios. En otros estudios, las conclusiones basadas en la comparación de muestras únicas de la fauna parasitaria podrían ser ecológicamente más sólidas (p.e. en el caso de peces migratorios); además, en algunos casos las conclusiones vienen apoyadas por otro tipo de marcadores poblacionales. En cualquier caso, es importante enfatizar que muchos de estos estudios cometen errores de pseudoreplicación (véase Millar y Anderson, 2004). Por esta razón, recomendamos encarecidamente un muestreo correcto con replicación tanto espacial como temporal siempre que sea posible. Creemos que es la mejor forma de obtener información útil para el manejo de los recursos pesqueros.

## REFERENCIAS

- Arroyo, M. D. C., Salas, C., Rueda, J. L., and Gofas, S. (2006). Temporal changes of mollusc populations from a *Zostera marina* bed in southern Spain (Alboran Sea), with biogeographic considerations. *Marine Ecology-An Evolutionary Perspective*, 27, 417-430.
- Arthur, J. R. (1983). A preliminary analysis of the discreteness of stocks of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the northeastern pacific ocean off Canada based on their parasites. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1184, 1-15.
- Arthur, J. R. (1997). Recent advances in the use of parasites as biological tags for marine fish. In T. W. y. M. I. H. Flegel (Ed.), *Diseases in Asian Aquaculture III*. (pp. 141-152). Manila: Fish Health Section. Asian Fisheries Society.
- Arthur, J. R. y Albert, E. (1993). Use of parasites for separating stocks of greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the Canadian northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 2175-2181.
- Arthur, J. R. y Arai, H. P. (1980). Studies on the parasites of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii* valenciennes): a preliminary evaluation of parasites as indicators of geographical origin for spawning herring. *Canadian Journal of Zoology*, 58, 521-527.
- Blaylock, R. B., Margolis, L., y Holmes, J. C. (2003). The use of parasites in discriminating stocks of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*) in the northeast Pacific. *Fishery Bulletin*, 101, 1-9.
- Boje, J., Riget, F., y Koie, M. (1997). Helminth parasites as biological tags in population studies of greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) (Walbaum), in the north west Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 54, 886-895.
- Clarke, K. R. y G. R. N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth, UK: PRIMER-E Ltd.
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Deudero, S. (2002). Unexpected large numbers of *Mullus surmuletus* juveniles in open waters of the Mediterranean sampled with light attraction devices. *Journal of Fish Biology*, 61, 1639-1642.
- FAO. Report of the sixth stock assessment sub-committee meeting (SCSA), 10-12 May, Málaga (Spain). 2004. Rome, FAO.
- Ref Type: Report
- Finch, H. (2005). Comparison of the performance of nonparametric and parametric MANOVA test statistics when assumptions are violated. *Methodology*, 1, 27-38.
- George-Nascimento, M. (2000). Geographical variations in the jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* populations in the southeastern Pacific Ocean as evidenced from the associated parasite communities. *Journal of Parasitology*, 86, 929-932.
- George-Nascimento, M. y Arancibia, F. H. (1992). Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65, 453-470.
- George-Nascimento, M. y Arancibia, H. (1994). La fauna parasitaria y la morfometría de la merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) como indicadores de unidades de stock. *Biología Pesquera*, 23, 31-47.
- Grutter, A. S. (1998). Habitat-related differences in the abundance of parasites from a coral reef fish: an indication of the movement patterns of *Hemigymnus melapterus*. *Journal of Fish Biology*, 53, 49-57.
- Heffner, R. A., Butler, M. J., y Reilly, C. K. (1996). Pseudoreplication revisited. *Ecology*, 77, 2558-2562.
- Hemmingsen, W., Lombardo, I., y Mackenzie, K. (1991). Parasites as biological tags for cod, *Gadus morhua* L., in northern Norway. a pilot study. *Fisheries Research*, 12, 365-373.
- Hoff, M. H., Pronin, N. M., y Baldanova, D. R. (1997). Parasites of Lake herring (*Coregonus artedii*) from Lake superior, with special reference to use of

- parasites as markers of stock structure. *Journal of Great Lakes Research*, 23, 458-467.
- Hulbert, S. H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54, 187-211.
- Kabata, Z., McFarlane, G. A., y Whitaker, D. J. (1988). Trematoda of sablefish, *Anoploma fimbria* (Pallas, 1811), as possible biological tags for stock identification. *Canadian Journal of Zoology*, 66, 195-200.
- Leaman, B. M. y Kabata, Z. (1987). *Neobrachiella robusta* (Wilson, 1912) (Copepoda: Lernaepodidae) as a tag for identification of stocks of its host, *Sebastes alutus* (Gilbert, 1890) (Pisces: Teleostei). *Canadian Journal of Zoology*, 65, 2579-2582.
- Lester, R. J. G. (1990). Reappraisal of the Use of Parasites for Fish Stock Identification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41, 855-865.
- Lester, R. J. G., Sewell, K. B., Barnes, A., y Evans, K. (1988). Stock Discrimination of Orange Roughy, *Hoplostethus Atlanticus*, by Parasite Analysis. *Marine Biology*, 99, 137-143.
- Lester, R. J. G., Thompson, C., Moss, H., y Barker, S. C. (2001). Movement and stock structure of narrow-barred Spanish mackerel as indicated by parasites. *Journal of Fish Biology*, 59, 833-842.
- Machias, A., Somarakis, S., y Tsimenides, N. (1998). Bathymetric distribution and movements of red mullet *Mullus surmuletus*. *Marine Ecology Progress Series*, 166, 247-257.
- Mackenzie, K. (1983). Parasites as biological Tags in Fish Population Studies. *Annals of Applied Biology*, 7, 251-331.
- Mackenzie, K. (1987). Parasites as indicators of host populations. *International Journal for Parasitology*, 17, 345-352.
- Mackenzie, K. (1990). Cestode parasites as biological tags for mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the Northeast Atlantic. *J Cons int Explor Mer*, 46, 155-166.
- Mackenzie, K. (2002). Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. *Parasitology*, 124, S153-S163.
- Mackenzie, K. y Abaunza, P. (1998). Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. *Fisheries Research*, 38, 45-56.
- Mackenzie, K., Kalavati, C., Gaard, M., y Hemmingsen, W. (2005). Myxosporean gall bladder parasites of gadid fishes in the North Atlantic: their geographical distributions and an assessment of their economic importance in fisheries and mariculture. *Fisheries Research*, 76, 454-465.
- MacKenzie, K. y A. P. (2005). Parasites as biological tags. In S. X. F. K. D. y W. J. R. Cadrin (Ed.), *Stock identification methods: Applications in fishery science*. (pp. 211-225). London: Elsevier Academic Press.
- Marcogliese, D. J. (2002). Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology*, 124, 83-99.
- Marcogliese, D. J., Albert, E., Gagnon, P., y Sévigny, J.-M. (2003). Use of parasites in stock identification of the deepwater redbfish (*Sebastes mentella*) in the Northwest Atlantic. *Fisheries Bulletin*, 101, 183-188.
- Margolis, L. (1993). A case of forensic parasitology. *Journal of Parasitology*, 79, 461-462.
- McClelland, G. y Marcogliese, D. (1994). Larval anisakine nematodes as biological indicators of cod (*Gadus morhua*) populations in the southern Gulf of St. Lawrence and on the Breton Shelf, Canada. *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology*, 4, 97-116.
- Melendy, J., McClelland, G., y Hurlbut, T. (2005). Use of parasite tags in delineating stocks of white hake (*Urophycis tenuis*) from the southern Gulf of St. Lawrence and Cape Breton Shelf. *Fisheries Research*, 76, 392-400.
- Millar, R. B. y Anderson, M. J. (2004). Remedies for pseudoreplication. *Fisheries Research*, 70, 397-407.
- Moore, A. B. M. (2001). Metazoan parasites of the lesser-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* and their potential as stock discrimination tools. *Journal of the Marine biological Association of the United Kingdom*, 81, 1009-1013.
- Moore, B. R., Buckworth, R. C., Moss, H., y Lester, R. J. G. (2003). Stock discrimination and movements of narrow-barred Spanish mackerel across northern Australia as indicated by parasites. *Journal of Fish Biology*, 63, 765-779.
- Morales-Nin, B. (1991). Parámetros biológicos del salmonete de roca *Mullus surmuletus* (L.

- 1758), en Mallorca. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 7, 139-147.
- Moranta, J., Palmer, M., Morey, G., Ruiz, A., y Morales-Nin, B. (2006). Multi-scale spatial variability in fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* meadows in the Western Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 68, 579-592.
- Moser, M. (1991). Parasites as biological tags. *Parasitology Today*, 7, 182-185.
- Moser, M. y Hsieh, J. (1992). Biological tags for stock separation in pacific herring *Clupea harengus pallasii* in California. *Journal of Parasitology*, 78, 54-60.
- Newman, J. A., Bergelson, J., y Grafen, A. (1997). Blocking factors and hypothesis tests in ecology: Is your statistics text wrong? *Ecology*, 78, 1312-1320.
- Oliva, M. E. y Ballón, I. (2002). Metazoan parasites of the Chilean hake *Merluccius gayi gayi* as a tool for stock discrimination. *Fisheries Research*, 56, 313-320.
- Pinedo, S., Sarda, R., y Martin, D. (1996). Seasonal dynamics and structure of soft-bottom assemblages in Blanes Bay (northwest Mediterranean Sea). *Publicacion Especial del Instituto Español de Oceanografía*, 22, 61-70.
- Power, A. M., Balbuena, J. A., y Raga, J. A. (2005). Parasite infracommunities as predictors of harvest location of bogue (*Boops boops* L.): a pilot study using statistical classifiers. *Fisheries Research*, 72, 229-239.
- Reiczigel, J. (2003). Confidence intervals for the binomial parameter: some new considerations. *Statistics in Medicine*, 22, 611-621.
- Rózsa, L., Reiczigel, J., y Majoros, G. (2000). Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology*, 86, 228-232.
- Rueda, J. L., Fernandez-Casado, M., Salas, C., y Gofas, S. (2001). Seasonality in a taxocoenosis of molluscs from soft bottoms in the Bay of Cadiz (southern Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81, 903-912.
- Sanchez-Jerez, P., Cebrian, C. B., y Espla, A. A. R. (1999). Comparison of the epifauna spatial distribution in *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* and unvegetated bottoms: Importance of meadow edges. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 20, 391-405.
- Sardella, N. H. y Timi, J. T. (2004). Parasites of Argentine hake in the Argentine Sea: population and infracommunity structure as evidence for host stock discrimination. *Journal of Fish Biology*, 65, 1472-1488.
- Sindermann, C. (1983). Parasites as natural tags for marine fish: a review. *Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Studies*, 63-71.
- Somdal, O. y Schram, T. A. (1992). Ectoparasites on northeast atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) from western and north sea stocks. *Sarsia*, 77, 19-31.
- Stanley, R. D., Lee, D. L., y Whitaker, D. J. (1992). Parasites of yellowtail rockfish, *Sebastes flavidus* (Ayres, 1862) (Pisces: Teleostei), from the Pacific coast of North America as potential biological tags for stock identification. *Canadian Journal of Zoology*, 70, 1086-1096.
- Timi, J. T. (2003). Parasites of Argentine anchovy in the south-west Atlantic: latitudinal patterns and their use for discrimination of host populations. *Journal of Fish Biology*, 63, 90-107.
- Timi, J. T., Luque, J. L., y Sardella, N. H. (2005). Parasites of *Cynoscion guatucupa* along South American Atlantic coasts: evidence for stock discrimination. *Journal of Fish Biology*, 67, 1603-1618.
- Valle, C., Bayle Sempere, J., and Ramos Espla, A. (2001). Estudio multiescalar de la ictiofauna asociada a praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 en Alicante (sudeste ibérico). *Boletín Instituto Espanol de Oceanografía*, 17, 49-60.
- Williams, H. H., Mackenzie, K., y McCarthy, A. M. (1992). Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, 144-176.
- Williams, R. E. y Lester, R. J. G. (2006). Stock structure of Spanish mackerel *Scomberomorus commerson* along the Australian east coast deduced from parasite data. *Journal of Fish Biology*, 68, 1707-1712.
- Yamaguchi, A., Yokoyama, H., Ogawa, K., y Taniuchi, T. (2003). Use of parasites as biological tags for separating stocks of the starspotted dogfish *Mustelus manazo* in Japan and Taiwan. *Fisheries Science*, 69, 337-342.





**Capítulo 8. Parásitos como  
marcadores de stocks de salmonete  
de roca a diferentes escalas  
espaciales**



## Introducción

Los parásitos representan una herramienta fácil y barata que aporta información ecológica y evolutiva de sus hospedadores (Williams et al., 1992; Arthur, 1997; Mackenzie y Abaunza, 2005). Por esta razón, muchos parásitos se han usado con éxito como marcadores poblacionales de especies de peces marinos (Lester et al., 1988; Lester et al., 2001; Mackenzie, 1990; George-Nascimento y Arancibia, 1992; George-Nascimento y Arancibia, 1994; Arthur y Albert, 1993; Boje et al., 1997; George-Nascimento, 2000; Blaylock et al., 2003; Timi et al., 2005). Un campo donde se aplica extensamente el uso de parásitos como marcadores es en la discriminación de stocks: se realizan comparaciones espaciales y/o temporales de la carga parasitaria, y esto permite delimitar *stocks ecológicos*, esto es, subpoblaciones de peces que pueden distinguirse por comportamientos diferentes, pero entre las cuales aún puede existir un considerable flujo genético (Lester, 1990; Mackenzie, 2002; Capítulo 1). En definitiva, los parásitos ayudan a identificar y manejar estas unidades poblacionales discretas, lo que resulta esencial para el manejo de los recursos pesqueros (Sindermann, 1983; Lester, 1990; Arthur, 1997).

El uso de los parásitos para la discriminación de stocks requiere, en primer lugar, seleccionar las especies de parásitos apropiadas. La mayoría de los investigadores coinciden en que los taxones adecuados deberían, al menos, mostrar diferencias significativas en los niveles de infección entre las distintas áreas geográficas, no reproducirse en sus hospedadores, persistir durante largos periodos (al menos 1 año) y mantener los niveles de infección relativamente constantes a lo largo de los años (Sindermann, 1983; Mackenzie, 1983; Mackenzie, 1987; Mackenzie, 2002; Lester, 1990; Moser, 1991; Williams et al., 1992; Arthur, 1997; Mackenzie y Abaunza, 1998; Mackenzie et al., 2005). No obstante, es muy difícil que se cumplan todas estas condiciones, y por ello, se suele llegar a un compromiso (Sindermann, 1983). Los datos parasitológicos se pueden analizar mediante métodos univariantes o multivariantes. En los primeros, los parámetros de infección (prevalencia y abundancia media) de los parásitos seleccionados se comparan entre distintas regiones (Leaman y Kabata, 1987; Kabata et al., 1988; Hemmingsen et al., 1991; Moser y Hsieh, 1992; Somdal y Schram, 1992; Stanley et al., 1992; Moore, 2001), mientras que en los multivariantes, todos los datos de un subconjunto de especies parásitas se combinan en un único análisis. La técnica multivariante comúnmente más usada es el análisis discriminante (Arthur y Arai, 1980; Arthur, 1983; Arthur y Albert, 1993; Boje et al., 1997; Hoff et al., 1997; Blaylock et al., 2003; Melendy et al., 2005). Para garantizar que las diferencias halladas se deben a la distinta carga parasitaria entre las muestras de peces es necesario controlar las posibles variables de confusión. Por ejemplo, hay parásitos de larga duración que tienden a acumularse más en peces de mayor tamaño o edad, así que es aconsejable controlar el efecto potencial de estas variables cuando se comparan muestras de peces con distribuciones heterogéneas de tamaño o edad (Lester et al., 1988; Lester et al., 2001; George-Nascimento y Arancibia, 1992; George-Nascimento y Arancibia, 1994; Arthur y Albert, 1993; Boje et al., 1997; Oliva y Ballón, 2002; Blaylock et al., 2003; Marcogliese et al., 2003; Timi, 2003; Melendy et al., 2005; Williams y Lester, 2006). Los niveles de infección también pueden cambiar entre estaciones o años, con lo cual dichas variaciones también podrían confundir las diferencias espaciales si el muestreo

es temporalmente heterogéneo (Arthur y Arai, 1980; Leaman y Kabata, 1987; Lester et al., 1988; Hemmingsen et al., 1991; George-Nascimento y Arancibia, 1992; George-Nascimento y Arancibia, 1994; Moore, 2001; Sardella y Timi, 2004).

En este capítulo exploraremos el uso de los parásitos como marcadores para la discriminación de stocks del salmonete de roca que, como ya señalamos en el Capítulo 1, es un teleosteo económicamente muy importante en el Mediterráneo y que se encuentra sobreexplotado. Hasta la fecha no se ha ninguna investigación de este tipo para esta especie. Para este estudio se obtuvieron muestras de diversas localidades del Mediterráneo español con la finalidad de investigar la posibilidad de caracterizar unidades poblacionales discretas. Los datos obtenidos se compararon con una submuestra de salmonetes de roca procedentes de la costa tunecina. Nuestra hipótesis de trabajo era que las poblaciones del salmonete de roca explotadas por flotas de puertos separados por un rango de aprox. 150-300 km representaban stocks diferentes desde un punto de visto del manejo y la gestión. En la mayoría de los estudios previos sobre el manejo del salmonete de roca y especies relacionadas (el salmonete de fango, *Mullus barbatus*) se asume esta hipótesis por defecto (Morales-Nin, 1991; Reñones et al., 1995; Demestre et al., 1997). De hecho, Morales-Nin y Fauquet (1983) y Reñones et al. (1995), para conocer los parámetros biológicos del salmonete de roca, tomaron diferentes muestras de salmonetes de roca a lo largo toda la isla de Mallorca considerando todas las muestras pertenecían a un mismo stock. Del mismo modo, Demestre et al. (1997) evaluaron la explotación del salmonete de fango en el Mediterráneo occidental usando muestras de 4 puertos (Porto Santo Stefano [Italia], Vilanova y la Geltrú, Castellón y Santa Pola) asumiendo que los peces de cada puerto representaban diferentes stocks. Esta asunción se basa implícitamente o explícitamente en dos premisas. En primer lugar, los peces son capturados por pesquerías artesanales que operan normalmente dentro de áreas relativamente pequeñas (en un radio máximo de aproximadamente 40-50 km). En segundo lugar, el salmonete de roca parece realizar sólo movimientos a pequeña escala (Machias et al., 1998) y, por ello, uno esperaría encontrar una mezcla significativa de peces a escala de explotación local, pero poca mezcla entre poblaciones separadas por cientos de kilómetros.

En nuestro estudio, el muestreo de peces se diseñó partiendo también de estas premisas, es decir, los muestreos se realizaron estacionalmente durante dos años consecutivos para asegurarnos de que las diferencias parasitológicas entre peces de diferentes áreas pesqueras, y la posible capacidad predictiva para determinar el origen de capturas, fueran consistentes temporalmente (véase el Capítulo 7). Además, este diseño permitía investigarsi los cambios estacionales en los parámetros de infección, en caso de haberlos, eran congruentes entre localidades. Sin embargo, descubrimos que existía una gran heterogeneidad en la parasitofauna entre las distintas muestras de una misma localidad que no era atribuible a cambios estacionales (véase los resultados; también el Capítulo 7). Ello motivó un análisis a escalas espaciales mayores y menores para tratar de interpretar la razón de esta heterogeneidad. En definitiva, nuestro diseño se realizó a tres escalas diferentes. En primer lugar, se estudiaron las diferencias de los parámetros de infección en 5 localidades del Mediterráneo español; es lo que denominaremos *estudio a mesoescala*. En segundo lugar, ampliamos la escala a investigar las diferencias parasitológicas entre localidades de España y Túnez; es lo que denominaremos *estudio a*

*macroescala*. Por último, se realizó un estudio dentro de una misma localidad, que denominaremos *estudio a microescala*.

## Material y métodos

### Estudio a meso y macroescala

#### *Diseño muestral*

En España, las muestras del salmonete de roca se recogieron estacionalmente durante dos años consecutivos, desde el verano del 2003 hasta la primavera del 2005, en 5 localidades de la costa del Mediterráneo español; se obtuvieron por tanto 8 muestras por localidad. Dichas localidades se hallan separadas por 200-300 km (Fig.8.1). El intervalo de los muestreos entre las distintas localidades dentro de cada estación nunca excedió los 15 días. En Túnez, los salmonetes se recogieron en el invierno y la primavera del 2006 de 2 localidades, Sfax y Zarzis, separadas entre sí por 150 km (Fig.8.1).

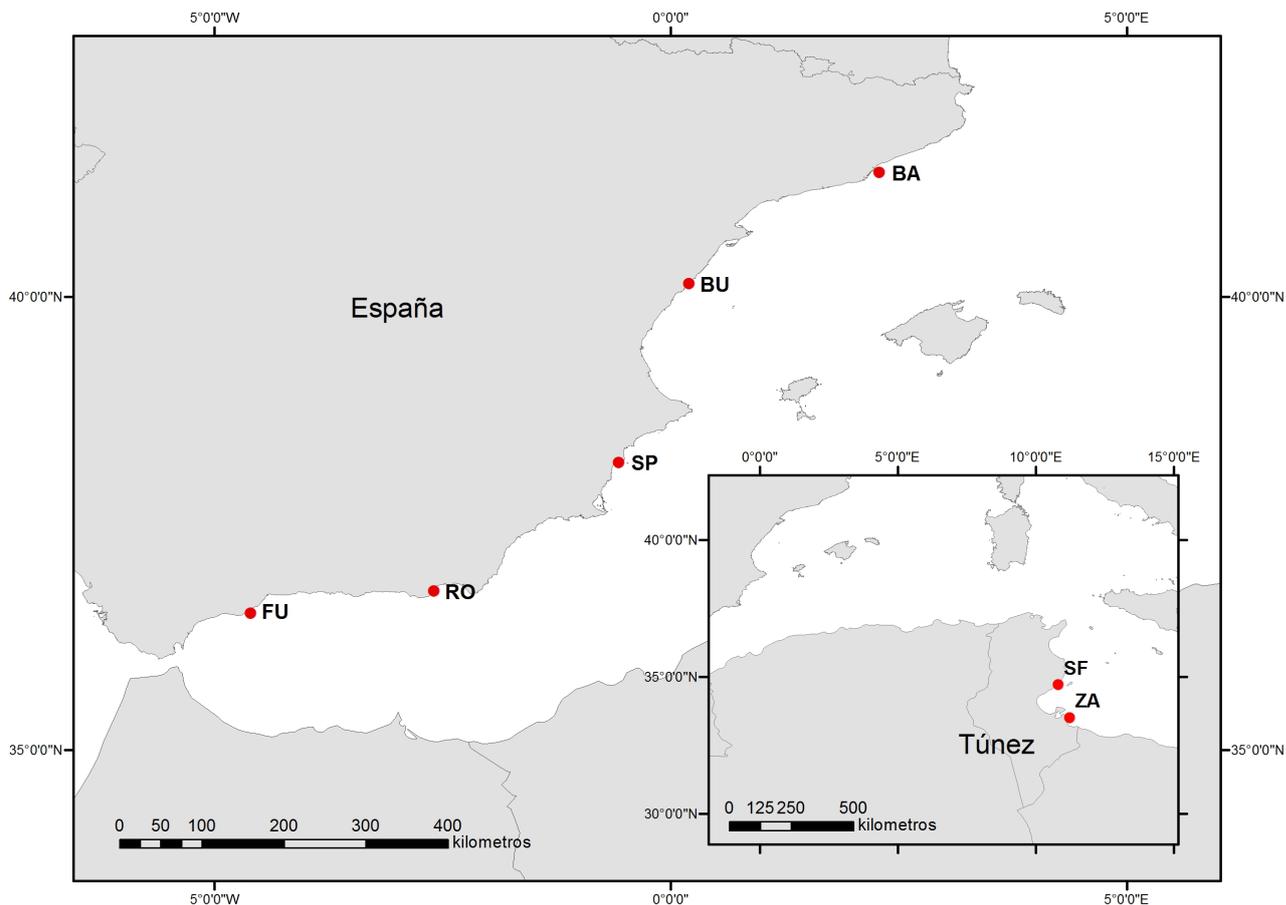


Fig.8.1. Mapa de las localidades de muestreo (en España: BA, Barcelona; BU, Burriana; SP, Santa Pola; RO, Roquetas de mar; FU, Fuengirola; en Túnez: SF, Sfax; ZA, Zarzis) pertenecientes al estudio a meso y macroescala.

De cada muestra se seleccionó una submuestra de 25 peces con valores similares de longitud estándar (LE) para minimizar el posible efecto del tamaño del hospedador en los parámetros de infección de las distintas comparaciones geográficas. La media de la LE  $\pm$  desviación típica (DT) de los peces de las muestras de Barcelona fue de  $15,0 \pm 8,7$  cm (n=200); de Burriana  $15,0 \pm 8,4$  cm (n=200); de Santa Pola  $14,8 \pm 9,0$  (n=200); de Roquetas de Mar  $14,9 \pm 8,7$  cm (n=200); de Fuengirola  $14,8 \pm 9,6$  cm (n=200); de Sfax,  $14,5 \pm 9,1$  cm.(n= 50) y de Zarzis,  $15,0 \pm 10,5$  cm (n= 50). Los tests de Kruskal-Wallis y Kolmogorov-Smirnoff indicaron que no había diferencias significativas ni la mediana ni de la distribución de la LE de los hospedadores entre estas muestras ( $p > 0,05$ ). El total de todas las muestras de peces (n=1100) presentaba un rango que osciló entre 12,2-17,8 cm.

Como la composición de sexos era heterogénea entre muestras (test de Ji-cuadrado ,  $p < 0,0001$ ), nos aseguramos de que no existían diferencias en los parámetros de infección entre sexos en las especies de parásitos escogidas (véase más abajo). Un MANOVA realizado mediante permutaciones con el software PAST (Hammer *et al.*, 2001) con dos machos y dos hembras escogidos al azar por muestra (n= 80 hembras y 80 machos) indicó que no había ningún efecto significativo del sexo ( $p = 0,872$ ).

#### *Análisis estadístico*

Para el estudio de discriminación de stocks seleccionamos 4 taxones parasitarios de larga duración (longevidad  $\geq 1$  año) (véase Mackenzie, 1983), es decir, metacercarias de *Aphallus tubarium* y *Prosohynchus crucibulum* de la musculatura (Matthews, 1973), metacestodos de Trypanorhyncha spp. encontrados en la musculatura (Tentaculariidae spp.) (Chubb, 1980; Mackenzie, 1990), y larvas (L3) de nematodos *Hysterothylacium* sp. del mesenterio (Smith, 1984; Hemmingsen et al., 1993; McClelland y Marcogliese, 1994; Hemmingsen et al., 2000; McClelland y Martell, 2001). Se comprobó además que todos estos taxones poseían una prevalencia y/o abundancia relativamente altas en al menos una localidad (véase el Capítulo 7). Se calcularon los parámetro de infección parasitaria según Bush et al. (1997) y Rózsa et al. (2000). Se calcularon los intervalos de confianza al 95% para la prevalencia con el método exacto de Sterne (Reiczigel, 2003) y para la abundancia mediante un *bootstrap* con 20000 replicaciones (Reiczigel y Rózsa, 2005).

En la naturaleza, los parásitos generalmente se distribuyen de forma agregada entre sus hospedadores; es decir, la mayoría de los hospedadores posee una carga parasitaria baja y sólo unos pocos poseen una carga parasitaria alta (Anderson y May, 1978; Shaw y Dobson, 1995; Shaw et al., 1998). Además, el grado de agregación es muy poco probable que sea homogéneo en todas las poblaciones de parásitos (Shaw y Dobson, 1995; Shaw et al., 1998). Por ello, para estudiar las posibles diferencias de los niveles de infección de las diferentes muestras de peces se utilizaron tests no paramétricos basados en los principios de permutación y aleatorización: ANOSIM (Clarke y Green, 1988; Clarke y Warwick, 2001a; Clarke y Gorley, 2006) y PERMANOVA (Anderson, 2001; McArdle y Anderson, 2001). Estos programas construyen matrices de distancia mediante distintos índices de similitud, lo que permite trabajar con cualquier tipo de datos. Dichas matrices se pueden construir a partir de los datos brutos (sin transformar), con los datos transformados con la raíz cuadrada, la raíz cuarta o mediante logaritmos ( $\log_{10}(x + 1)$ ). Si se usan los datos brutos las especies con

mayor abundancia tendrán más peso en el análisis, mientras que si se aplica la raíz cuadrada, la raíz cuarta, o la transformación logarítmica, se incrementará progresivamente el peso de las especies menos abundantes (véase Clarke y Warwick, 2001b). En el presente estudio, los análisis de la abundancia con los tests mencionados anteriormente se realizaron utilizando los datos brutos, y los datos transformados, bien mediante la raíz cuarta, bien mediante logaritmos.

Para analizar las posibles diferencias de los niveles de infección de los peces entre localidades de un mismo país, y entre muestras dentro de localidades, se utilizaron dos procedimientos. Primero, las diferencias en la prevalencia y la abundancia de los taxones individuales de parásitos entre las distintas localidades se investigaron con un análisis de similitud (ANOSIM). ANOSIM es un test multivariante no paramétrico que se usa para explorar diferencias en el grado de similitud entre muestras. Una de las ventajas de este análisis es que permite realizar comparaciones por pares *a posteriori*. Este programa calcula un estadístico R, que en nuestro caso indicaría la magnitud de la diferencia de similitud entre las muestras de peces objeto de comparación, y al cual se le asocia un nivel de significación. El estadístico R generalmente oscila entre 0 y 1; R=1 significaría que todos los salmonetes de una misma muestra son más similares entre ellos que con los peces de muestras diferentes, mientras que valores cercanos a 0 indicarían que el nivel de similitud entre y dentro de las unidades que se comparan no difiere. Para el análisis de la prevalencia se realizaron análisis ANOSIM tomando “localidad” como factor, y las observaciones, las prevalencias por muestra. En el análisis de abundancias, las observaciones fueron el número de parásitos por pez y, por tanto, el diseño ANOSIM fue anidado, con dos factores; “localidad” (p.e., 5 localidades españolas) y “muestra” como un factor anidado dentro de localidad (p.e. 8 muestras por localidad española). En todos los análisis, las matrices de similitud se obtuvieron utilizando el índice de Bray-Curtis.

En segundo lugar, se usó el paquete estadístico PERMANOVA+ for Primer (Anderson et al., 2008) para comparar la prevalencia y abundancia de los 4 taxones parasitarios a la vez. En este caso, usamos un PERMANOVA porque este análisis permite obtener un estadístico apropiado denominado pseudo-F para cada término del modelo (para más detalles, véase Anderson, 2005); de esta forma se puede evaluar la varianza explicada por cada término. Así pues, para realizar la comparación de la prevalencia entre muestras se usó una PERMANOVA con un factor aleatorio (“localidad”) y para el de presencia/ausencia y abundancia por pez individual se usó una PERMANOVA anidada con dos factores aleatorios, “localidad”, y “muestra” anidada dentro de localidad. Para comparar los datos de presencia/ausencia entre las distintas localidades se utilizaron 2 medidas de distancia: Bray-Curtis y Jaccard, mientras que con la prevalencia y la abundancia sólo se utilizó el índice de Bray-Curtis. Las diferentes matrices se obtuvieron con 10.000 permutaciones de los residuos bajo un modelo reducido, ya que se ha comprobado que proporciona la mejor potencia y el error Tipo I más ajustado (véase Anderson y Legendre, 1999). A partir de los estadísticos obtenidos se calculó la proporción de varianza de los parámetros de infección asociada al factor “localidad” y la asociada al factor “muestra” mediante las fórmulas proporcionadas por Sokal y Rolf (1981).

La comparación entre España y Túnez (macroescala) no pudo llevarse a cabo de la misma manera que la mesoescala, es decir, mediante un diseño anidado con 3 niveles (país, localidad, muestra) debido a la falta de réplicas por localidad en Túnez. Por ello, empleamos una estrategia alternativa. En este caso, usamos análisis discriminantes (AD) para examinar la asignación de peces a su país y a su localidad de origen. Además, este análisis nos permitió investigar el patrón de variación del conjunto de datos de localidades españolas, así como mostrar la contribución de las distintas variables a la separación de las localidades (si es que existía alguna). Se llevaron a cabo 3 ADs, uno en el que la variable de agrupación era “país” (1-2), otro “localidad” (1-7), y, por último, “muestra” (1-44). En éste último se empleó la variable “muestra” para no proporcionar ninguna asignación previa al grupo “localidad” y, así, comprobar el grado de acierto en la clasificación respecto a este factor. Por tanto, se sumaron los resultados de la variable “muestra” atendiendo a la variable agrupación como “localidad”, es decir, asumiendo como acierto, no sólo los peces clasificados correctamente a su muestra, sino también los asignados a otras muestras pero de la misma localidad de procedencia. Se midió el poder predictivo como el porcentaje de peces correctamente asignados a su origen, ya fuera “país” o “localidad”. Todos los ADs se llevaron a cabo con el logaritmo de la abundancia  $[(\log_{10}(x+1))]$  de los taxones de parásitos. En todos los casos, la estabilidad de las predicciones, es decir, la ausencia de sobreajuste, fue evaluada con el método de validación cruzada con el SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EEUU).

#### *Análisis de la similitud con la distancia*

Para examinar específicamente si existía alguna relación entre la similitud de la fauna parasitaria y la distancia geográfica se utilizó en primer lugar un modelo robusto de regresión local no paramétrico (LOESS). Este procedimiento es idóneo para distinguir algún tipo de patrón sin especificar con antelación la forma funcional de la relación; por ejemplo, lineal (para más detalle véase Jacoby, 2000). Al comprobar que el tipo de relación existente entre las variables era prácticamente lineal, se realizó un análisis lineal de regresión múltiple para cuantificarla. En este caso, no se pudo aplicar un análisis de regresión tradicional ya que las observaciones no son independientes (de hecho, las observaciones son valores de similitud entre dos puntos). Por tanto, este análisis se llevó a cabo mediante el programa de libre acceso PERMUTE! 3.4, y que se basa en un procedimiento de permutaciones aleatorias de la variable dependiente que permite obtener una distribución nula con una probabilidad capaz de ser contrastada (para más detalles, véase Legendre et al., 1994). En este estudio se realizaron 10000 permutaciones de la variable dependiente. Los valores de esta última variable, la matriz de distancias de similitud, se calcularon como un promedio de similitud de la abundancia media por muestreo. Los valores de la variable independiente, la matriz de distancias geográficas, se hallaron midiendo en mapas la distancia en línea a lo largo de la costa entre todos los pares de localidades. Se estableció, de forma conservativa, una distancia de 100 km para los muestreos dentro de una misma localidad (recordemos que los pescadores no proporcionaron las coordenadas exactas de captura; véase el Capítulo 2). Nótese que una distancia aproximada de 300 km se correspondía con las comparaciones entre localidades adyacentes, entre 400 km y 900 km con las comparaciones entre localidades españolas más

alejadas, y más de 1000 km con las comparaciones entre localidades españolas y tunecinas. Se realizaron dos aproximaciones LOESS; una, con todos los datos y otra sin los datos intralocalidad (100 km) para investigar si la decisión de sumir 100 km como distancia máxima dentro de localidad afectaba la tendencia general.

### *Caracterización del fondo marino*

Se realizó *a posteriori* un estudio exploratorio de las zonas de pesca para investigar si existía alguna relación entre la similitud en los parámetros de infección de los parásitos dentro de cada localidad con factores físicos propios de cada localidad. Para ello, calculamos el “promedio intralocalidad” a partir de las matrices de similitud Bray-Curtis construidas con la abundancia media de los parásitos (ya que esta es una variable que combina la prevalencia e intensidad media). Estos valores promedio se relacionaron con las características de los fondos de cada localidad, que pudieron obtenerse gracias a los mapas de Rey y Medialdea (1989): área estimada de pesca en cada zona; área de cada sustrato; nº de manchas (“*patches*”) de roca, grava, arena y fango; tamaño medio y desviación típica (DT) de las manchas por cada tipo de sustrato (véase el Capítulo 2). El tamaño de cada tipo de sustrato se estandarizó dividiendo por el área total de cada zona, ya que las áreas de pesca tenían tamaños muy diferentes. A partir de estas medidas también se calculó el índice de densidad de manchas ( $DM = N/A_t * 100$ ), donde N es el nº de manchas y  $A_t$  el área total). Anteriormente, Lombarte et al. (2000) destacaron las preferencias de los salmonetes de roca por sustratos rocosos (rocas o grava), más que por arenosos y/o fangosos; por lo tanto, estos dos tipos de sustratos se unieron para obtener las medidas de un estrato rocoso en general. Todas estas medidas pretendían caracterizar las zonas de pesca y reflejar en cierta medida la heterogeneidad (si la había) de dichos hábitats. En cualquier caso, los resultados deben considerarse de forma tentativa.

### **Estudio a microescala**

#### *Diseño muestral*

Se recogieron 4 muestras de salmonetes en el mismo día de 4 barcos distintos que faenaban en el área pesquera de Burriana (noviembre de 2007). Dada la importancia de este estudio para la interpretación de los datos, se persuadió a los pescadores para que nos indicaran las coordenadas geográficas exactas de captura. La distancia entre barcos oscilaba de 1-40 km (Fig.8.2). Según las cartas sobre fondos marinos, los barcos 1 y 2 faenaban sobre suelo fangoso mientras que las 3 y 4 sobre suelo arenoso (Fig.8.2). En este caso, el tamaño muestral de peces en cada barco dependió mucho de su disponibilidad. La media y la distribución de la LE no difirió entre muestras (test de Kruskal-Wallis y de Kolmogorov-Smirnov,  $p \gg 0.05$ ):  $16,0 \pm 1,4$  cm (barco 1,  $n = 20$ );  $16,7 \pm 1,6$  cm (barco 2,  $n = 21$ ),  $17,0 \pm 2,0$  (barco 3,  $n = 16$ ), y  $15,9 \pm 1,3$  (barco 4,  $n = 19$ ).

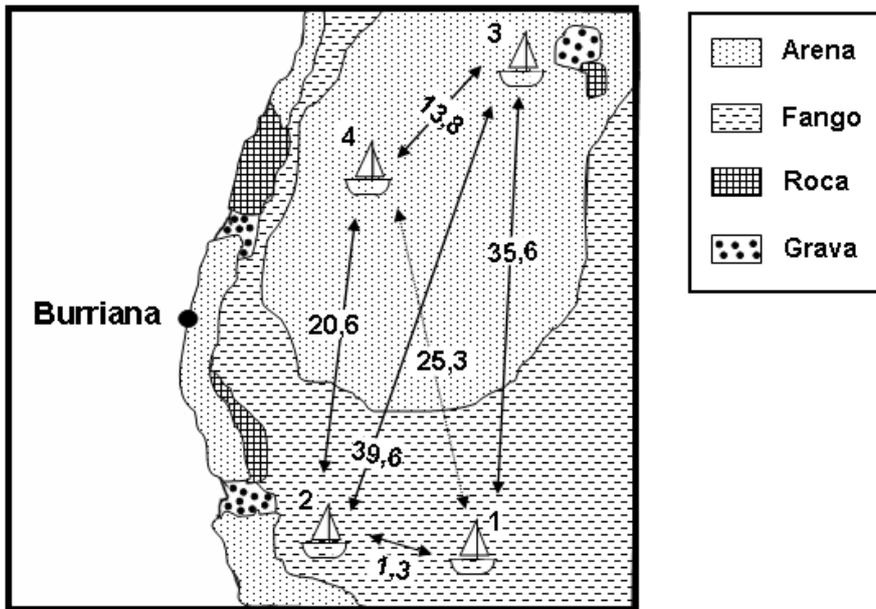


Fig.8.2. Mapa de los puntos de captura de los 4 barcos de muestreo en Burriana. Se muestran las distancias entre barcos (km) y el tipo de fondo sobre el que operaron. Fisiografía de fondo tomada de Rey y Medialdea (1989).

### *Análisis estadístico*

Para comparar la parasitofauna en conjunto se usó el test PERMANOVA (véase más arriba) con un factor aleatorio “barco” (1-4). El método de permutación elegido en este caso fue el de permutación no restringida de datos brutos, ya que proporciona el p-valor exacto (véase Anderson et al., 2008). Se utilizaron los tests  $\chi^2$  y Kruskal-Wallis para comparar la prevalencia y la abundancia, respectivamente, de cada uno de los 4 taxones parasitarios entre los barcos. En el test de Kruskal-Wallis se utilizaron comparaciones *post hoc* (Conover, 1999) para averiguar entre qué barcos existían diferencias significativas. En todas las comparaciones a posteriori de los análisis ANOSIM y PERMANOVA, se consideraron las dos probabilidades, las de los valores nominales de probabilidad y las de los valores corregidos por el procedimiento secuencial de Bonferroni (Rice, 1989; Nakagawa, 2004). El análisis de Bonferroni secuencial se realizó con el programa SGoF (Carvajal-Rodríguez *et al.*, 2009).

## **Resultados**

### **Estudio a meso y macroescala**

Las 4 especies de larga duración aparecieron en las 7 localidades, excepto *A. tubarium* que no se detectó en Sfax. Los parámetros de infección por localidad se muestran en la tabla 8.1. Se encontraron diferencias muy significativas en la prevalencia y la abundancia de cada taxón parasitario entre localidades, excepto en el caso de *Trypanorhyncha* spp. (Tabla 8.3). Asimismo, se hallaron diferencias entre las muestras de una misma localidad en todos los taxones de parásitos (Tablas 8.2, 8.3 y Figs.8.3 y 8.4). Las comparaciones por pares entre localidades no sugerían la existencia de ninguna señal

Tabla 8. 1. Parámetros de infección (P= Prevalencia; AM= Abundancia media) de los parásitos de larga duración (*Aphallus tubarium*, *Prosoorhynchus crucibulum*, *Hystherotyplacium* spp., *Trypanorhynchus* spp.) en 7 localidades de estudio (BA, Barcelona; BU, Burriana; SP, Santa Pola; RO, Roquetas de mar; FU, Fuengirola; SF, Sfax; ZA, Zarzis. Los valores entre paréntesis representan el intervalo de confianza al 95% de la prevalencia y la abundancia media, y los valores entre corchetes representan el rango.

I	Taxones parasitarios												
	<i>A. tubarium</i>			<i>P. crucibulum</i>			<i>Hystherotyplacium</i> spp.			<i>Trypanorhynchus</i> spp.			
	P	AM	P	AM	P	AM	P	AM	P	AM	P	AM	
BA	35,5 (29,0-42,5) [12,0-64,0]	2,4 (1,6-3,6) [0,2-7,2]	40,0 (33,2-47,0) [20,0-60,0]	1,0 (0,7-1,4) [0,3-2,2]	88,5 (83,3-92,3) [76,0-96,0]	5,9 (5,1-6,9) [2,9-10,5]	18,0 (13,2-23,9) [0,0-40,0]	0,2 (0,2-0,3) [0,0-0,5]	35,5 (29,0-42,5) [12,0-64,0]	2,4 (1,6-3,6) [0,2-7,2]	40,0 (33,2-47,0) [20,0-60,0]	1,0 (0,7-1,4) [0,3-2,2]	88,5 (83,3-92,3) [76,0-96,0]
BU	93,5 (89,1-96,3) [84,0-100,0]	15,1 (12,7-18,2) [6,2-27,3]	80,0 (73,8-85,0) [40,0-96,0]	2,9 (2,5-3,4) [0,8-4,3]	17,5 (12,7-23,4) [0,0-68,0]	0,3 (0,2-0,4) [0,0-1,4]	19,5 (14,4-25,7) [0,0-32,0]	0,2 (0,2-0,3) [0,0-0,4]	93,5 (89,1-96,3) [84,0-100,0]	15,1 (12,7-18,2) [6,2-27,3]	80,0 (73,8-85,0) [40,0-96,0]	2,9 (2,5-3,4) [0,8-4,3]	17,5 (12,7-23,4) [0,0-68,0]
SP	71,0 (64,3-77,0) [16,0-88,0]	5,2 (4,0-7,0) [0,2-9,2]	39,5 (32,8-46,5) [0,0-68,0]	0,9 (0,6-1,2) [0,0-2,0]	73,5 (66,8-79,3) [56,0-100,0]	3,6 (3,1-4,2) [2,0-8,7]	12,0 (8,1-17,2) [4,0-24,0]	0,1 (0,1-0,2) [0,0-0,3]	71,0 (64,3-77,0) [16,0-88,0]	5,2 (4,0-7,0) [0,2-9,2]	39,5 (32,8-46,5) [0,0-68,0]	0,9 (0,6-1,2) [0,0-2,0]	73,5 (66,8-79,3) [56,0-100,0]
RO	45,5 (38,7-52,5) [4,0-72,0]	2,0 (1,5-2,6) [0,4-4,4]	27,5 (21,7-34,2) [0,0-52,0]	0,5 (0,4-0,7) [0,0-1,2]	69,5 (62,8-75,5) [0,0-96,0]	4,0 (3,2-5,0) [0,0-13,4]	16,5 (12,0-22,4) [0,0-44,0]	0,2 (0,2-0,4) [0,0-0,9]	45,5 (38,7-52,5) [4,0-72,0]	2,0 (1,5-2,6) [0,4-4,4]	27,5 (21,7-34,2) [0,0-52,0]	0,5 (0,4-0,7) [0,0-1,2]	69,5 (62,8-75,5) [0,0-96,0]
FU	28,0 (22,1-34,7) [16,0-48,0]	0,7 (0,5-1,0) [0,2-2,0]	32,0 (25,7-38,8) [12,0-48,0]	0,5 (0,4-0,7) [0,2-0,8]	33,5 (27,2-40,5) [8,0-60,0]	0,7 (0,5-1,0) [0,1-2,0]	18,5 (13,6-24,5) [8,0-40,0]	0,5 (0,3-0,9) [0,1-1,0]	28,0 (22,1-34,7) [16,0-48,0]	0,7 (0,5-1,0) [0,2-2,0]	32,0 (25,7-38,8) [12,0-48,0]	0,5 (0,4-0,7) [0,2-0,8]	33,5 (27,2-40,5) [8,0-60,0]
SF	0,0 (0,1-10,6) [0,0-4,0]	0,0 (0,0-0,1) [0,0-0,1]	2,0 (0,1-10,6) [0,0-4,0]	0,0 (0,0-0,1) [0,0-0,1]	56,0 (41,9-69,1) [20,0-92,0]	6,3 (3,9-9,8) [0,2-12,4]	52,0 (37,9-66,1) [20,0-84,0]	10,4 (5,7-18,0) [0,2-20,6]	0,0 (0,1-10,6) [0,0-4,0]	0,0 (0,0-0,1) [0,0-0,1]	2,0 (0,1-10,6) [0,0-4,0]	0,0 (0,0-0,1) [0,0-0,1]	56,0 (41,9-69,1) [20,0-92,0]
ZA	8,0 (2,8-18,8) [0,0-16,0]	0,2 (0,0-0,4) [0,0-0,3]	2,0 (0,1-10,6) [0,0-4,0]	0,0 (0,0-0,1) [0,0-0,1]	28,0 (16,7-42,0) [4,0-52,0]	1,4 (0,7-2,9) [0,1-2,8]	32,0 (20,1-46,0) [12,0-52,0]	1,1 (0,6-1,8) [0,6-1,5]	8,0 (2,8-18,8) [0,0-16,0]	0,2 (0,0-0,4) [0,0-0,3]	2,0 (0,1-10,6) [0,0-4,0]	0,0 (0,0-0,1) [0,0-0,1]	28,0 (16,7-42,0) [4,0-52,0]

geográfica clara: tanto localidades próximas como lejanas mostraron diferencias en los niveles de infección de los parásitos. Por ejemplo, en el caso de *Hysterothylacium* spp., existían diferencias en la prevalencia entre las localidades más cercanas, Barcelona y Burriana (88,5% vs. 17,5%), y entre las más alejadas, Barcelona y Fuengirola (88,5% vs. 33,5%) (Tabla 8.1).

El análisis PERMANOVA basado en la prevalencia confirmó la existencia de diferencias significativas entre localidades. La variación asociada a “localidad” fue cercana al 50%. En los análisis de presencia/ausencia y abundancia de todos los taxones parásitos, el PERMANOVA también mostró que existían diferencias entre localidades y entre muestras. Los resultados de los análisis realizados con el índice Bray-Curtis y Jaccard, y los datos con distintas transformaciones fueron muy similares; por brevedad, sólo mostramos uno de los resultados de cada caso (Tabla 8.2). La variación asociada a los distintos factores resultó muy similar en todos los análisis; el factor “localidad” mostró una variación >20% mientras que en el factor “muestra” fue de aproximadamente el 14%. Tampoco en estos análisis se halló ninguna señal geográfica en las diferencias entre localidades (Tabla 8.2).

Tabla 8.2. Análisis PERMANOVA de la prevalencia, presencia/ausencia y abundancia de cuatro taxones de parásitos en 5 localidades (L): 1. Barcelona, 2. Burriana, 3. Santa Pola, 4. Roquetas de mar, 5. Fuengirola) y las 40 muestras (M) por localidad. Se presenta la variación explicada por cada efecto (S<sup>2</sup>) y las diferencias significativas (p< 0,05) entre localidades.

		Pseudo-F	p-valor	S <sup>2</sup>	Comparaciones significativas
PREVALENCIA	L	7,88	0,0001	46,2	1,2-1,3-2,3-2,4-2,5-3,5
PRESENCIA/AUSENCIA <sup>1</sup>	L	11,43	0,0001	21,8	1,2-1,3-1,5-2,3-2,4-2,5
	M	6,56	0,0001	14,2	
ABUNDANCIA <sup>1,2</sup>	L	11,99	0,0001	22,5	1,2-1,3-1,5-2,3-2,4-2,5-3,5-4,5
	M	6,43	0,0001	13,8	

<sup>1</sup> Resultados del cálculo de las distancias con Bray-Curtis. <sup>2</sup> Resultados obtenidos con los datos transformados logarítmicamente.

Tabla 8.3. Resultados del ANOSIM de la prevalencia y la abundancia de cada taxón parasitario (*Aphallus tubarium*, *Prosorhynchus crucibulum*, *Hysterothylacium* spp., *Trypanorhyncha* spp.) entre las 5 localidades (L) españolas y las 40 muestras (M) por localidad. Véase la Tabla 8.2 para más detalles.

		Taxón parásito	R	p*	Comparaciones significativas
PREVALENCIA	L	<i>A. tubarium</i>	0,389	0,0001	1,2-1,3-2,3-2,4-2,5-3,4-3,5
		<i>P. crucibulum</i>	0,171	0,001	1,2-2,3-2,4-2,5
		<i>Hysterothylacium</i> spp.	0,247	0,0001	1,2-1,5-2,3-2,4-3,5-4,5
		<i>Trypanorhyncha</i> spp.	0,025	n.s.	
ABUNDANCIA	L	<i>A. tubarium</i>	0,390	0,0001	1,2-1,3-2,3-2,4-2,5-3,5
	M		0,057	0,0001	
	L	<i>P. crucibulum</i>	0,195	0,0001	1,2-2,3-2,4-2,5
	M		0,050	0,0001	
	L	<i>Hysterothylacium</i> spp.	0,364	0,0001	1,2-1,4-1,5-2,3-2,4
	M		0,132	0,0001	
	L	<i>Trypanorhyncha</i> spp.	0,008	n.s.	
	M		0,015	0,0001	

\*Las comparaciones fueron significativas tras corregir el nivel nominal de probabilidad por el procedimiento de Bonferroni secuencial

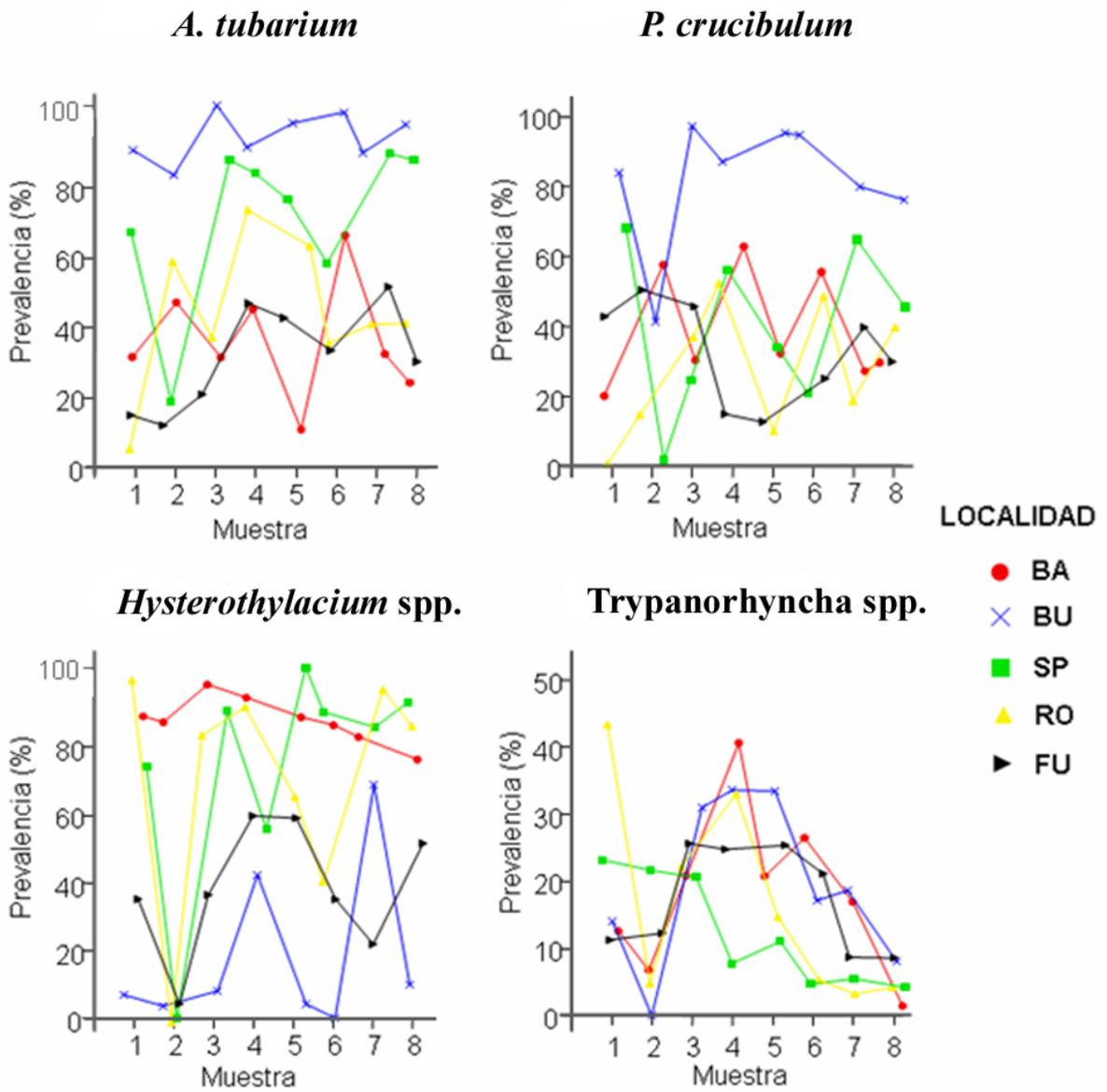


Fig.8.3. Prevalencia de 4 taxones de parásitos de larga duración (*Aphallus tubarium*, *Proserhynchus crucibulum*, *Hysterothylacium* spp., *Trypanorhyncha* spp.) por localidad y por muestra. Por claridad no se representa el intervalo de confianza del 95% de cada valor. Localidad: BA, Barcelona; BU, Burriana; SP, Santa Pola; RO, Roquetas de mar; FU, Fuengirola. Muestra: 1, Verano 2003; 2, Otoño 2003; 3, Invierno 2004; 4, Primavera 2004; 5, Verano 2004; 6, Otoño 2004; 7, Invierno 2005; 8, Primavera 2005.

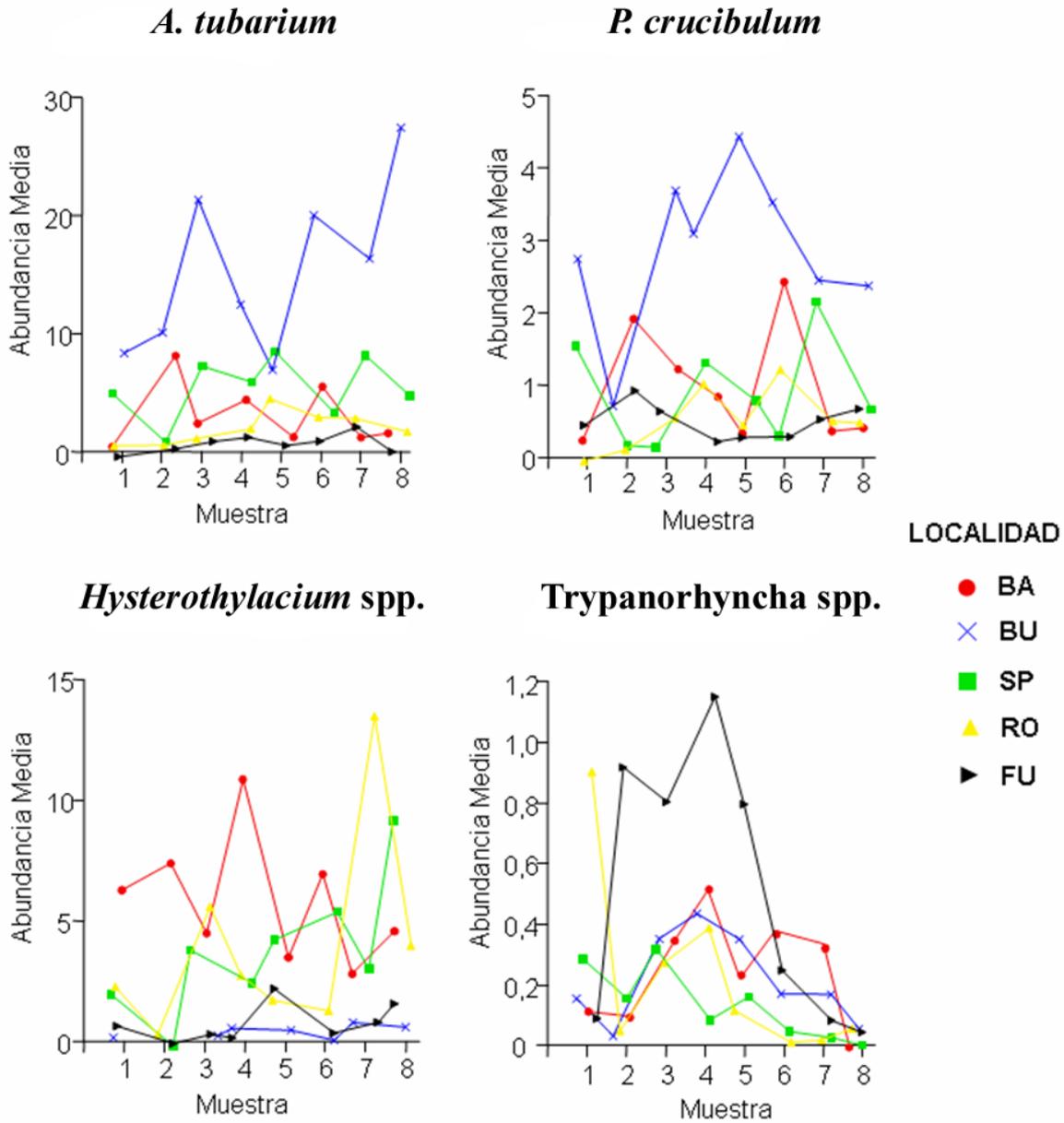


Fig.8.4. Abundancia media de 4 taxones de parásitos de larga duración (*Aphallus tubarium*, *Prosorhynchus crucibulum*, *Hysterothylacium* spp., *Trypanorhyncha* spp.) por localidad y por muestra. Por claridad no se representa el intervalo de confianza del 95% de cada valor. Localidad: BA, Barcelona; BU, Burriana; SP, Santa Pola; RO; Roquetas de mar; FU, Fuengirola. Muestra: 1, Verano 2003; 2, Otoño 2003; 3, Invierno 2004; 4, Primavera 2004; 5, Verano 2004; 6, Otoño 2004; 7, Invierno 2005; 8, Primavera 2005.

Respecto al estudio a macroescala, el porcentaje total de peces correctamente asignados a su país (España y Túnez) por el AD fue de 92,4 % (92,3%, después de la validación cruzada). Este porcentaje es muy elevado, ya que la mayoría de los peces de España fueron clasificados correctamente (98,7%). Si lo comparamos con los peces de Túnez, el porcentaje de acierto fue mucho menor, un 29%, con un elevado porcentaje de error, 71% (Tabla 8.4).

Tabla 8.4. Porcentaje de los peces asignados a cada país (España y Túnez) mediante un análisis discriminante. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado a cada país después de la validación cruzada.

ORIGEN	PREDICCIÓN		
	PAÍS		
	España	Túnez	Total
España	98,7 (98,6)	1,3 (1,4)	1000
Túnez	71,0 (71,0)	29,0 (29,0)	100

El porcentaje total de peces correctamente clasificados a sus localidades por el AD fue de 47,3% (46,9% después de la validación cruzada). Este valor fue sustancialmente más alto que el obtenido de 100 ADs en los que los peces se ubicaron de manera aleatoria (el rango entre el que oscilaba el porcentaje de peces correctamente asignados a su localidad fue de 21,5%-26,0%). El máximo porcentaje de peces correctamente asignados a su localidad correspondió a Burriana y Fuengirola, con casi un 80%. En las muestras españolas, excepto en la de Roquetas, el porcentaje de peces asignado a la localidad de procedencia fue siempre mayor que el esperado por azar. Además, en las localidades de Barcelona, Burriana y Fuengirola los porcentajes erróneos no superaron el porcentaje obtenido por azar (21,5%), mientras que en Santa Pola y Roquetas estos fueron más elevados (Tabla 8.5). Lo que es más, el porcentaje de peces de Roquetas asignados erróneamente a Fuengirola y Barcelona fue mayor del que se esperaba por azar; lo mismo se observó en el caso de Santa Pola; en este caso, un porcentaje significativo de peces se asignaron también a Fuengirola y Barcelona (Tabla 8.5). Como en los análisis anteriores, la asignación equivocada de peces a otras localidades no estaba relacionada con la proximidad geográfica ya que, por ejemplo, el 29,0% de peces de Roquetas se clasificaron como procedentes de Barcelona. En cuanto a las localidades tunecinas, cabe resaltar que ningún pez de Zarzis fue asignado a dicha localidad, mientras que en Sfax el porcentaje de acierto fue mayor que el esperado por azar (38,0%). No obstante, la mayoría de los peces tunecinos fueron asignados a Fuengirola (~ 60%) (Tabla 8.5).

Tabla 8.5. Porcentaje de los peces asignados a cada una de las 7 localidades del estudio a macroescala mediante el AD. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado a cada localidad después de la validación cruzada. n= 200 para las 5 localidades españolas y n= 50 para las 2 tunecinas.

PREDICCIÓN		LOCALIDAD						
ORIGEN	BA	BU	SP	RO	FU	SF	ZA	
Barcelona (BA)	<b>59,5 (59,5)</b>	9,0 (9,0)	7,0 (7,0)	7,0 (7,0)	16,0 (16,0)	1,5 (1,5)	0,0 (0,0)	
Burriana (BU)	1,5 (1,5)	<b>77,5 (77,5)</b>	9,0 (9,0)	0,0 (0,0)	12,0 (12,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	
Santa Pola (SP)	24,5 (24,5)	15,5 (15,5)	<b>32,5 (31,5)</b>	5,5 (6,5)	21,5 (21,5)	0,5 (0,5)	0,0 (0,0)	
Roquetas (RO)*	29,0 (29,0)	9,0 (9,0)	17,0 (17,0)	<b>9,0 (9,0)</b>	34,0 (34,0)	2,0 (2,0)	0,0 (0,0)	
Fuengirola (FU)	6,0 (6,0)	6,0 (7,0)	5,5 (5,5)	4,5 (4,5)	<b>72,0 (71,0)</b>	6,0 (6,0)	0,0 (0,0)	
Sfax (SF)	6,0 (6,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	2,0 (2,0)	54,0 (54,0)	<b>38,0 (38,0)</b>	0,0 (0,0)	
Zarzis (ZA)*	12,0 (12,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	4,0 (4,0)	68,0 (68,0)	16,0 (16,0)	<b>0,0 (0,0)</b>	

\* Localidades con un número de peces clasificados correctamente menor que el esperado por azar

si observamos la Fig.8.5 se puede comprobar que los peces de las localidades de Barcelona, Santa Pola y Roquetas de Mar poseen una fauna parasitaria similar, con un alto número de larvas de *Hysterothylacium* sp., mientras que los peces de Burriana aparecen más aislados debido a presentan una gran riqueza de metacercarias de *A. tubarium* y *P. crucibulum*. Los peces de Fuengirola se caracterizan por poseer un mayor número de larvas de *Trypanorhyncha* spp.

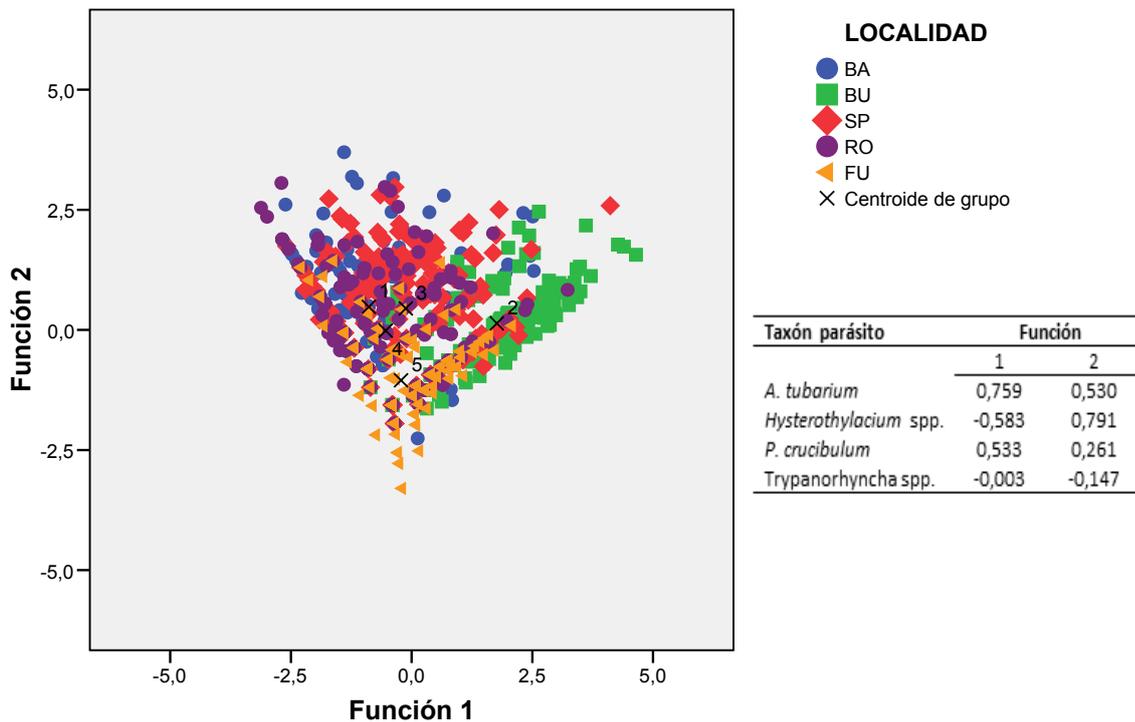


Fig.8.5. Representación gráfica de las dos primeras funciones del análisis discriminante que muestran los salmonetes de roca muestreados en 5 localidades españolas y el centroide por localidad: BA, Barcelona (1); BU, Burriana (2); SP, Santa Pola (3); RO, Roquetas de mar (4); FU, Fuengirola (5)

El resultado de asignación correcta a la localidad de procedencia del AD utilizando la variable muestra (1-44) fue de 16,1% (12,1% después de la validación cruzada), un valor muy bajo. Sin embargo, algunas localidades aumentaron el porcentaje de acierto con respecto al análisis anterior como Burriana (de 77,5% a 85%), Santa Pola (de 32,5% a 44%), Roquetas (de 9,0% a 26,5%) y Zarzis (de 0 a 34%), mientras que otras disminuyó mucho, como el caso de Fuengirola, que pasó de un 72% a un 17% (véanse Tablas 8.5 y 8.7). Como en los análisis anteriores, la asignación errónea de peces a otras localidades no estuvo relacionada con la proximidad geográfica ya que, por ejemplo, el 30,5% de peces de Fuengirola se clasificaron como procedentes de Santa Pola.

Tabla 8.7. Porcentaje de los peces asignados a cada una de las 7 localidades del estudio a macroescala mediante el análisis discriminante sin asignación previa las localidades usando las 44 muestras del este estudio.

PREDICCIÓN								
	LOCALIDAD							Total
	BA (1-8)	BU (9- 16)	SP (17-24)	RO (25-32)	FU (33-40)	SF (41-42)	ZA (43-44)	
ORIGEN								
Barcelona (BA)	<b>44,5</b>	8,5	17,5	20,5	2	0,5	6,5	200
Burriana (BU)	1,5	<b>85</b>	6	3,5	4	0	0	200
Santa Pola (SP)	19	15	<b>44</b>	16	2,5	0	3	200
Roquetas (RO)	23	11,5	24	<b>26,5</b>	5,5	0,5	9	200
Fuengirola (FU)	5	11	30,5	14,5	<b>17</b>	2,5	20	200
Sfax (SF)	6	0	40	2	10	<b>34</b>	8	50
Zarzis (ZA)	10	0	36	14	2	4	<b>34</b>	50

#### *Análisis de la similitud con la distancia*

El análisis LOESS indicó que existía una ligera disminución en la similitud entre muestras a medida que aumentaba la distancia geográfica (Fig.8.6). Asumiendo que dicha relación es lineal, la tendencia fue débil pero claramente significativa ( $n$  [número de comparaciones]= 946;  $R^2 = 0,156$ ;  $b = -0,396$ ;  $p < 0,0001$ ).

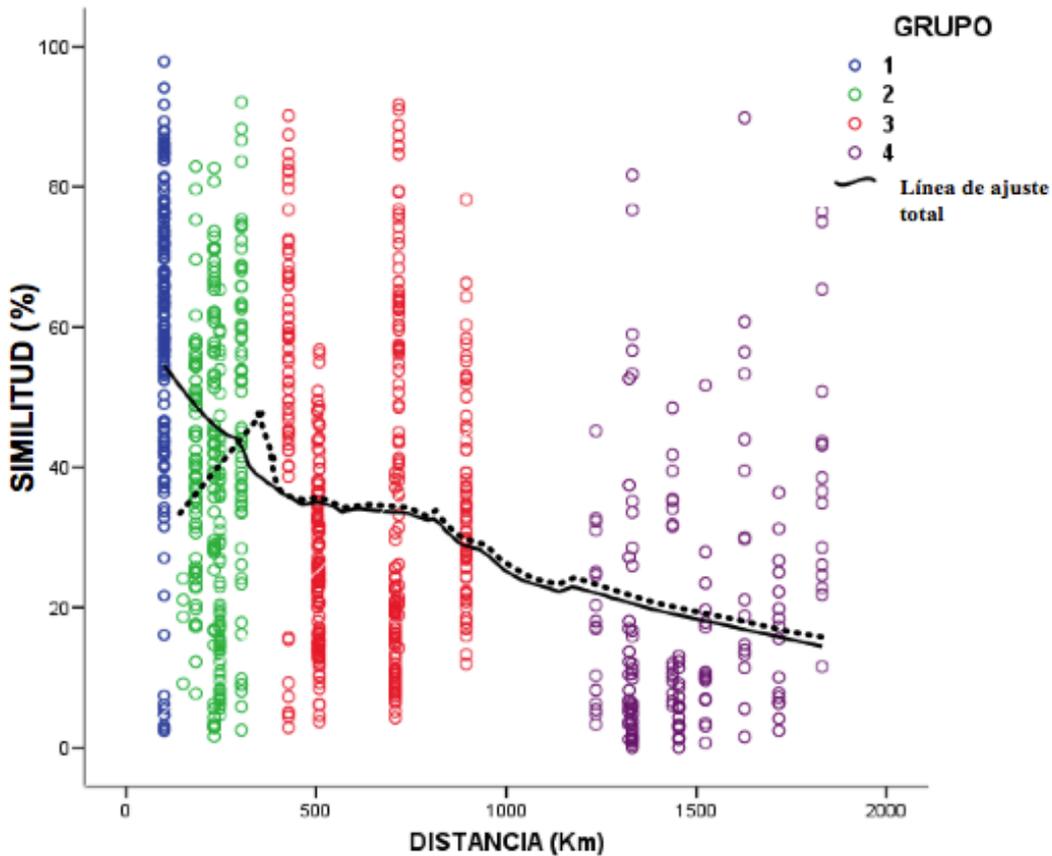


Fig.8.6. Relación de la similitud entre muestras basada en datos de abundancia media de 4 especies de parásitos y la distancia geográfica (1: intralocalidad; 2: localidades a ~300 km; 3: localidades entre 400 y 900 km; 4: localidades a más de 1000 km; la línea continua representa la curva LOESS con todos los datos; la línea de puntos es la curva LOESS sin los datos intralocalidad).

### *Relación entre similitud y rasgos del fondo marino*

En la Fig.8.7 se muestra la relación entre la similitud promedio entre muestras de una misma localidad y diferentes rasgos físicos de la zona de pesca. No se constató ninguna relación obvia entre la similitud y el tamaño del área (Fig.8.7a), mientras que sí hubo indicios de relaciones con otras variables (Fig.8.7b, c y d). En especial, se observó una estrecha relación negativa ( $r = -0.809$ ) entre la similitud de la parasitofauna de las muestras de una misma localidad y el porcentaje de sustrato rocoso. Se observaron otras relaciones negativas en el caso de la densidad de manchas de todos los tipos de sustratos, la mayor densidad de manchas del sustrato rocoso y el tamaño y la dispersión de las manchas. En conjunto, los datos sugieren que, cuanto más heterogéneos son los fondos de cada localidad sobre todo respecto al sustrato rocoso, menos similares son las abundancias de los parásitos entre muestras de salmonetes de la misma localidad.

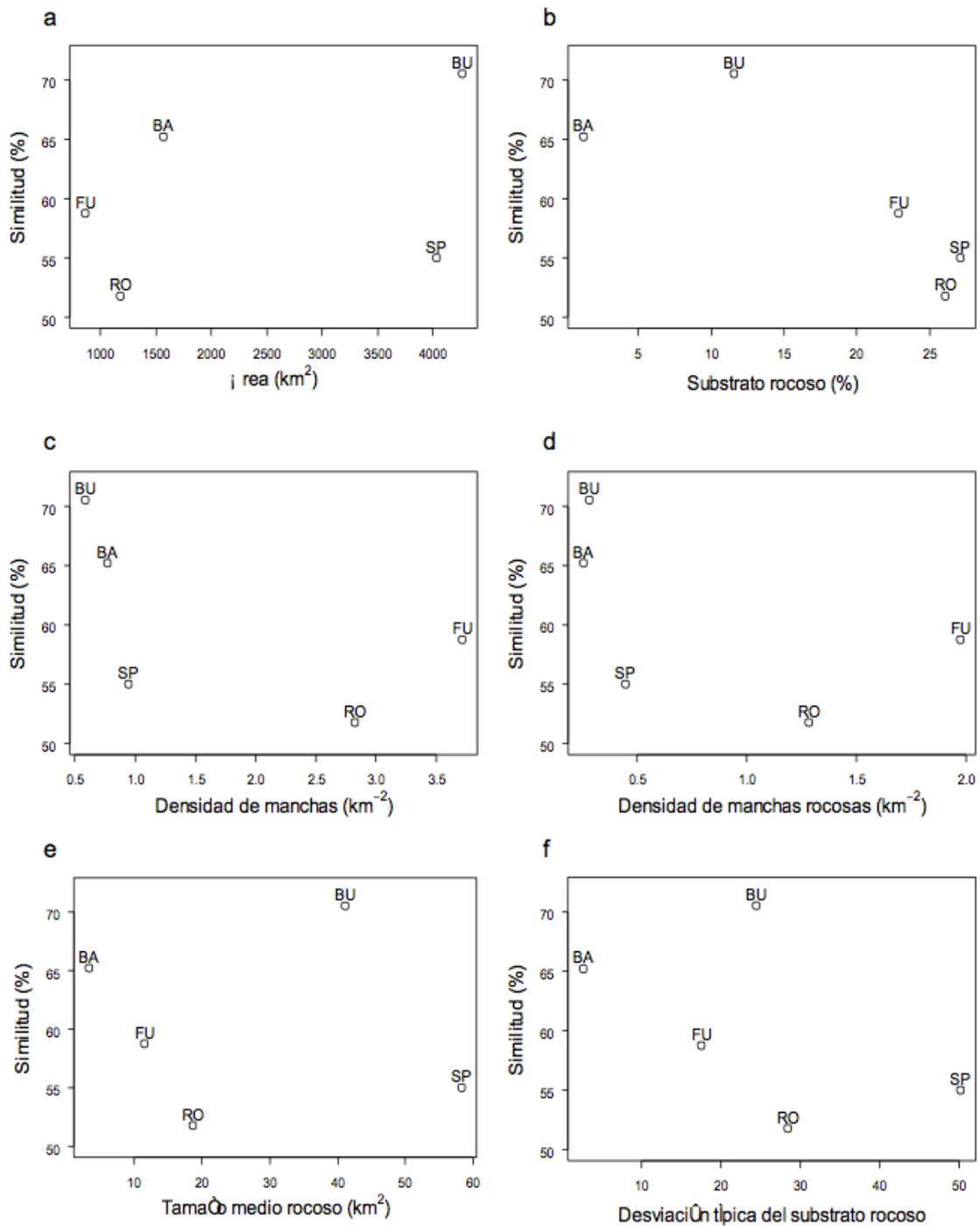


Fig.8.7. Relación del promedio de la similitud de la abundancia media de parásitos entre las 5 localidades españolas (BA, Barcelona; BU, Burriana; SP, Santa Pola; RO; Roquetas de mar; FU, Fuengirola) con diversas variables físicas de los fondos marinos.

### Estudio a microescala

Los parámetros de infección por taxón de parásito de los peces recogidos de los 4 barcos se muestran en la Tabla 8.8. Las comparaciones con el análisis PERMANOVA reveló diferencias significativas entre barcos (Tabla 8.9). Se encontraron diferencias significativas entre todas las comparaciones por pares excepto entre B1-B2. A partir de los 13 km de distancia, todas las comparaciones por pares resultaron significativas. También se hallaron diferencias significativas en la prevalencia de 3 de los 4 taxones de parásitos: *A. tubarium* (test exacto de Fisher,  $p= 0,008$ ), *Hysterothylacium* spp. ( $p= 0,006$ ) y *Trypanorhyncha* spp. ( $p= 0,008$ ). Las prevalencias tendían a ser más similares entre B1 y B2, y entre B3 y B4 (Tabla 8.8).

Tabla 8.8. Prevalencia (P), Abundancia Media (AM) con el Intervalo de confianza al 95% entre paréntesis de los 4 taxones de parásitos encontrados en las muestra de salmonetes de roca ( $n=76$ ), recogidos un mismo día de 4 barcos de Burriana.

L	Taxón parásito		<i>P. crucibulum</i>		<i>Hysterothylacium</i> spp.		<i>Trypanorhyncha</i> spp.	
	<i>A. tubarium</i>		P	MA	P	MA	P	MA
B1	75,0	1,6	43,8	0,8	31,3	0,4	0,2	0,2
	(50,0-91,0)	(1,0-2,1)	(20,8-69,4)	(0,3-1,4)	(13,2-56,4)	(0,1-0,6)	(0,1-0,4)	(0,0-0,4)
B2	76,2	2,4	38,1	0,7	19,0	0,3	-	-
	(54,5-90,1)	(1,7-3,2)	(19,8-59,7)	(0,4-1,1)	(1,0-40,3)	(0,0- 0,7)	-	-
B3	100,0	14,6	30,0	0,4	-	-	-	-
	(83,3-100,0)	(9,8-22,6)	(14,0-0,5)	(0,1-0,7)	-	-	-	-
B4	100,0	29,4	21,1	0,3	-	-	-	-
	(82,4-100,0)	(22,1-39,8)	(7,5-44,6)	(0,1-0,5)	-	-	-	-

También se encontraron diferencias significativas en la abundancia de parásitos. En el caso de *A. tubarium* (test de Kruskal-Wallis,  $\chi^2= 53,03$ ; g.l. 3,  $p< 0,001$ ); las comparaciones *post hoc* mostraron diferencias significativas entre todos los barcos ( $p< 0,05$ ) excepto entre B1-B2. En el caso de *Hysterothylacium* spp., ( $\chi^2= 11,80$ ;  $p= 0,008$ ) las comparaciones *post hoc* revelaron diferencias entre los barcos B1-B3 y B1-B4, y en el caso de *Trypanorhyncha* spp. ( $\chi^2= 11,56$   $p= 0,009$ ) entre B1-B2, B1-B3 y B1-B4.

Tabla 8.9. Comparaciones por pares de la abundancia de los 4 taxones parásitos *Aphallus tubarium*, *Proisorhynchus crucibulum*, *Hysterothylacium* spp., *Trypanorhyncha* spp. entre 4 barcos en Burriana separados por unas decenas de km. usando el análisis PERMANOVA

Grupos	Distancia (km)	t	p
B1-B2	1,3	1,0726	0,3539
B3-B4	13,8	1,9730	0,0239*
B2-B4	20,6	4,3620	0,0001*
B1-B4	25,3	4,4135	0,0001*
B1-B3	35,6	3,0443	0,0001*
B2-B3	39,6	2,5591	0,0002*

\* Significativas tras la corrección secuencial de Bonferroni.

## Discusión

La fauna parasitaria de cada pez individual refleja el hábitat que dicho pez ha ocupado previamente, y esta es la razón por la que sus parásitos pueden indicar si aquél ha realizado o no movimientos (Lester, 1990; Pawson y Jennings, 1996; Mackenzie y Abaunza, 2005). El criterio más importante para interpretar los movimientos de peces a partir de datos parasitológicos es el tiempo de permanencia en el pez de los parásitos seleccionados (Lester, 1990; Mackenzie y Abaunza, 2005; Lester y Mackenzie, 2009). Por ejemplo, una diferencia significativa de los parámetros de infección de los parásitos con una longevidad de más de un año entre dos muestras de peces sugeriría que los peces de dichas muestras no se han mezclado entre sí al menos durante el año anterior. La edad estimada de la mayoría de los salmonetes de roca analizados en este estudio es de 0+ a 2 años (Reñones *et al.*, 1995), y los 4 parásitos usados como marcadores tienen una duración de vida en el pez de varios años (véase Matthews, 1973; Mackenzie, 1990; Hemmingsen *et al.*, 2000; McClelland y Martell, 2001; Lester y Mackenzie, 2009). Por consiguiente, se pueden realizar inferencias sobre el movimiento de los salmonetes de roca a partir de su reclutamiento bentónico, que ocurre después de una fase pelágica que dura de 2 a 4 meses desde la eclosión (Suau y Vives, 1957; Morales-Nin, 1991; Reñones *et al.*, 1995; Aguirre, 2000).

Nuestros resultados sugieren la existencia de estructura espacial significativa de la fauna parasitaria a la escala de localidad. En primer lugar, se observaron diferencias significativas de las comparaciones por pares entre todas las localidades; este factor explicó un porcentaje sustancial de variación de los parámetros de infección (46,2% para la prevalencia y 22,5% para la abundancia). En segundo lugar, el AD basado en datos parasitológicos asignó peces individuales a casi todas las localidades de procedencia notablemente mejor de lo que se esperaría por azar. Para explicar estos resultados, deberíamos asumir que los peces de diferentes localidades no se mezclan entre sí una vez reclutados al bentos y, por tanto, pertenecen a diferentes stocks. Sin embargo, en todas las localidades también se observaron diferencias significativas en los parámetros de infección entre muestras de peces; el grado de las diferencias fue mucho mayor en algunas localidades (Santa Pola y Roquetas de Mar) que en otras (Fuengirola y Burriana).

La existencia de diferencias sustanciales entre muestras dentro de cada localidad podría explicarse por dos hipótesis alternativas. La primera hipótesis asumiría que los peces de las diferentes muestras de una misma localidad pertenecen a un único stock (es decir, en un rango de aproximadamente 40-50 km, los peces se entremezclarían libremente durante sus primeros años de vida). Si fuera así, la variabilidad entre muestras se podría explicar por efectos temporales sobre los parámetros de infección. Sin embargo, los parámetros de infección cambian tan idiosincrásicamente en cada localidad durante los dos años consecutivos que parece improbable que pueda ser atribuida únicamente a efectos temporales. De hecho, no se observaron efectos estacionales cíclicos en las dinámicas poblacionales de los parásitos.

La segunda hipótesis asumiría que existe más de un stock de peces dentro de cada localidad. En otras palabras, cuando los salmonetes alcanzan la fase bentónica se moverían muy poco en relación con la escala espacial de los muestreos realizados dentro de cada

localidad, de forma que las diferencias entre muestras reflejarían diferencias locales en la transmisión de los parásitos. Esta interpretación es congruente con la observación de que los salmonetes, una vez alcanzan la fase bentónica sólo llevan a cabo cortos movimientos ontogenéticos hacia aguas más profundas (Suau y Vives, 1957; Morales-Nin, 1991; Reñones et al., 1995; Aguirre, 2000). Machias et al. (1998) hallaron que, durante la maduración gonadal (peces ~1 año de edad, véase Reñones et al., 1995), los salmonetes de roca tendían a aparecer en profundidades entre 71-150 m, mientras que los individuos en el estado final de maduración (peces de 1-3 años) abundaban entre 71-300 m. En otras palabras, la migración de los salmonetes sería, en todo caso, más batimétrica que geográfica (Machias et al., 1998). Esta ausencia de mezcla entre los peces debería verse reflejada en su parasitofauna si la tasa de transmisión de al menos uno de los taxones parasitarios seleccionados cambiase a pequeña escala.

De hecho, los resultados obtenidos en el estudio a pequeña escala tienden a apoyar esta segunda hipótesis. Las muestras de peces recogidas simultáneamente de lugares separados entre sí  $\geq 13$  km mostraban diferencias significativas en la prevalencia y abundancia de al menos uno de los taxones de parásitos de larga duración. Esta variación a pequeña escala espacial de los parámetros de infección se ha registrado en parásitos de peces de arrecife altamente sedentarios (véase, por ejemplo, Grutter, 1998). En definitiva, las diferencias a pequeña escala confirmarían que los salmonetes de roca, en su fase bentónica, poseen un tipo de vida más o menos sedentario, probablemente no mezclándose entre sí a distancias mayores a 20 km, al menos durante sus dos primeros años de vida. Los parásitos de larga duración encontrados en el salmonete son todos estados larvarios adquiridos mediante dos vías, una directa (aquí se incluyen las metacercarias de *A. tubarium*), y otra indirecta, mediante la ingestión de alimento (aquí se incluyen los metacestodos *Trypanorhyncha* spp. y las larvas de nematodos *Hysterothylacium* spp.). Por tanto, las diferencias en la tasa local de transmisión podrían ser causadas por 3 factores no excluyentes: diferencias en la abundancia de hospedadores definitivos, en los cambios alimenticios o comportamentales del salmonete y/o en la comunidad de hospedadores intermediarios (véase Marcogliese, 2005; Bush et al., 2001).

Los hospedadores definitivos de los taxones parásitos de larga duración utilizados en este estudio son peces carnívoros (véase Whitehead et al., 1986; Froese y Pauly, 2000), con una alta movilidad debido a su comportamiento de búsqueda de presas; por ello, parece bastante improbable que dichos hospedadores puedan contribuir a las diferencias en la tasa de transmisión a pequeña escala. Lo mismo sucede cuando nos centramos en cambios en la dieta local del salmonete. Aunque Labropoulou et al. (1997) indicó cambios graduales en la dieta del salmonete de roca según tamaño, dichos cambios eran mínimos o inexistentes en tamaños mayores de 16 cm de LT. Esto, junto con la homogeneidad de la tallas de los salmonetes seleccionados para estudio hace que sea bastante improbable que la dieta sea un factor significativo a tener en cuenta. En cambio, los hospedadores intermediarios sí podrían jugar un papel más importante. Se sabe (o se supone) que los invertebrados bentónicos actúan como potenciales hospedadores intermediarios para *A. tubarium*, *P. crucibulum*, *Hysterothylacium* spp. Y *Trypanorhyncha* spp. (véase el Capítulo 3) y, además, se ha observado que la abundancia de dichos invertebrados macrobentónicos varía significativamente de cientos de metros a pocos kilómetros en varias localidades del

Mediterráneo español (Pinedo et al., 1996; Sánchez-Jerez et al., 1999; Rueda et al., 2001; Arroyo et al., 2006; Rueda et al., 2009). Por ejemplo, Pinedo et al. (1996) analizaron la dinámica estacional de la macrofauna de los fondos en la bahía de Blanes (Gerona); sus datos aportaron evidencias sobre diferencias significativas de abundancia y biomasa de invertebrados bentónicos (e.g. poliquetos, equinodermos, bivalvos, crustáceos) entre los tres puntos de muestreo estudiados, que estaban separados por pocos kilómetros. También Sánchez-Jerez et al. (1999) hallaron diferencias significativas a microescala en la fauna de invertebrados marinos (ej. anfípodos, gasterópodos, decápodos, isópodos y ácaros) de los fondos a lo largo de la costa de El Campello (Alicante). En definitiva, las diferencias locales en el nivel de infección podrían deberse a una diferente composición cualitativa y/o cuantitativa de hospedadores intermediarios (Karvonen et al., 2005).

Curiosamente, en el estudio a microescala se encontró que las muestras más parecidas entre sí (B1-B2 y B3-B4) se habían recogido en el mismo tipo de fondo. Esto sugiere que esta mayor similitud en la fauna parasitaria podría estar relacionada, bien con autocorrelación espacial (véase después), bien al tipo de sustrato, o a ambas. Por este motivo, se decidió realizar un estudio descriptivo sobre los fondos de marino de las áreas de pesca. Este estudio sugirió que la similitud entre la fauna parasitaria entre muestras de la misma localidad parecía ser mayor cuanto menor era la heterogeneidad de dichos fondos, en este caso estimada como proporción, densidad de manchas, tamaño medio de las mismas y dispersión del sustrato rocoso. Anteriormente, se había mencionado ya la preferencia de los salmonetes de roca por los sustratos rocosos (Lombarte et al., 2000) frente a los arenosos y/o fangosos. Por lo tanto, localidades donde hubiera mayor concentración de sustrato rocoso, repartido de una forma más heterogénea, podría fomentarse cierto aislamiento de los salmonetes de la misma localidad, reflejándose así en su parasitofauna. O bien podría ocurrir que las comunidades bentónicas de estas regiones cambiaran a una escala espacial muy pequeña. De una forma superpuesta podría estar influyendo también la forma de operar de los pescadores; p.e., en las regiones con mayor similitud los pescadores podrían pescar siempre alrededor de la misma zona, operando así en puntos más cercanos.

Pero, si los salmonetes de roca poseen un tipo de vida bastante sedentario, ¿cómo explicaríamos la moderada señal geográfica encontrada en el estudio a mesoescala y macroescala? Esta moderada tendencia, junto con una predicción superior a la esperada por azar de las muestras de peces de la misma localidad, podrían estar relacionadas con alguna forma de autocorrelación espacial; esto es, el muestreo de peces en puntos más cercanos en sitios cercanos entre sí podría implicar una mayor similitud en la fauna parasitaria. En estudios previos se ha detectado una mayor similitud en comunidades de parásitos de peces conforme la distancia geográfica entre muestras disminuía. Esto se ha visto a diferentes escalas. A escala pequeña entre dos lagos situados a unos 10 km donde había intercambio de especies parásitas, Poulin y Morand (1999) encontraron que la similitud de las faunas parasitarias de las población de peces disminuía con la distancia. Un patrón similar encontró Karvonen et al. (2005) estudiando la fauna parasitaria de la perca en diferentes puntos de muestreos dentro de un mismo lago de unos 10 km de longitud. A escalas mayores, de entre centenares a miles de km, sucedió lo mismo (Poulin, 2003; Oliva y González, 2005; Míguez-Lozano et al., 2012). De forma general, Nekola y White (1999)

sugieron dos causas fundamentales para este tipo de fenómenos: (1) la dispersión de los organismos, y (2), la disminución de la similitud ambiental con la distancia. Los procesos ecológicos endógenos propios de la especie, tales como la dispersión de los parásitos, se conoce como autocorrelación “pura” o “inherente” (Fortin y Dale, 2005). Por ejemplo, en nuestro estudio, la gran similitud en los parámetros de infección de *A. tubarium* en las distintas muestras de Burriana podría ser debida a una dispersión efectiva de los estados infectivos del parásito y a la continua infección de poblaciones de hospedadores intermediarios (moluscos y peces) cercanos. Como dato confirmatorio podríamos mencionar que en nuestro estudio a microescala se pudo observar cierta evidencia de esta autocorrelación espacial, ya que los niveles de infección eran mucho más similares a distancias más pequeñas (<14 km). Otra de las causas que podrían generar autocorrelación espacial es la llamada “dependencia espacial inducida”, que ocurre cuando la variable observada (p.e. la abundancia de especies) depende de una o varias variables subyacentes (p.e. el tipo de substrato), que están en sí mismas autocorrelacionadas (Fortin y Dale, 2005). Así, las condiciones ambientales abióticas (tipo de substratos) o bióticas (comunidades bentónicas) de un lugar podrían favorecer al asentamiento de especies de hospedadores intermediarios (p.e. moluscos) haciendo que estas áreas con condiciones parecidas presentasen la misma fauna de moluscos y, por ello, pudieran poseer una gran similitud en la fauna parasitaria de sus habitantes.

Otro factor que podría estar influyendo en la similitud dentro de cada localidad es la comunidad de hospedadores definitivos. Se ha observado que la abundancia de peces demersales también varía significativamente a escalas de unos cientos de metros a pocos kilómetros (Valle et al., 2001; Moranta et al., 2006). Por tanto, la comunidad local de peces definiría el patrón de intercambio entre los salmonetes y otros peces (Marcogliese, 2002). En otras palabras, una mayor densidad en los hospedadores definitivos de un taxón parasitario podría incrementar su tasa local de transmisión del mismo. Por ejemplo, en las localidades tunecinas se encontró una gran prevalencia y abundancia de larvas de especies de *Trypanorhyncha* (prevalencia=52%; abundancia media= 20,0 véase el Capítulo 3). Esta gran abundancia podría estar asociada a una mayor abundancia de elasmobranquios en esta zona (véase Capapé et al., 2004; Kamel et al., 2009; Bradai et al., 2011; Canapé, 2004), que son los hospedadores definitivos de este tipo de parásitos (véase Campbell y Beveridge, 1994; Palm, 2004). Es muy probable que la autocorrelación “pura” y la de “la dependencia espacial inducida” operen simultáneamente a la hora de generar autocorrelación espacial. De hecho, esta es una situación muy común en la naturaleza: tanto los factores biológicos como los ambientales subyacentes tienden a mostrar una autocorrelación espacial (Fortin y Dale, 2005). Además, se observó que el grado de autocorrelación espacial entre muestras presentaba diferencias de una localidad a otra. Esto podría ser debido por diferentes razones, por ejemplo, la forma de pescar más o menos espacialmente concentrada o el diferente grado de homogeneidad del hábitat mencionadas anteriormente. Obviamente, podría existir también la posibilidad de una conjunción de efectos temporales.

En resumen, nuestros datos incluyen varios tipos de organización espacial, es decir, se puede observar diferencias en la fauna parasitaria a macro, meso y microescala. Este fenómeno es común en estudios ecológicos donde las diferentes variaciones a distintas

escalas pueden llegar a confundirse (Fortin y Dale, 2005). Este trabajo muestra cómo los estudios sobre la discriminación de *stocks* podrían beneficiarse de la interpretación de la variabilidad de los parámetros de infección a diferentes escalas espaciales.

### *Implicaciones para la gestión pesquera*

Pero ¿qué datos nos aporta haber encontrado esta variabilidad a diferentes escalas espaciales para el correcto manejo y gestión del salmonete de roca? Tal vez, lo primordial no es tanto discriminar las unidades concretas de manejo (*stocks*), sino evaluar la importancia de las diferentes escalas desde el punto de vista de la dinámica poblacional, y por tanto, su relevancia para la gestión y el manejo de este pez (Williams et al., 2003).

El resultado del estudio a pequeña escala sugiere que un salmonete de roca exhibe una movilidad muy reducida (de pocos km), por lo que tal vez la gestión de este recurso debería asemejarse quizás a la que existe en organismos más sedentarios como por ejemplo, las orejas de mar (gen. *Haliotis*). La dinámica poblacional de estos gasterópodos varía en el orden de 10-100 metros. En cada “micro-stock” de esta especie, los individuos alcanzan la madurez sexual a diferentes etapas y aparecen distintos patrones de dispersión. Esta heterogeneidad no se tuvo en cuenta en los planes de explotación de las orejas de mar, y el resultado de no reconocer la existencia micro-stocks causó el colapso de la industria pesquera de estos gasterópodos en California (Prince, 2003).

Como ya hemos señalado, en su fase adulta, el salmonete de roca parece ser marcadamente sedentario pero, como ya señalamos, su ciclo vital incluye una fase pelágica dispersiva (Capítulo 1). Desgraciadamente, no se conocen bien los patrones de distribución de esta fase; sólo se sabe que realiza un movimiento ontogenético (Machias et al., 1998). Los huevos y larvas son arrastrados por la corriente de alta mar hacia la costa (Suau y Vives, 1957; Deudero, 2002), y a los dos meses, con el paso de la fase pelágica a la bentónica, el movimiento se produce desde la costa hacia aguas más profundas. El problema es que, como en la mayoría de las especies marinas (Di Franco et al., 2012), es muy difícil conocer la dispersión de los estados juveniles debido a la dificultad de monitorizar los propágulos de peces de pequeño tamaño desde su ambiente pelágico hasta su lugar de asentamiento. En este sentido, determinar el grado de conectividad entre poblaciones (o, en nuestro caso, micro-stocks), es decir, el movimiento de individuos entre poblaciones o subpoblaciones mediante la dispersión de huevos y/o larvas, es crucial para evaluar el riesgo de que se produzcan depleciones o extinciones locales debido a un intercambio insuficiente de individuos (Calò et al., 2013).

De acuerdo con el modo de pesca tradicional que existe en el Mediterráneo, los pescadores suelen ir a un caladero y cuando ya no es productivo se dirigen a otro. De hecho el 70% de los pescadores han reconocido que, mediante este proceder, muchos caladeros han sido extirpados localmente, entre ellos, los de las especies del género *Mullus* (Coll et al., 2014). De acuerdo con la discusión precedente sobre el salmonete de roca, resulta crucial conocer la escala en la que se dispersan los huevos y larvas del salmonete, es decir, su conectividad, para saber si el procedimiento de “extirpación local” es sostenible. En otras palabras, no importaría que algunos caladeros se agotaran temporalmente si cada año se

volvieran a reclutar nuevos individuos debido a la lluvia de propágulos de las fases juveniles.

Según las normas del CGPM (véase Capítulo 1) existe un stock por cada especie en cada una de las 30 subzonas de un tamaño de unos 300- 500 km, o a veces más distancia. Sin embargo, algunos autores han descrito fases dispersivas de peces que varían de unos pocos kms a unos cientos (una media de ~ 100 km) (Kinlan y Gaines, 2003;Shanks et al., 2003). Conceptualmente, *a priori*, la lluvia de propágulos no implica ninguna direccionalidad en la dispersión (Pelc et al., 2010), lo que permite asumir una dispersión homogénea en aguas abiertas a una escala de ~ 100 km. No obstante, la densidad de los asentamientos varía según zonas, lo que probablemente reflejaría las diferentes preferencias de cada especie para el asentamiento según el tipo de hábitat (Di Franco et al., 2012). En el caso del salmonete de roca, un factor clave es, con toda probabilidad, el tipo de sedimento (Lombarte et al., 2000). La pregunta que surge es: ¿las normas de la CGPM son racionales y sostenibles para una especie como el salmonete de roca? ¿Se requieren modelos de gestión que tengan más en cuenta el alto grado de sedentariedad del estado adulto?

Para contestar a estas preguntas, insistimos en que la cuestión clave es conocer la distancia en la que se distribuyen las fases juveniles del salmonete y, en general, de todas las especies cuyos adultos son poco móviles pero que tienen una fase dispersiva pelágica. Saber cómo y dónde se producen los asentamientos en la fase de reclutamiento bentónico ayudaría a mejorar la gestión y el manejo del salmonete de roca, y de otros recursos pesqueros similares. Finalmente, también queremos recalcar que debería haber mayor, y mejor, comunicación entre todos los agentes que intervienen en la gestión de pesquerías del Mediterráneo (científicos, gobierno y pescadores) para controlar racionalmente el uso y manejo de los recursos pesqueros (Lleonart y Maynou, 2003).

## REFERENCIAS

- Aguirre, H. Aspectos Biológicos y Ecológicos del Salmonete de Fango *Mullus barbatus* y del Salmonete de Roca *Mullus surmuletus* del Mediterráneo Noroccidental. 2000. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32-46.
- Anderson, M. J. (2005). PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. *Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand*.
- Anderson, M. J., Gorley, R. N., and Clarke, K. R. (2008). Permanova+ for primer: Guide to software and statistical methods. *Plymouth: Primer-E*.
- Anderson, M. J. and Legendre, P. (1999). An empirical comparison of permutation methods for tests of partial regression coefficients in a linear model. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 62, 271-303.
- Anderson, R. M. and May, R. M. (1978). Population and stability of host-parasite population interactions. *J Ann Ecol*, 47, 219-247.
- Arroyo, M. D. C., Salas, C., Rueda, J. L., and Gofas, S. (2006). Temporal changes of mollusc populations from a *Zostera marina* bed in southern Spain (Alboran Sea), with biogeographic considerations. *Marine Ecology-An Evolutionary Perspective*, 27, 417-430.
- Arthur, J. R. (1983). A preliminary analysis of the discreteness of stocks of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the northeastern pacific ocean off Canada based on their parasites. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1184, 1-15.
- Arthur, J. R. (1997). Recent advances in the use of parasites as biological tags for marine fish. In T. W. y. M. I. H. Flegel (Ed.), *Diseases in Asian Aquaculture III*. (pp. 141-152). Manila: Fish Health Section. Asian Fisheries Society.
- Arthur, J. R. and Albert, E. (1993). Use of parasites for separating stocks of greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the Canadian northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 2175-2181.
- Arthur, J. R. and Arai, H. P. (1980). Studies on the parasites of Pacific herring (*Clupea harengus pallasi* valenciennes): a preliminary evaluation of parasites as indicators of geographical origin for spawning herring. *Canadian Journal of Zoology*, 58, 521-527.
- Blaylock, R. B., Margolis, L., and Holmes, J. C. (2003). The use of parasites in discriminating stocks of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*) in the northeast Pacific. *Fishery Bulletin*, 101, 1-9.
- Boje, J., Riget, F., and Koie, M. (1997). Helminth parasites as biological tags in population studies of greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) (Walbaum), in the north west Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 54, 886-895.
- Bradai, M. N., Bechir, B., and Enajjar, S. Elasmobranchs of the Mediterranean and Black Sea: Status, ecology and biology analysis. 1-121. 7-11-2011. General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM). Scientific Advisory Committee (SAC).
- Bush, A. O., Fernandez, J. C., Esch, G. W., and Seed, J. R. (2001). *Parasitism: The Diversity and Ecology of Animal Parasites*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., and Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575-583.
- Calò, A., Félix-Hackradt, F. C., Garcia, J., Hackradt, C. W., Rocklin, D., Treviño-Otón, J., and García-Charton, J. A. (2013). A review of methods to assess connectivity and dispersal between fish populations in the Mediterranean Sea. *Advances in Oceanography and Limnology*, 4, 150-175.
- Campbell, R. A. and Beveridge, I. (1994). Order Trypanorhyncha Diesing, 1863. In L. F. Khalil, A. Jones, and A. B. Bray (Eds.), *Keys to the Cestode Parasites of Vertebrates* (pp. 51-148). Wallingford, UK: CAB International.

- Capapé, C., Guelorget, O., and Quignard, J. P. (2004). The elasmobranch species from the Bahiret El Biban (Southern Tunisia, central Mediterranean): a survey. *Annales Ser Hist Nat*, 14, 1-28.
- Carvajal-Rodríguez, A., Uña-Alvarez, J., and Rolán-Alvarez, E. (2009). A new multitest correction (SGoF) that increases its statistical power when increasing the number of tests. *BMC Bioinformatics*, 10, 209.
- Chubb, J. (1980). Seasonal occurrence of helminths in freshwater fishes. Part 3. Larval Cestoda and Nematoda. *Advances in Parasitology*, 18, 1-120.
- Clarke, K. R. and Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth, UK: PRIMER-E Ltd.
- Clarke, K. R. and Green, R. H. (1988). Statistical design and analysis for a biological effects study. *Marine Ecology Progress Series*, 46, 213-226.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. (2001a). A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216, 265-278.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. (2001b). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. PRIMER-E*. Plymouth.
- Coll, M., Carreras, M., Círcoles, C., Cornax, M. J., Gorelli, G., Morote, E., and Sáez, R. (2014). Assessing fishing and marine biodiversity changes using fishers' perceptions: The Spanish Mediterranean and Gulf of Cadiz case study. *Plos One*, 9.
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Demestre, M., Sbrana, M., Alvarez, F., and Sanchez, P. (1997). Analysis of the interaction of fishing gear in *Mullus barbatus* fisheries of the western Mediterranean. *Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift fur Angewandte Ichthyologie*, 13, 49-56.
- Deudero, S. (2002). Unexpected large numbers of *Mullus surmuletus* juveniles in open waters of the Mediterranean sampled with light attraction devices. *Journal of Fish Biology*, 61, 1639-1642.
- Di Franco, A., Coppini, G., Pujolar, J. M., De Leo, G. A., Gatto, M., Lyubartsev, V., Melià, P., Zane, L., and Guidetti, P. (2012). Assessing dispersal patterns of fish propagules from an effective Mediterranean Marine Protected Area. *Plos One*, 7, e52108.
- Fortin, M. J. and Dale, M. (2005). *Spatial Analysis. A Guide for Ecologists*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Froese, R. and Pauly, D. (2000). *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. Laguna (Philippines): ICLARM.
- George-Nascimento, M. (2000). Geographical variations in the jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* populations in the southeastern Pacific Ocean as evidenced from the associated parasite communities. *Journal of Parasitology*, 86, 929-932.
- George-Nascimento, M. and Arancibia, F. H. (1992). Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65, 453-470.
- George-Nascimento, M. and Arancibia, H. (1994). La fauna parasitaria y la morfometría de la merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) como indicadores de unidades de stock. *Biología Pesquera*, 23, 31-47.
- Grutter, A. S. (1998). Habitat-related differences in the abundance of parasites from a coral reef fish: an indication of the movement patterns of *Hemigymnus melapterus*. *Journal of Fish Biology*, 53, 49-57.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., and Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electrónica*, 4, 1-9.
- Hemmingsen, W., Halvorsen, O., and Mackenzie, K. (2000). The occurrence of some metazoan parasites of Atlantic cod, *Gadus morhua* L., in relation to age and sex of the host in Balsfjord (70 N), North Norway. *Polar Biology*, 23, 368-372.
- Hemmingsen, W., Lombardo, I., and Mackenzie, K. (1991). Parasites as biological tags for cod, *Gadus morhua* L., in northern Norway. a pilot study. *Fisheries Research*, 12, 365-373.
- Hemmingsen, W., Lysne, D. A., Eidnes, T., and Skorping, A. (1993). Short Communication. The occurrence of larval ascaridoid nematodes in wild-caught and in caged and artificially fed Atlantic cod, *Gadus morhua* L., in Norwegian waters. *Fisheries Research*, 15, 379-386.

- Hoff, M. H., Pronin, N. M., and Baldanova, D. R. (1997). Parasites of Lake herring (*Coregonus artedii*) from Lake superior, with special reference to use of parasites as markers of stock structure. *Journal of Great Lakes Research*, 23, 458-467.
- Jacoby, W. G. (2000). Loess: A nonparametric, graphical tool for depicting relationships between variables. *Electoral Studies*, 19, 577-613.
- Kabata, Z., McFarlane, G. A., and Whitaker, D. J. (1988). Trematoda of sablefish, *Anoploma fimbria* (Pallas, 1811), as possible biological tags for stock identification. *Canadian Journal of Zoology*, 66, 195-200.
- Kamel, O. E., Mnasri, N., Souissi, J. B., Bouma+»za, M., Amor, M. M. B., and Capapé, C. (2009). Inventory of elasmobranch species caught in the Lagoon of Bizerte (North-eastern Tunisia, central Mediterranean). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4, 383-412.
- Karvonen, A., Cheng, G. H., and Valtonen, E. T. (2005). Within-lake dynamics in the similarity of parasite assemblages of perch (*Perca fluviatilis*). *Parasitology*, 131, 817-823.
- Kinlan, B. P. and Gaines, S. D. (2003). Propagule dispersal in marine and terrestrial environments: A community perspective. *Ecology*, 84, 2007-2020.
- Labropoulou, M., Machias, A., Tsimenides, N., and Eleftheriou, A. (1997). Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research*, 31, 257-267.
- Leaman, B. M. and Kabata, Z. (1987). *Neobrachiella robusta* (Wilson, 1912) (Copepoda: Lernaepodidae) as a tag for identification of stocks of its host, *Sebastes alutus* (Gilbert, 1890) (Pisces: Teleostei). *Canadian Journal of Zoology*, 65, 2579-2582.
- Legendre, P., Lapointe, F. J., and Casgrain, P. (1994). Modeling brain evolution from behavior: a permutational regression approach. *Evolution*, 48, 1487-1499.
- Lester, R. J. G. (1990). Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41, 855-865.
- Lester, R. J. G. and Mackenzie, K. (2009). The use and abuse of parasites as stock markers for fish. *Fisheries Research*, 97, 1-2.
- Lester, R. J. G., Sewell, K. B., Barnes, A., and Evans, K. (1988). Stock discrimination of orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*, by Parasite Analysis. *Marine Biology*, 99, 137-143.
- Lester, R. J. G., Thompson, C., Moss, H., and Barker, S. C. (2001). Movement and stock structure of narrow-barred Spanish mackerel as indicated by parasites. *Journal of Fish Biology*, 59, 833-842.
- Lleonart, J. and Maynou, F. (2003). Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. *Scientia Marina*, 67, 37-49.
- Lombarte, A., Recasens, L., González, M., and Gil de Sola, L. (2000). Spatial segregation of two species of Mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) in relation to habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 206, 239-249.
- Machias, A., Somarakis, S., and Tsimenides, N. (1998). Bathymetric distribution and movements of red mullet *Mullus surmuletus*. *Marine Ecology Progress Series*, 166, 247-257.
- Mackenzie, K. (1983). Parasites as biological tags in fish population studies. *Annals of Applied Biology*, 7, 251-331.
- Mackenzie, K. (1987). Parasites as indicators of host populations. *International Journal for Parasitology*, 17, 345-352.
- Mackenzie, K. (1990). Cestode parasites as biological tags for mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the Northeast Atlantic. *J Cons int Explor Mer*, 46, 155-166.
- Mackenzie, K. (2002). Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. *Parasitology*, 124, S153-S163.
- Mackenzie, K. and Abaunza, P. (1998). Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. *Fisheries Research*, 38, 45-56.
- Mackenzie, K. and Abaunza, P. (2005). Parasites as biological tags. In S. X. Cadrin, K. D. Friedland, and J. R. Waldman (Eds.), *Stock identification methods: Applications in fishery science*. (pp. 211-225). London: Elsevier Academic Press.
- Mackenzie, K., Kalavati, C., Gaard, M., and Hemmingsen, W. (2005). Myxosporean gall bladder parasites of gadid fishes in the North Atlantic: their geographical distributions and an assessment of their economic importance in fisheries and

- mariculture. *Fisheries Research*, 76, 454-465.
- Marcogliese, D. J. (2002). Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology*, 124, 83-99.
- Marcogliese, D. J. (2005). Transmission of marine parasites. In K. Rohde (Ed.), *Marine Parasitology* (pp. 280-285). Collingwood (Australia): Csiro publishing.
- Marcogliese, D. J., Albert, E., Gagnon, P., and Sévigny, J.-M. (2003). Use of parasites in stock identification of the deepwater redfish (*Sebastes mentella*) in the Northwest Atlantic. *Fisheries Bulletin*, 101, 183-188.
- Matthews, R. A. (1973). The life-cycle of *Prosohrhynchus crucibulum* (Rudolphi, 1819) Odhner, 1905, and a comparison of its cercaria with that of *Prosohrhynchus squamatus* Odhner, 1905. *Parasitology*, 66, 133-164.
- McArdle, B. H. and Anderson, M. J. (2001). Fitting multivariate models to community data: A comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology*, 82, 290-297.
- McClelland, G. and Marcogliese, D. (1994). Larval anisakine nematodes as biological indicators of cod (*Gadus morhua*) populations in the southern Gulf of St. Lawrence and on the Breton Shelf, Canada. *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology*, 4, 97-116.
- McClelland, G. and Martell, D. J. (2001). Surveys of larval sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) infection in various fish species sampled from Nova Scotian waters between 1988 and 1996, with an assessment of examination procedures. *NAMMCO Scientific Publications*, 3, 57-76.
- Melendy, J., McClelland, G., and Hurlbut, T. (2005). Use of parasite tags in delineating stocks of white hake (*Urophycis tenuis*) from the southern Gulf of St. Lawrence and Cape Breton Shelf. *Fisheries Research*, 76, 392-400.
- Míguez-Lozano, R., Pardo-Carranza, T. V., Blasco-Costa, I., and Balbuena, J. A. (2012). Spatial structure of helminth communities in the golden grey mullet, *Liza aurata* (Actinopterygii: Mugilidae), from the western mediterranean. *Journal of Parasitology*, 98, 904-912.
- Moore, A. B. M. (2001). Metazoan parasites of the lesser-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* and their potential as stock discrimination tools. *Journal of the Marine biological Association of the United Kingdom*, 81, 1009-1013.
- Morales-Nin, B. (1991). Parámetros biológicos del salmonete de roca *Mullus surmuletus* (L. 1758), en Mallorca. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 7, 139-147.
- Morales-Nin, B. and Fauquet, A. (1983). Estructura y características de las escamas de *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758) y *Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758). Estudio al microscopio electrónico de barrido. *Investigación Pesquera*, 47, 203-218.
- Moranta, J., Palmer, M., Morey, G., Ruiz, A., and Morales-Nin, B. (2006). Multi-scale spatial variability in fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* meadows in the Western Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 68, 579-592.
- Moser, M. (1991). Parasites as biological tags. *Parasitology Today*, 7, 182-185.
- Moser, M. and Hsieh, J. (1992). Biological tags for stock separation in pacific herring *Clupea harengus pallasii* in California. *Journal of Parasitology*, 78, 54-60.
- Nakagawa, S. (2004). A farewell to Bonferroni: the problems of low statistical power and publication bias. *Behavioral Ecology*, 15, 1044-1045.
- Nekola, J. C. and White, P. S. (1999). The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, 26, 867-878.
- Oliva, M. E. and Ballón, I. (2002). Metazoan parasites of the Chilean hake *Merluccius gayi gayi* as a tool for stock discrimination. *Fisheries Research*, 56, 313-320.
- Oliva, M. E. and González, M. T. (2005). The decay of similarity over geographical distance in parasite communities of marine fishes. *Journal of Biogeography*, 32, 1327-1332.
- Palm, H. W. (2004). *The Trypanorhyncha Diesing, 1863*. Bogor: PKSPL-IPB Press.
- Pawson, M. G. and Jennings, S. (1996). A critique of methods for stock identification in marine capture fisheries. *Fisheries Research*, 25, 203-217.
- Pelc, R. A., Warner, R. R., Gaines, S. D., and Paris, C. B. (2010). Detecting larval export from marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 18266-18271.

- Pinedo, S., Sarda, R., and Martin, D. (1996). Seasonal dynamics and structure of soft-bottom assemblages in Blanes Bay (northwest Mediterranean Sea). *Publicacion Especial del Instituto Español de Oceanografía*, 22, 61-70.
- Poulin, R. (2003). The decay of similarity with geographical distance in parasite communities of vertebrate hosts. *Journal of Biogeography*, 30, 1609-1615.
- Poulin, R. and Morand, S. (1999). Geographical distances and the similarity among parasite communities of conspecific host populations. *Parasitology*, 119, 369-374.
- Prince, J. D. (2003). The barefoot ecologist goes fishing. *Fish and Fisheries*, 4, 359-371.
- Reiczigel, J. (2003). Confidence intervals for the binomial parameter: some new considerations. *Statistics in Medicine*, 22, 611-621.
- Reiczigel, J. and Rózsa, L. Quantitative Parasitology 3.0. 2005. Budapest, Reiczigel, J.; Rózsa, L.
- Reñones, O., Massutí, E., and Morales-Nin, B. (1995). Life history of the red *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (north-west Mediterranean). *Marine Biology*, 123, 411-419.
- Rey, J. J. and Medialdea, T. (1989). *Los sedimentos cuaternarios superficiales del margen continental español*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Rice, W. R. (1989). Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, 43, 223-225.
- Rózsa, L., Reiczigel, J., and Majoros, G. (2000). Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology*, 86, 228-232.
- Rueda, J. L., Fernandez-Casado, M., Salas, C., and Gofas, S. (2001). Seasonality in a taxocoenosis of molluscs from soft bottoms in the Bay of Cadiz (southern Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81, 903-912.
- Rueda, J. L., Gofas, S., Urra, J., and Salas, C. (2009). A highly diverse molluscan assemblage associated with eelgrass beds (*Zostera marina* L.) in the Alboran Sea: Microhabitat preference, feeding guilds and biogeographical distribution. *Scientia Marina*, 73.
- Sanchez-Jerez, P., Cebrian, C. B., and Espla, A. A. R. (1999). Comparison of the epifauna spatial distribution in *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* and unvegetated bottoms: Importance of meadow edges. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 20, 391-405.
- Sardella, N. H. and Timi, J. T. (2004). Parasites of Argentine hake in the Argentine Sea: population and infracommunity structure as evidence for host stock discrimination. *Journal of Fish Biology*, 65, 1472-1488.
- Shanks, A. L., Grantham, B. A., and Carr, M. H. (2003). Propagule dispersal distance and the size and spacing of marine reserves. *Ecological Applications*, 13, S159-S169.
- Shaw, D. J. and Dobson, A. P. (1995). Patterns of macroparasite abundance and aggregation in wildlife populations: a quantitative review. *Parasitology*, 111, S111-S133.
- Shaw, D. J., Grenfell, B. T., and Dobson, A. P. (1998). Patterns of macroparasite aggregation in wildlife host populations. *Parasitology*, 117, 597-610.
- Sindermann, C. (1983). Parasites as natural tags for marine fish: a review. *Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Studies*, 63-71.
- Smith, J. W. (1984). *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809, det. Krabbe, 1878): length, distribution and viability of L3 of known minimum age from herring *Clupea harengus* L. *Journal of Helminthology*, 58, 337-340.
- Sokal, R. R. and Rolf, F. J. (1981). *Biometry: The principles and practices of statistics in biological research*. San Francisco, USA: W. H. Freeman and company.
- Somdal, O. and Schram, T. A. (1992). Ectoparasites on northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) from western and north sea stocks. *Sarsia*, 77, 19-31.
- Stanley, R. D., Lee, D. L., and Whitaker, D. J. (1992). Parasites of yellowtail rockfish, *Sebastes flavidus* (Ayres, 1862) (Pisces: Teleostei), from the Pacific coast of North America as potential biological tags for stock identification. *Canadian Journal of Zoology*, 70, 1086-1096.
- Suau, P. and Vives, F. (1957). Contribución al estudio del salmonete de fango (*Mullus barbatus*) del Mediterráneo occidental. *Investigación Pesquera*, 9, 97-118.
- Timi, J. T. (2003). Parasites of Argentine anchovy in the south-west Atlantic: latitudinal patterns and their use for discrimination

- of host populations. *Journal of Fish Biology*, 63, 90-107.
- Timi, J. T., Luque, J. L., and Sardella, N. H. (2005). Parasites of *Cynoscion guatucupa* along South American Atlantic coasts: evidence for stock discrimination. *Journal of Fish Biology*, 67, 1603-1618.
- Valle, C., Bayle Sempere, J., and Ramos Espla, A. (2001). Estudio multiescalar de la ictiofauna asociada a praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 en Alicante (sudeste ibérico). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 17, 49-60.
- Whitehead, P. J. P., Bauchot, M. L., Hureau, J. C., Nielson, J., and Tortonese, E. (1986). *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Paris: UNESCO.
- Williams, A. J., Davies, C. R., Mapstone, B. D., and Russ, G. R. (2003). Scale of spatial variation in demography of a large coral-reef fish-an exception to the typical model? *Fishery Bulletin*, 673-683.
- Williams, H. H., Mackenzie, K., and McCarthy, A. M. (1992). Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, 144-176.
- Williams, R. E. and Lester, R. J. G. (2006). Stock structure of Spanish mackerel *Scomberomorus commerson* along the Australian east coast deduced from parasite data. *Journal of Fish Biology*, 68, 1707-1712.





**Capítulo 9. Trazabilidad  
espaciotemporal del salmonete de  
roca mediante sus parásitos**



## Introducción

En el capítulo anterior se discutió el uso de los parásitos como herramienta para discriminar stocks ecológicos. En este capítulo abordaremos el tema del uso de los parásitos en la trazabilidad pesquera. La trazabilidad supone un paso más allá en el uso de parásitos como marcadores poblacionales, ya que consiste, no solamente en diferenciar unidades discretas según su carga parasitaria, sino que pretende averiguar a *posteriori* el lugar y el momento de captura de una muestra de peces o de un pez individual cuyo origen o período de captura es dudoso (Margolis, 1993; Primmer et al., 2000). Detectar la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR) es uno de los aspectos clave para la gestión, conservación y sostenibilidad de las explotaciones pesqueras para la Política Pesquera Común (PPC) de la Unión Europea (Comisión Europea, 2008; Comisión Europea, 2013). Otra de las prioridades de la Unión Europea es incrementar la confianza del consumidor en los productos de alimentación mediante métodos de trazabilidad a través de la cadena alimentaria, es decir, mediante métodos que aseguren el vínculo entre un producto y su origen (Comisión Europea, 2002). De esta forma, la trazabilidad pesquera ayuda a proporcionar confianza y seguridad alimentaria a las administraciones públicas y al consumidor, además de ser una herramienta clave en la gestión pesquera.

Como ya hemos visto, la fauna parasitológica se ha empleado con éxito para identificar y discriminar stocks desde 1939 (Herrington et al., 1939), es decir, posee una sólida tradición (véanse las revisiones de Lester, 1990; Williams et al., 1992; Mackenzie y Abaunza, 1998; Mackenzie y Abaunza, 2005; Capítulo 8). Sin embargo, los estudios de trazabilidad pesquera son bastante recientes. El primer estudio en que se utilizaron parásitos para predecir la localidad de captura se desarrolló en el contexto de un juicio donde se intentaba demostrar que había habido pesca ilegal (Margolis, 1993). Que sepamos, existen sólo 5 estudios adicionales cuyo objetivo principal haya sido el de predecir el origen de las capturas pesqueras; dos basados en marcadores moleculares (Primmer et al., 2000; Nielsen et al., 2001), dos en parásitos (Power et al., 2005; Perdiguero-Alonso et al., 2008), y un estudio de tipo holístico utilizando 6 tipos de marcadores: microquímica y morfología de otolitos, parásitos, morfometría corporal, microsátélites y agrupaciones microbacterianas (Higgins et al., 2010). No obstante, estos estudios se han realizado a escalas geográficas bastante amplias (miles de km) y, aunque sí han tenido en cuenta la variabilidad temporal, ninguno de ellos ha intentado predecir el origen temporal de la captura.

Ya se ha explicado en el Capítulo 8 que la transmisión de los parásitos está íntimamente ligada a las características del ecosistema local y que, a menudo, posee un fuerte componente estacional (Lester, 1990), en contraposición a los métodos moleculares más globales. Por esta razón planteamos que los parásitos del salmonete de roca (*M. surmuletus*), una especie con gran valor comercial, demersal y sedentaria (Morales-Nin, 1991; Reñones et al., 1995; Aguirre, 2000), podría servir para explorar esta reciente línea de investigación más dirigida a la predicción y no tanto a la discriminación de stocks. Es la primera vez que un estudio pretende predecir el origen de la captura a diferentes escalas espaciales, una a *ca.* 300 km y otra a *ca.* 1500 km. También es la primera vez que se utilizan los parásitos para predecir el origen temporal de las capturas pesqueras. Una de las formas

de regular la explotación pesquera en esta especie es el paro biológico en ciertos meses del año. Por lo tanto, pensamos que sería muy útil encontrar una herramienta fácil y barata que permitiera detectar de forma rápida pesca ilegal en zonas y/o temporadas específicas.

## **Materiales y métodos**

### **Muestreo**

Las muestras del salmonete de roca se recogieron estacionalmente desde el verano del 2003 hasta la primavera del 2005 (2 años consecutivos) en 5 localidades de la costa del Mediterráneo español (Barcelona, Burriana, Santa Pola, Roquetas de mar y Fuengirola) (Fig.9.1); se obtuvieron por tanto 8 muestras por localidad; en total 40 muestras. De cada muestra se seleccionó una submuestra de 25 peces con valores similares de longitud estándar ( $12,5 \leq LE \leq 18,0$  cm) para minimizar el posible efecto del tamaño del hospedador en los parámetros de infección de las distintas comparaciones geográficas (véase el Capítulo 8). También se comprobó que no existieran diferencias en los parámetros de infección entre sexos (véase el Capítulo 8).

Se analizaron también muestras de peces de Barcelona (n=32) y Burriana (n=30) cuyas tallas se encontraban fuera del rango establecido anteriormente (es decir,  $12,5 \leq LE \leq 18,0$  cm) y muestras de peces de otras localidades diferentes a los puntos de muestreo anteriores (Fig. 7.1): Palamós (n=15), Peñíscola (n=5), Valencia (n=7) y Barbate (n=15) en España, y Sfax (n=50) y Zarzis (n=50) en Túnez. El objetivo de utilizar estas muestras fuera de rango de talla y de muestreo era corroborar la validez de nuestro modelo como herramienta para poder trazar el origen espacial y temporal de las capturas. Esto resulta fundamental porque, en situaciones reales, no se trata sólo de evaluar el éxito predictivo de asignación espaciotemporal de una muestra de peces de origen desconocido a un conjunto estipulado de localidades / estaciones, sino de determinar si dicha muestra desconocida *pertenece o no* al conjunto de muestras previamente estipulado. En breve: supongamos que hemos establecido una función de discriminación basado en cinco localidades: ¿habría forma de saber si una muestra desconocida *no pertenece a ninguna de dichas localidades?*

### **Análisis estadístico**

#### ***Localidad***

Para poder trazar el origen de las capturas pesqueras se realizaron varios análisis discriminantes (AD) usando la abundancia de los parásitos transformada logarítmicamente ( $\log_{10}(x+1)$ ), debido a la distribución agregada de los parásitos en sus hospedadores (véase el Capítulo 2). Se utilizaron diferentes AD para identificar qué taxones parasitarios se podrían utilizar para predecir la localidad de captura de forma fiable, además de optimizar la relación coste-efectividad. En primer lugar, se seleccionaron los taxones parásitos con una prevalencia mayor del 5% en al menos una de las localidades; se obtuvieron así 18 taxones para el AD (*Opecoeloides furcatus*, *Poracanthium furcatum*, *Lasiotocus mulli*, *Proctotrema bacilliovatum*, *Aphallus tubarium*, *Proisorhynchus crucibulum*, *Proctoeces maculatus*, *Lecithocladium excisum*, *Lecithochirium rufoviride*, *Aponurus mulli*,

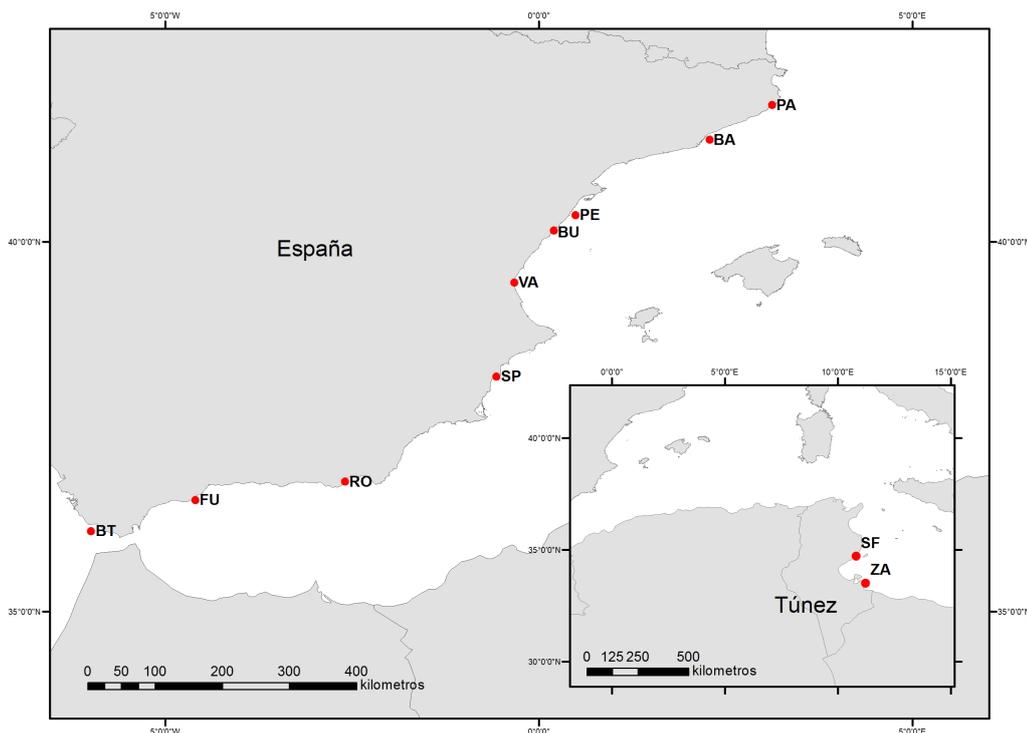


Fig.9.1. Mapa de todas las localidades de muestreo del salmonete de roca en España (BA, Barcelona; PE, Peñíscola; BU, Burriana; VA, Valencia; SP, Santa Pola; RO, Roquetas de mar; FU, Fuengirola; BT, Barbate) y Túnez (SF, Sfax ; ZA, Zarzis).

*Capillaria (Neocapillaria) sp.*, *Hysterothylacium spp.*, *Cucullanus longicollis*, *Ascarophis valentina*, *Tentaculariidae spp.*, *Breizacanthus irenae*, *Hatschekia mulli* y *Gnathia sp.*). Se realizó entonces un AD por pasos (*stepwise*) con los 18 taxones parasitarios mencionados anteriormente que seleccionó los 15 taxones parasitarios más influyentes en la clasificación (*O. furcatus*, *P. furcatus*, *L. mulli*, *P. bacilliovatum*, *A. tubarium*, *P. crucibulum*, *L. excisum*, *A. mulli*, *Capillaria (Neocapillaria) sp.*, *Hysterothylacium spp.*, *C. longicollis*, *A. valentina*, *B. irenae*, *H. Mull* y *Gnathia sp.*). Finalmente, se realizó otro AD donde se seleccionaron las especies de corta duración en el pez (longevidad <12 meses). En este caso, se obtuvieron 14 taxones; 13 taxones parasitarios en su estado adulto (*O. furcatus*, *P. furcatus*, *L. mulli*, *P. bacilliovatum*, *P. maculatus*, *L. excisum*, *L. rufoviride*, *A. mulli*, *Capillaria (Neocapillaria) sp.*, *C. longicollis*, *A. valentina*, *B. irenae* y *H. mulli*) y 1 taxón en estado larvario (*Gnathia sp.*) que se encuentra en el pez durante sólo unas horas o unos días dependiendo de su grado de desarrollo larvario (Smit et al., 2003).

Para predecir la localidad se utilizaron los AD de dos formas distintas. En la primera se excluyó cada vez una réplica de cada una de las localidades (n=25) sobre el conjunto de todos los datos (n=1000) construyendo una función de clasificación con los datos restantes (n=975). Esta función de clasificación se usó para predecir la localidad de la muestra excluida, calculando el porcentaje de acierto por réplica y la media de acierto en porcentaje por localidad. A este análisis le llamaremos *predicción sin una réplica*. En el segundo se escogieron al azar 3 peces por réplica (8 réplicas por localidad) del conjunto de datos (n=1000) y se obtuvieron 5 submuestras de 24 peces una por cada localidad; en total 120

peces. Se construyó una función de clasificación con los datos restantes ( $n=880$ ) y se utilizó para predecir la localidad de las capturas pesqueras de los 120 peces escogidos al azar, obteniendo así el porcentaje de acierto. A este análisis le denominaremos *predicción al azar*.

### ***Estacionalidad***

Para poder trazar la estación de las capturas pesqueras se llevaron a cabo varios análisis discriminantes (AD) usando la abundancia de los parásitos transformada logarítmicamente ( $\log_{10}(x + 1)$ ). En primer lugar se seleccionaron los 18 taxones parásitos para el AD con una prevalencia mayor del 5% en al menos una de las localidades. Luego, se realizó un AD por pasos (*stepwise*) con los 18 taxones parasitarios mencionados anteriormente que seleccionó los 10 taxones parasitarios más influyentes en la clasificación (*O. furcatus*, *P. furcatus*, *L. mulli*, *P. bacilliovatum*, *P. maculatus*, *A. tubarium*, *L. excisum*, *Hysterothylacium* spp., *C. longicollis* y *Gnathia* sp.). Finalmente, se realizó otro AD donde se seleccionaron las especies de corta duración en el pez, en este caso, los obtuvieron 14 taxones parasitarios mencionados anteriormente.

Se utilizaron los dos métodos anteriores (*predicción sin una réplica y predicción al azar*) para predecir la estación de las capturas pesqueras: Esta vez la réplica consistió en los peces de una de las estaciones del mismo año de todas las localidades, (por ejemplo, verano 2003); es decir, 25 peces de la submuestra de las 5 localidades ( $n=125$ ), construyéndose una función de clasificación con los restantes datos ( $n=875$ ) que se utilizaron para predecir la muestras excluida, así con las 7 restantes réplicas. Más tarde se calculó el porcentaje de acierto por réplica y la media de acierto en porcentaje por estación. Con el método de predicción al azar, del conjunto de datos ( $n=1000$ ) se escogieron al azar 5 peces por localidad de cada una de las 2 réplicas de la estación (50 peces por estación), seleccionando en total 200 peces. Se construyó una función de clasificación con los datos restantes ( $n=800$ ) y se utilizó para predecir la estación de las capturas pesqueras de los 200 peces escogidos al azar y obtener el porcentaje de acierto.

### ***Peces fuera de muestreo***

Para este análisis se usaron los datos de la abundancia de parásitos en bruto, y transformados logarítmicamente, de los salmonetes de tamaño fuera de rango de Barcelona y Burriana, y de los salmonetes de Palamós, Peñíscola, Valencia, Barbate, Sfax y Zarzis. Se calculó la distancia de Mahalanobis al cuadrado ( $D^2$ ) de cada pez para estimar el grupo de procedencia más cercano de las 5 localidades del muestreo general. El análisis de la distancia de Mahalanobis permite calcular la distancia de un pez no conocido (es decir, un pez de una localidad diferente a las incluidas en el muestreo general) a cada centroide de los grupos conocidos, y asignar el espécimen desconocido al grupo que presenta la distancia más cercana. Este proceso es el que, de hecho, realiza por defecto un AD. Sin embargo, esto no significa que dicho pez sea "típico" de dicha muestra a la que se asigna. De hecho, la distancia de Mahalanobis sigue una distribución  $\chi^2$  con grados de libertad igual al número de variables predictoras, y puede usarse para saber si cualquier pez asignado a la muestra más cercana es "típico" de la muestra; es lo que se conoce como *typicality*. Si la

probabilidad de la distancia de un pez al centroide más cercano es  $<0,05$  esto indicaría que dicho pez ni siquiera pertenece a dicha muestra (técnicamente sería un *outlier*) ni, por definición, a ningún otro de los grupos (véase (Cunningham y Jantz, 2003). Por tanto, dicho pez se identificaría como de procedencia diferente a cualquiera de los grupos preestablecidos.

## Resultados

### *Localidad*

Los resultados medios de la *predicción sin una réplica* fueron parecidos cuando se usaron 18 ó 15 taxones parasitarios, del 40 al 78% de acierto dependiendo de localidad (Tablas 9.1, 9.2, 9.3 y 9.4), mientras que con sólo 14 taxones el éxito predictivo descendió bastante, del 30% al 57% de acierto dependiendo de localidad (Tablas 9.5 y 9.6). Siempre, el mayor porcentaje de acierto correspondió a la localidad de procedencia de los peces (Tablas 9.2, 9.4 y 9.6), y no siempre la localidad adyacente es la que incluía el mayor porcentaje de peces mal clasificados.

Cuando analizamos con más detalle las Tablas 9.1, 9.3 y 9.5, el éxito predictivo parecía depender de la réplica y, por último, de la localidad analizada. Es decir, aunque en la mayoría de las réplicas el mayor porcentaje de peces clasificados correspondía a localidad de origen, había algunas en la que esto no se cumplía. Además, se constató una tendencia en ciertas localidades a presentar un mayor número de réplicas con peces más erróneamente clasificados que otras y, por ende, su éxito predictivo descendía. Tal fue el caso de localidades como Santa Pola y Roquetas, en las que hubo 3 réplicas con un éxito predictivo muy bajo comparado con Burriana y Barcelona, donde sólo hubo 1 o 2 (Tablas 9.1, 9.3 y 9.5).

El éxito predictivo de la *predicción al azar* mejoró sustancialmente comparado con el análisis de *sin una réplica*; del 45% al 83% de acierto según localidad (Tablas 9.7, 9.8 y 9.9). También fue siempre la localidad de procedencia la que obtuvo el mayor número de peces correctamente asignados. Y, como en el procedimiento anterior, no se observó que hubiera más peces mal clasificados en las localidades adyacentes a la de procedencia. El mayor porcentaje de peces clasificados correctamente se obtuvo en el análisis usando 15 taxones parasitarios (del 60% al 83% según localidad).

Tabla 9.1. Número de salmonetes de roca asignados a cada localidad por réplica mediante un AD usando 18 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada localidad por réplica. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

		PREDICCIÓN					
		Nº	BA	BU	SP	RO	FU
ORIGEN	Barcelona (BA)	1	<b>18 (72)</b>	1(4)	0 (0)	2 (8)	4 (16)
		2	<b>16 (64)</b>	3 (12)	5 (20)	0 (0)	1 (4)
		3	<b>17 (68)</b>	1 (4)	1 (4)	2 (8)	4 (16)
		4	<b>19 (76)</b>	3 (12)	1 (4)	2 (8)	0 (0)
		5*	<b>8 (32)</b>	2 (8)	3 (12)	11 (44)	1 (4)
		6	<b>10 (40)</b>	5 (20)	6 (24)	2 (8)	2 (8)
		7	<b>9 (36)</b>	0 (0)	3 (12)	2 (8)	11 (44)
		8	<b>12 (48)</b>	0 (0)	1 (4)	2 (8)	10 (40)
	Burriana (BU)	9	3 (12)	<b>22 (88)</b>	0 (0)	0 (0)	0 (0)
		10	0 (0)	<b>16 (64)</b>	7 (28)	2 (8)	0 (0)
		11	0 (0)	<b>25 (100)</b>	0 (0)	0 (0)	0 (0)
		12	4 (16)	<b>20 (80)</b>	0 (0)	0 (0)	1 (4)
		13	1(4)	<b>23 (92)</b>	1 (4)	0 (0)	0 (0)
		14	0 (0)	<b>24 (96)</b>	1 (4)	0 (0)	0 (0)
		15*	4 (16)	<b>4 (16)</b>	10 (40)	0 (0)	7 (28)
		16	0 (0)	<b>23 (92)</b>	1 (4)	1 (4)	0 (0)
	Santa Pola (SP)	17*	6 (24)	9 (36)	<b>4 (16)</b>	6 (24)	0 (0)
		18*	0 (0)	0 (0)	<b>0 (0)</b>	4 (16)	21 (84)
		19	2 (8)	3 (12)	<b>17 (68)</b>	2 (8)	1 (4)
		20	2 (8)	1 (4)	<b>12 (48)</b>	5 (20)	5 (20)
		21	7 (28)	0 (0)	<b>16 (64)</b>	1 (4)	1 (4)
		22	6 (24)	1 (4)	<b>14 (56)</b>	1 (4)	3 (12)
		23	3 (12)	2 (8)	<b>13 (52)</b>	4 (16)	3 (12)
		24*	14 (56)	0 (0)	<b>7 (28)</b>	3 (12)	1 (4)
	Roquetas (RO)	25	0 (0)	0 (0)	4 (16)	<b>18 (72)</b>	3 (12)
		26*	2 (8)	0 (0)	12 (48)	<b>6 (24)</b>	5 (20)
		27	7 (28)	0 (0)	5 (20)	<b>10 (40)</b>	3 (12)
		28	2 (8)	0 (0)	8 (32)	<b>13 (52)</b>	2 (8)
		29	3 (12)	3 (12)	7 (28)	<b>10 (40)</b>	2 (8)
		30*	3 (12)	3 (12)	4 (16)	<b>2 (8)</b>	13 (52)
		31*	17 (68)	3 (12)	5 (20)	<b>0 (0)</b>	0 (0)
		32	3 (12)	0 (0)	0 (0)	<b>22 (88)</b>	0 (0)
	Fuengirola (FU)	33*	4 (16)	1 (4)	1 (4)	1 (4)	<b>18 (72)</b>
		34	3 (12)	0 (0)	1 (4)	1 (4)	<b>20 (80)</b>
		35	1 (4)	0 (0)	5 (20)	2 (8)	<b>17 (68)</b>
		36	1 (4)	0 (0)	0 (0)	4 (16)	<b>20 (80)</b>
		37	8 (32)	0 (0)	1 (4)	1 (4)	<b>15 (60)</b>
		38	0 (0)	1 (4)	3 (12)	0 (0)	<b>21 (84)</b>
		39	0 (0)	0 (0)	4 (16)	4 (16)	<b>17 (68)</b>
		40	1 (4)	0 (0)	5 (20)	5 (20)	<b>14 (56)</b>

\* Muestra dentro de una localidad con un mayor número de peces erróneamente clasificados a una localidad foránea

Tabla 9.2. Media del porcentaje de acierto de los peces asignados a cada localidad mediante el AD usando 18 taxones parasitarios. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

PREDICCIÓN					
ORIGEN	Barcelona (BA)	Burriana (BU)	Santa Pola (SP)	Roquetas (RO)	Fuengirola (FU)
BA	<b>54,5</b>	7,5	10	11,5	16,5
BU	6	<b>78,5</b>	10	1,5	4
SP	20	8	<b>41,5</b>	13	17,5
RO	18,5	4,5	22,5	<b>40,5</b>	14
FU	9	1	10	9	<b>71</b>

Tabla 9.3. Número de salmonetes de roca asignados a cada localidad mediante un AD usando 15 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada localidad por réplica. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	Nº	PREDICCIÓN				
		BA	BU	SP	RO	FU
Barcelona (BA)	1	<b>19 (76)</b>	1(4)	0 (0)	1 (4)	4 (16)
	2	<b>16 (64)</b>	3 (12)	5 (20)	0 (0)	1 (4)
	3	<b>18 (72)</b>	1 (4)	1 (4)	2 (8)	3 (12)
	4	<b>18 (72)</b>	2 (8)	2 (8)	3 (12)	0 (0)
	5*	<b>8 (32)</b>	2 (8)	3 (12)	11 (44)	1 (4)
	6	<b>10 (40)</b>	5 (20)	7 (28)	1 (4)	2 (8)
	7	<b>12 (48)</b>	0 (0)	2 (8)	0 (0)	11 (44)
	8	<b>13 (52)</b>	0 (0)	1 (4)	1 (4)	10 (40)
Burriana (BU)	9	3 (12)	<b>22 (88)</b>	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	10	0 (0)	<b>19 (76)</b>	2 (8)	3 (12)	1 (4)
	11	0 (0)	<b>25 (100)</b>	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	12	4 (16)	<b>20 (80)</b>	0 (0)	0 (0)	1 (4)
	13	1(4)	<b>18 (72)</b>	2 (8)	0 (0)	4 (16)
	14	0 (0)	<b>24 (96)</b>	1 (4)	0 (0)	0 (0)
	15*	3 (12)	<b>6 (24)</b>	9 (36)	0 (0)	7 (28)
	16	0 (0)	<b>22 (88)</b>	2 (8)	1 (4)	0 (0)
Santa Pola (SP)	17*	6 (24)	9 (36)	<b>4 (16)</b>	6 (24)	0 (0)
	18*	0 (0)	0 (0)	<b>0 (0)</b>	4 (16)	21 (84)
	19	2 (8)	3 (12)	<b>17 (68)</b>	2 (8)	1 (4)
	20	2 (8)	1 (4)	<b>14 (56)</b>	4 (16)	4 (16)
	21	7 (28)	0 (0)	<b>17 (68)</b>	1 (4)	0 (0)
	22	6 (24)	1 (4)	<b>14 (56)</b>	1 (4)	3 (12)
	23	3(12)	2 (8)	<b>13 (52)</b>	4 (16)	3 (12)
	24*	12 (48)	0 (0)	<b>9 (36)</b>	3 (12)	1 (4)
Roquetas (RO)	25	0 (0)	0 (0)	4 (16)	<b>17 (68)</b>	4 (16)
	26*	2 (8)	0 (0)	12 (48)	<b>6 (24)</b>	5 (20)
	27	7 (28)	0 (0)	5 (20)	<b>11 (44)</b>	2 (8)
	28	1 (4)	0 (0)	8 (32)	<b>14 (56)</b>	2 (8)
	29	3 (12)	3 (12)	5 (20)	<b>12 (48)</b>	2 (8)
	30*	2 (8)	3 (12)	4 (16)	<b>2 (8)</b>	14 (56)
	31*	18 (72)	3 (12)	4 (16)	<b>0 (0)</b>	0 (0)
	32	3 (12)	0 (0)	0 (0)	<b>22 (88)</b>	0 (0)
Fuengirola (FU)	33*	3 (12)	0 (0)	0 (0)	22 (88)	<b>0 (0)</b>
	34	3 (12)	0 (0)	1 (4)	0 (0)	<b>21 (84)</b>
	35	1 (4)	0 (0)	4 (16)	2 (8)	<b>18 (72)</b>
	36	1 (4)	0 (0)	0 (0)	3 (12)	<b>21 (84)</b>
	37	8 (32)	0 (0)	1 (4)	1 (4)	<b>15 (60)</b>
	38	0 (0)	1 (4)	3 (12)	0 (0)	<b>21 (84)</b>
	39	1 (4)	0 (0)	3 (12)	3 (12)	<b>18 (72)</b>
	40	0 (0)	0 (0)	3 (12)	5 (20)	<b>17 (68)</b>

\* Muestra dentro de una localidad con un mayor número de peces erróneamente clasificados a una localidad foránea

Tabla 9.4. Media del porcentaje de acierto de los peces asignados a cada localidad mediante el AD usando los 15 taxones parasitarios. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	PREDICCIÓN				
	Barcelona (BA)	Burriana (BU)	Santa Pola (SP)	Roquetas (RO)	Fuengirola (FU)
BA	<b>57</b>	7	10,5	9,5	16
BU	5,5	<b>78</b>	8	2	6,5
SP	19	8	<b>44</b>	12,5	16,5
RO	18	4,5	21	<b>42</b>	14,5
FU	8,5	0,5	7,5	18	<b>65,5</b>

Tabla 9.5. Número de de salmonete de roca asignados a cada localidad mediante un AD usando 14 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada localidad por réplica. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

		PREDICCIÓN					
		Nº	BA	BU	SP	RO	FU
ORIGEN	Barcelona (BA)	1	<b>19 (76)</b>	2 (8)	1 (4)	1 (4)	2 (8)
		2	<b>13 (52)</b>	3 (12)	3 (12)	0 (0)	6 (24)
		3	<b>8 (32)</b>	4 (16)	4 (16)	2 (8)	7 (28)
		4	<b>11 (44)</b>	0 (0)	4 (16)	1 (4)	9 (36)
		5*	<b>3 (12)</b>	11 (44)	4 (16)	5 (20)	2 (8)
		6*	<b>7 (28)</b>	2 (8)	4 (16)	1 (4)	11 (44)
		7*	<b>4 (16)</b>	0 (0)	2 (8)	0 (0)	19 (76)
		8	<b>13 (52)</b>	0 (0)	2 (8)	0 (0)	10 (40)
	Burriana (BU)	9	3 (12)	<b>20 (80)</b>	1 (4)	1 (4)	0 (0)
		10	1 (4)	<b>18 (72)</b>	4 (16)	2 (8)	0 (0)
		11	2 (8)	<b>21 (84)</b>	2 (8)	0 (0)	0 (0)
		12	11 (44)	<b>12 (48)</b>	1 (4)	0 (0)	1 (4)
		13*	10 (40)	<b>8 (32)</b>	2 (8)	2 (8)	3 (12)
		14	1 (4)	<b>22 (88)</b>	2 (8)	0 (0)	0 (0)
		15*	15 (60)	<b>0 (0)</b>	5 (20)	2 (8)	3 (12)
		16	2 (8)	<b>16 (64)</b>	6 (24)	1 (4)	0 (0)
	Santa Pola (SP)	17*	2 (8)	14 (56)	<b>5 (20)</b>	4 (16)	0 (0)
		18	4 (16)	3 (12)	<b>11 (44)</b>	5 (20)	2 (8)
		19	0 (0)	5 (20)	<b>18 (72)</b>	0 (0)	2 (8)
		20	3 (12)	4 (16)	<b>12 (48)</b>	4 (16)	2 (8)
		21*	8 (32)	0 (0)	<b>9 (36)</b>	2 (8)	6 (24)
		22	4 (16)	2 (8)	<b>16 (64)</b>	0 (0)	3 (12)
		23	3 (12)	3 (12)	<b>11 (44)</b>	2 (8)	6 (24)
		24*	7 (28)	0 (0)	<b>5 (20)</b>	4 (16)	9 (36)
	Roquetas (RO)	25	0 (0)	0 (0)	4 (16)	<b>18 (72)</b>	3 (12)
		26*	3 (12)	4 (16)	9 (36)	<b>9 (36)</b>	0 (0)
		27	4 (16)	2 (8)	5 (20)	<b>12 (48)</b>	2 (8)
		28	2 (8)	0 (0)	5 (20)	<b>15 (60)</b>	3 (12)
		29*	4 (16)	8 (32)	3 (12)	<b>8 (32)</b>	2 (8)
		30*	6 (24)	0 (0)	8 (32)	<b>3 (12)</b>	8 (32)
		31*	4 (16)	10 (40)	5 (20)	<b>1 (4)</b>	5 (20)
		32	0 (0)	0 (0)	0 (0)	<b>21 (84)</b>	4 (16)
	Fuengirola (FU)	33*	13 (52)	0 (0)	3 (12)	2 (8)	<b>7 (28)</b>
		34*	12 (48)	0 (0)	3 (12)	5 (20)	<b>5 (20)</b>
		35	4 (16)	0 (0)	4 (16)	5 (20)	<b>12 (48)</b>
		36	0 (0)	1 (4)	0 (0)	14 (56)	<b>10 (40)</b>
		37*	13 (52)	0 (0)	3 (12)	1 (4)	<b>8 (32)</b>
		38	4 (16)	1 (4)	8 (32)	0 (0)	<b>12 (48)</b>
		39	3 (12)	0 (0)	4 (16)	4 (16)	<b>14 (56)</b>
		40*	2 (8)	0 (0)	6 (24)	8 (32)	<b>9 (36)</b>

\* Muestra dentro de una localidad con un mayor número de peces erróneamente clasificados a una localidad foránea

Tabla 9.6. Media del porcentaje de acierto de los peces asignados a cada localidad mediante el AD usando 14 taxones parasitarios. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

PREDICCIÓN					
ORIGEN	Barcelona (BA)	Burriana (BU)	Santa Pola (SP)	Roquetas (RO)	Fuengirola (FU)
BA	<b>39</b>	11	12	5	33
BU	24,6	<b>57,7</b>	9,7	4	4
SP	13	23,5	<b>44</b>	9	12
RO	15	12	22	<b>35</b>	16
FU	22,7	0,9	13,8	26,7	<b>36</b>

Tabla 9.7. Número de salmonetes de roca asignados a cada localidad mediante AD usando 18 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada localidad. (Predicción al azar; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	PREDICCIÓN				
	Barcelona (BA)	Burriana (BU)	Santa Pola (SP)	Roquetas (RO)	Fuengirola (FU)
BA	<b>15 (62,5)</b>	3 (12,5)	1 (4,2)	2 (8,3)	3 (12,5)
BU	2 (8,3)	<b>20 (83,3)</b>	1 (4,2)	1 (4,2)	0 (0)
SP	4 (16,7)	2 (8,3)	<b>14 (58,3)</b>	0 (0)	4 (16,7)
RO	6 (25,0)	2 (8,3)	3 (12,5)	<b>11 (45,8)</b>	2 (8,3)
FU	1 (4,2)	1 (4,2)	2 (8,3)	1 (4,2)	<b>19 (79,2)</b>

Tabla 9.8. Número de salmonetes de roca asignados a cada localidad mediante AD usando 15 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada localidad. (Predicción al azar; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	PREDICCIÓN				
	Barcelona (BA)	Burriana (BU)	Santa Pola (SP)	Roquetas (RO)	Fuengirola (FU)
BA	<b>16 (66,7)</b>	3 (12,5)	2 (8,3)	1 (4,2)	2 (8,3)
BU	2 (8,3)	<b>20 (83,3)</b>	1 (4,2)	1 (4,2)	0 (0)
SP	4 (16,7)	2 (8,3)	<b>15 (62,5)</b>	0 (0)	3 (12,5)
RO	5 (20,8)	2 (8,3)	3 (12,5)	<b>11 (45,8)</b>	3 (12,5)
FU	1 (4,2)	1 (4,2)	2 (8,3)	1 (4,2)	<b>19 (79,2)</b>

Tabla 9.9. Número de salmonetes de roca asignados a cada localidad mediante AD usando 14 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada localidad. (Predicción al azar; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	PREDICCIÓN				
	Barcelona (BA)	Burriana (BU)	Santa Pola (SP)	Roquetas (RO)	Fuengirola (FU)
BA	<b>15 (62,5)</b>	3 (12,5)	1 (4,2)	2 (8,3)	3 (12,5)
BU	2 (8,3)	<b>20 (83,3)</b>	1 (4,2)	1 (4,2)	0 (0)
SP	4 (16,7)	2 (8,3)	<b>14 (58,3)</b>	0 (0)	4 (16,7)
RO	6 (25)	2 (8,3)	3 (12,5)	<b>11 (45,8)</b>	2 (8,3)
FU	1 (4,2)	1 (4,2)	2 (8,3)	1 (4,2)	<b>19 (79,2)</b>

### ***Estacionalidad***

El éxito predictivo por estación con los dos tipos de análisis (*predicción sin una réplica* y *al azar*) fue muy bajo (del 3% al 26% de acierto), teniendo en cuenta el porcentaje de éxito que se esperaría por azar (del orden del 20%). Sólo se muestran los resultados con los 18 y 10 taxones parasitarios, ya que fueron todos muy similares. En el análisis de *predicción sin una réplica*, en ningún caso la estación de captura correspondió al mayor número de peces asignados correctamente. Sin embargo, se observó cierto aumento del éxito predictivo con el análisis de la *predicción al azar*, de casi un 30% de acierto con la *predicción sin una réplica* (Tablas 9.10 y 9.11) a alrededor de un 50% en la *predicción al azar* en la mayoría de las estaciones de captura (Tablas 9.12 y 9.13).

Tabla 9.10. Número de salmonetes de roca asignados a cada estación por réplica mediante el AD usando 18 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada estación por réplica. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	AÑO	PREDICCIÓN			
		V	O	I	P
Verano (V)	2003*	<b>22 (17,6)</b>	39 (31,2)	19 (15,2)	45 (36,0)
	2004*	<b>33 (26,4)</b>	25 (20,0)	38 (30,4)	29 (23,2)
Otoño (O)	2003*	47 (37,6)	<b>4 (3,2)</b>	43 (34,4)	31 (24,8)
	2004*	25 (20,0)	<b>5 (4,0)</b>	68 (54,4)	27 (21,6)
Invierno (I)	2004*	43 (34,4)	36 (28,8)	<b>10 (8,0)</b>	36 (28,8)
	2005*	12 (9,6)	48 (38,4)	<b>10 (8,4)</b>	55 (44,0)
Primavera (P)	2004*	42 (33,6)	20 (16,0)	51(40,8)	<b>12 (9,6)</b>
	2005*	41 (32,8)	33 (26,4)	46 (36,8)	<b>5 (4,0)</b>

\* Muestras dentro de una estación con un mayor n° de peces erróneamente clasificados

Tabla 9.11. Número de salmonetes de roca asignados a cada estación por réplica mediante el AD usando 10 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada estación por réplica. (Predicción sin una réplica; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	AÑO	PREDICCIÓN			
		V	O	I	P
Verano (V)	2003*	<b>27 (21,6)</b>	40 (32,0)	21 (16,8)	37 (29,6)
	2004	<b>33 (26,4)</b>	31 (24,8)	33 (26,4)	28 (22,4)
Otoño (O)	2003*	49 (39,2)	<b>6 (4,8)</b>	35 (28,0)	35 (28,0)
	2004*	24 (19,2)	<b>7 (5,6)</b>	77 (61,6)	17 (13,6)
Invierno (I)	2004*	40 (32,0)	40 (32,0)	<b>5 (4,0)</b>	40 (32,0)
	2005*	14 (11,2)	40 (32)	<b>8 (6,4)</b>	63 (50,4)
Primavera (P)	2004*	37 (29,6)	21 (16,8)	59 (47,2)	<b>8 (6,4)</b>
	2005*	39 (31,2)	37 (29,6)	38 (30,4)	<b>11 (8,8)</b>

\* Muestras dentro de una estación con un mayor n° de peces erróneamente clasificados

Tabla 9.12. Número de salmonetes de roca asignados a cada estación mediante el AD usando 18 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada estación por réplica. (Predicción al azar; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	PREDICCIÓN			
	V	O	I	P
Verano (V)	<b>24 (48)</b>	12 (24)	6 (12)	8 (16)
Otoño (O)	9 (18)	<b>21 (42)</b>	13 (26)	7 (14)
Invierno (I)	3 (6)	8 (16)	<b>25 (50)</b>	14 (28)
Primavera (P)	10 (20)	8 (16)	9 (18)	<b>23 (46)</b>

Tabla 9.13. Número de salmonetes de roca asignados a cada estación mediante el AD usando 10 taxones parasitarios. Los datos entre paréntesis corresponden al porcentaje de peces asignado correctamente a cada estación por réplica. (Predicción al azar; véase Materiales y Métodos).

ORIGEN	PREDICCIÓN			
	V	O	I	P
Verano (V)	<b>20 (40)</b>	14 (24)	9 (18)	7 (14)
Otoño (O)	8 (16)	<b>22 (44)</b>	13 (26)	7 (14)
Invierno (I)	2 (4)	10 (20)	<b>24 (48)</b>	14 (28)
Primavera (P)	8 (16)	9 (18)	7 (14)	<b>26 (52)</b>

### *Peces fuera de muestreo*

Los peces procedentes de Túnez fueron clasificados en su mayor parte como pertenecientes a Fuengirola, una de las localidades españolas más cercana, pero aun así separada por alrededor de 1000 km. Solamente 9 peces de los 100 fueron identificados como de una localidad diferente de las españolas (Tabla 9.15). Alrededor de la mitad de los peces de puertos españoles fuera de muestreo fueron clasificados a sus puertos más cercanos, como es el caso de Palamós y Peñíscola (Tablas 9.14 y 9.15). En el caso de Barbate, una localidad ya en el Atlántico español, más de la mitad de sus peces fueron asignados a la localidad más cercana, Fuengirola, separadas entre sí por el estrecho de Gibraltar (Tabla 9.14). En cuanto a los peces escogidos en Barcelona y Burriana fuera de las tallas del estudio, también alrededor de la mitad de los peces fueron clasificados a la localidad de procedencia (Tabla 9.14). Sólo dos de los peces pertenecientes a Barcelona se identificaron como *outliers* (Tabla 9.15).

Se ha de señalar que se obtuvieron resultados ligeramente mejores cuando se utilizaban los datos transformados logarítmicamente, aunque fue necesario el uso de los datos en brutos para el análisis de la distancia de Mahalanobis, ya que al ser transformados los datos logarítmicamente los valores se uniformizaban tanto que no era posible detectar *outliers*.

Tabla 9.14. Numero de salmonetes fuera de muestreo asignados a localidades españolas mediante el AD de los datos transformados logarítmicamente de 18 taxones parasitarios. Se muestra el número de peces clasificados como *outliers* (*typicalities*). FT: Fuera de talla.

	PREDICCIÓN					Typicalities	
	BA	BU	SP	RO	FU	sin grupo	Total
Túnez	28 (28)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	71 (71)	0	100
Valencia	0 (0)	2 (28,6)	0 (0)	0 (0)	5 (71,4)	0	7
Barbate	1 (6,7)	1 (6,7)	3 (20)	5 (33,3)	5 (33,3)	0	15
Palamós	6 (40)	1 (6,7)	4 (26,7)	1 (6,7)	3 (20)	0	15
Peñíscola	0 (0)	3 (60)	1 (20)	0 (0)	1 (20)	0	5
Barcelona (FT)	14 (43,7)	2 (6,2)	10 (31,2)	1 (3,1)	5 (15,6)	0	32
Burriana (FT)	3 (10)	17 (56,7)	6 (20)	0 (0)	4 (13,3)	0	30

Tabla 9.15. Numero de salmonetes fuera de muestreo asignados a localidades españolas mediante el AD de los datos brutos de 18 taxones parasitarios. Se muestra el número de peces clasificados como *outliers* (*typicalities*). FT: Fuera de talla.

	PREDICCIÓN					Typicalities	
	BA	BU	SP	RO	FU	sin grupo	Total
Túnez	11 (11)	0 (0)	1 (1)	3 (3)	85 (85)	9	100
Valencia	0 (0)	2 (28,6)	0 (0)	0 (0)	5 (71,4)	0	7
Barbate	1 (6,7)	1 (6,7)	0 (0)	4 (26,7)	9 (60,0)	0	15
Palamós	7 (46,7)	1 (6,7)	2 (13,3)	1 (6,7)	4 (26,7)	0	15
Peñíscola	0 (0)	3 (60)	1 (20)	0 (0)	1 (20)	0	5
Barcelona (FT)	11(34,4)	2 (6,3)	7 (21,9)	0 (0)	12 (37,5)	2	32
Burriana (FT)	4 (13,3)	11 (36,7)	5 (16,7)	0 (0)	10 (33,3)	0	30

## Discusión

El objetivo principal de la trazabilidad pesquera es obtener una herramienta sencilla que asegure predicciones precisas sobre el origen de las capturas pesqueras, entre el 90-100% (véase Nielsen et al., 2001; Power et al., 2005). Idealmente, para poder trazar con precisión el origen de las capturas mediante datos parasitológicos deberían cumplirse al menos una de las siguientes condiciones. En primer lugar, debería existir una sustitución (*turnover*) significativa espacial (o temporal, si es el caso) de especies parásitas (véase Harrison et al., 1992; Krasnov et al., 2011), es decir, que existieran especies en unas localidades pero no en otras. Esto es justo lo que sucedió en el caso del salmón rojo del Pacífico (*Oncorhynchus nerka*). El patrón de presencia/ausencia del mixosporidio cerebral *Myxobolus arcticus* registrado en diferentes localidades durante 8 años (1977-1984) en estos salmones demostró judicialmente que hubo pesca ilegal en una área protegida (Margolis, 1993). En segundo lugar, debe existir una gran repetibilidad en los niveles de parasitismo, tanto a nivel espacial como temporal. Usando datos de toda la comunidad parasitaria los estudios de Power et al. (2005) y Perdiguero-Alonso et al. (2008) utilizaron diversas técnicas multivariantes de discriminación con muy buenos resultados (entre el 85-96% de acierto) a la hora de predecir la procedencia de las capturas pesqueras. Se ha de señalar, no obstante, que ninguno de los dos estudios se hizo una replicación adecuada del muestreo para validar las predicciones o para predecir la estación. Si cualquiera de las dos condiciones (*turnover* significativo y/o una gran estabilidad de los parámetros de infección parasitaria) se cumplieran, debería comprobarse además que ambas se cumplen a una escala espaciotemporal relevante para la gestión pesquera (véase el Capítulo 7).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, la fauna parasitaria del salmonete de roca no es un instrumento fiable para trazar el origen de las capturas pesqueras a escala de puerto o estación debido a la gran variación intralocalidad en la fauna parasitaria (véanse también los Capítulos 7 y 8). Intentar trazar el origen de un pez individual o un conjunto de salmonetes de roca con la función discriminante nos asignaría el individuo/la muestra a una localidad/estación determinada, pero tendríamos bastante incertidumbre de que dicha localidad/estación fuera realmente la de origen. No obstante, sí se ha observado que el uso de datos durante dos años parece aumentar el porcentaje de acierto para predecir la localidad de captura, incrementando la señal espacial. Los datos ecológicos son un compendio de varias escalas espaciales que suelen confundirse, por lo que el incremento temporal del muestreo permite captar la máxima variación y eliminar el “ruido”; los denominados efectos locales (Fortin y Dale, 2005). Esto parece haber ocurrido de una forma discreta en el resultado de los dos años de estudio, ya que se observa que el éxito predictivo aumenta al tratar las muestras como un todo (con medias) y no por separado (Tablas 9.2, 9.4 y 9.6).

Sin embargo, esta mejora no es suficiente para trazar el origen de la captura de salmonetes de roca a escala de puerto y/o por estación. Con todo, ¿podría funcionar la trazabilidad a escalas mayores, es decir, para distinguir muestras, por ejemplo, entre países? Si este fuera el caso, los parásitos podrían ser útiles en caso de conflictos pesqueros entre países cercanos. Desgraciadamente, nuestro estudio sólo pudo detectar que el 9% de los peces tunecinos eran diferentes al conjunto de peces españoles. Estos 9 peces poseían

una gran abundancia de larvas de cestodos tripanorrincos, algo que ya se ha mencionado como característico de la región tunecina (Capítulo 8). En general, la parasitofauna del salmonete de roca es bastante similar a lo largo de todo el Mediterráneo occidental y central, y diferente a la parte más oriental debido en parte a la influencia lessepsiana (Capítulo 6). Tal vez, si los salmonetes de roca utilizados para testar nuestra herramienta de clasificación hubieran procedido de una región como el Líbano, el porcentaje de peces detectados como diferentes a los de origen español hubiera sido mayor, pero este obviamente no es un contexto pesquero realista.

El problema de identificar la escala espacial relevante también aparece en uno de los trabajos de trazabilidad anteriormente publicados usando parásitos como herramienta de clasificación. (Power et al., 2005) obtuvieron una gran precisión (96% de acierto) al predecir el origen de la captura de la boga (*Boops boops*) en 3 localidades españolas. No obstante dudamos de la aplicabilidad de este gran éxito predictivo en la gestión pesquera debido a que las zonas de pesca y comercio de la boga en estos 3 lugares (Malpica (Galicia); Ondarroa (País Vasco) y Burriana (Comunidad Valenciana)) no se solapan. Sin embargo, otros estudios si que han resultado tener un gran éxito predictivo y aportar información aplicable a detectar pesca ilegal, como el caso del salmón rojo, *O. nerka* (Margolis, 1993), o aportar información relevante para la gestión del stock del bacalao (*Gadus morhua*) (Perdiguero-Alonso et al., 2008). Estas especies de peces comparten un carácter migratorio muy marcado, alimentándose en zonas distintas a las que desovan, y un elevado grado de *homing* (migración de vuelta a la zona donde nacieron) (Margolis, 1963; Robichaud y Rose, 2004). Los peces que se mueven más suelen presentar especies de parásitos que han adquirido en las diferentes zonas de origen, de alimentación y/o desove, en contraposición a los peces con hábitat más sedentarios, que pueden presentar una gran variación en las faunas parasitarias que no se mantiene de forma congruente en las diferentes áreas debido a efectos muy locales.

En resumen, la parasitofauna del salmonete de roca a nivel de infracomunidad es bastante variable en el número de individuos parásitos, haciendo muy impredecible la composición de las infracomunidades de un individuo hospedador a otro, aunque provengan de una misma población. Y, por otra parte, a nivel de comunidad componente, la fauna parasitaria es bastante similar en casi todo el Mediterráneo, lo que imposibilita su uso en conflictos pesqueros potenciales entre países muy cercanos. Parece que el salmonete de roca, quizás como la mayoría de los peces no migratorios y demersales, no es una especie de hospedador adecuado para realizar estudios de trazabilidad utilizando parásitos debido a la gran variación local de la abundancia de parásitos y su gran similitud a escalas espaciales mayores (como por ejemplo, entre España y Túnez). Podríamos recomendar su uso en conjunción con otros marcadores poblacionales para mejorar la predicción, tal y como ha sucedido en otros estudios (Higgins et al., 2010).

## REFERENCIAS

- Aguirre, H. (2000). Aspectos Biológicos y Ecológicos del Salmonete de Fango *Mullus barbatus* y del Salmonete de Roca *Mullus surmuletus* del Mediterráneo Noroccidental. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Comisión Europea. (2002). Reglamento (CE) Nº 178/2002 del parlamento europeo y del consejo de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.
- Comisión Europea. (2008). Reglamento (CE) Nº 1005/2008 del consejo de 29 de septiembre de 2008 por el que se establece un sistema comunitario para prevenir, desalentar y eliminar la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada.
- Comisión Europea. (2013). Reglamento (UE) Nº 1380/2013 del parlamento europeo y del consejo de 11 de diciembre de 2013 sobre la Política Pesquera Común.
- Cunningham, D. L. and Jantz, R. L. (2003). The morphometric relationship of upper cave 101 and 103 to modern homo sapiens. *Journal of Human Evolution*, 45, 1-18.
- Fortin, M. J. and Dale, M. (2005). *Spatial Analysis. A Guide for Ecologists*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Harrison, S., Ross, S. J., and Lawton, J. H. (1992). Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 61, 151-158.
- Herrington, W. C., Barse, H. M., and Firth, F. E. (1939). Observations on the life history, occurrence and distribution of the redfish parasite *Sphyrion lumpi*. *Bureau of fisheries Special scientific report*, 5, 1-18.
- Higgins, R. M., Danilowicz, B. S., Balbuena, J. A., Daníelsdóttir, A. K., Geffen, A. J., Meijer, W. G., Modin, J., Montero, F. E., Pampoulie, C., Perdiguero-Alonso, D., Schreiber, A., Stefánsson, M. O., and Wilson, B. (2010). Multi-disciplinary fingerprints reveal the harvest location of cod *Gadus morhua* in the Northeast Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 404, 197-206.
- Krasnov, B. R., Mouillot, D., Shenbrot, G. I., Khokhlova, I. S., and Poulin, R. (2011). Beta-specificity: The turnover of host species in space and another way to measure host specificity. *International Journal for Parasitology*, 41, 33-41.
- Lester, R. J. G. (1990). Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41, 855-865.
- Mackenzie, K. and Abaunza, P. (1998). Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. *Fisheries Research*, 38, 45-56.
- Mackenzie, K. and Abaunza, P. (2005). Parasites as biological tags. In S. X. Cadrin, K. D. Friedland, and J. R. Waldman (Eds.), *Stock identification methods: Applications in fishery science*. London: Elsevier Academic Press. (pp. 211-225).
- Margolis, L. (1963). Parasites as indicators of the geographical origin of sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), occurring in the north Pacific Ocean and adjacent seas. *Bulletin North Pacific Commission*, 11, 101-156.
- Margolis, L. (1993). A case of forensic parasitology. *Journal of Parasitology*, 79, 461-462.
- Morales-Nin, B. (1991). Parámetros biológicos del salmonete de roca *Mullus surmuletus* (L. 1758), en Mallorca. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 7, 139-147.
- Nielsen, E. E., Hansen, M. M., Schmidt, C., Meldrup, D., and Gronkjaer, P. (2001). Population of origin of Atlantic cod. *Nature*, 413, 272.
- Perdiguero-Alonso, D., Montero, F. E., Kostadinova, A., Raga, J. A., and Barrett, J. (2008). Random forests, a novel approach for discrimination of fish populations using parasites as biological tags. *International Journal for Parasitology*, 38, 1425-1434.
- Power, A. M., Balbuena, J. A., and Raga, J. A. (2005). Parasite infracommunities as predictors of harvest location of bogue (*Boops boops* L.): a pilot study using statistical classifiers. *Fisheries Research*, 72, 229-239.
- Primmer, C. R., Koskinen, M. T., and Piironen, J. (2000). The one that did not get away: Individual assignment using

- microsatellite data detects a case of fishing competition fraud. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 267, 1699-1704. Reñones, O., Massutí, E., and Morales-Nin, B. (1995). Life history of the red *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (north-west Mediterranean). *Marine Biology*, 123, 411-419.
- Robichaud, D. and Rose, G. A. (2004). Migratory behaviour and range in Atlantic cod: inference from a century of tagging. *Fish and Fisheries*, 5, 185-214.
- Smit, N. J., Basson, L., and Van As, J. G. (2003). Life cycle of the temporary fish parasite, *Gnathia africana* (Crustacea : Isopoda : Gnathiidae). *Folia Parasitologica*, 50, 135-142.
- Williams, H. H., Mackenzie, K., and McCarthy, A. M. (1992). Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, 144-176.



# **Capítulo 10. Conclusiones**



## CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio de la fauna de metazoos parásitos del salmonete de roca, *Mullus surmuletus*, en el Mediterráneo español y Túnez, con el objetivo principal de investigar el uso de los parásitos como marcadores poblacionales y como herramientas para trazar el origen de las capturas pesqueras. La consecución de dicho objetivo ayudará a gestionar la explotación pesquera esta especie que actualmente se encuentra sobreexplotada.

Como resultado de este estudio se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. En la muestra global se hallaron 36 taxones parasitarios repartidos como sigue: 16 especies de trematodos digeneos, 3 monogeneos, 5 cestodos, 1 acantocéfalo, 5 nematodos, 4 copépodos y 2 isópodos. Catorce especies son nuevas citas para el salmonete de roca: *Lecithochirium rufoviride*, *Lecithaster confusus*, *Aphallus tubarium*, forma larvaria tipo *Allomonilicaecum* (Digenea); *Encotyllabe vallei*, *Calceostomella inermis* (Monogenea); *Kotorella* sp., *Scolex pleuronectis* (Cestoda); *Capillaria* (*Neocapillaria*) (Nematoda); *Pseudoeucanthus* sp., *Lernaelophus sultanus*, *Caligus* sp., (*Copepoda*); *Anilocra frontalis* (*Isopoda*).
2. Se erigió una nueva especie de nematodo de la familia Cystidicolidae, *Ascarophis valentina*, a partir de especímenes recogidos en salmonetes de roca de dos localidades de la costa valenciana: Burriana y Santa Pola. La nueva especie se distingue de los otros miembros del género por la longitud de la espícula izquierda de los machos y por la morfología de los huevos, que presentan dos filamentos largos y gruesos que parten del único engrosamiento polar. La investigación de la nueva especie permitió además obtener gran cantidad de información morfológica a partir de microscopía electrónica de barrido que podría utilizarse en el futuro para la diagnosis de las especies de *Ascarophis*. El estudio proporciona también una revisión actualizada de las especies válidas de este género.
3. Se encontraron efectos muy significativos de la localidad (en localidades separadas entre sí por 300 km) y el hospedador individual sobre la morfología del digeneo *Aponurus mulli*. La influencia de ambos factores debería tenerse en cuenta, y controlarse, en los estudios taxonómicos sobre especies del género *Aponurus* y, por extensión, de otras especies de digeneos cuya diagnosis se base fundamentalmente en diferencias morfométricas.
4. La comparación de *Aponurus mulli* con diversas muestras de todo el mundo de una especie euritópica estrechamente relacionada, *A. laguncula*, reveló que (1) *A. mulli* era

morfométricamente indistinguible de una muestra australiana de *A. laguncula*, y (2) las muestras de *A. laguncula* (incluyendo el autotipo) se segregaban sólo a lo largo del primer eje de un análisis de componentes principales; dicho eje condensaba el tamaño multivariante. Estos resultados sugieren que, en los estudios sobre especies de *Aponurus*, es muy recomendable complementar la evidencia morfológica con datos moleculares para determinar con fiabilidad la identidad de las especies.

5. La comparación biogeográfica de la fauna de digeneos del salmonete de roca en el Mediterráneo reveló una menor diversidad, y un cambio en la composición de especies, en la cuenca oriental. Este patrón se observó para las especies de digeneos especialistas y las generalistas, tanto a nivel de comunidad componente como de infracomunidad. Esta tendencia longitudinal al empobrecimiento parece ser general en la biota marina mediterránea, pero es la primera vez que se investiga en el caso de parásitos. Además de los factores históricos que han influido de forma general sobre la biodiversidad marina mediterránea (en especial, la Crisis de Salinidad del Messiniense), la mayor diversidad y abundancia de digeneos en los salmonetes de la cuenca occidental podría estar relacionada con la mayor diversidad y abundancia de hospedadores potenciales en esta cuenca frutó, en último término, de la mayor productividad primaria de la misma.
6. Se contrastó la hipótesis de que los niveles de infección de los parásitos del salmonete de roca de muestras de la misma localidad son más similares entre sí que respecto a las muestras de otra localidad. Para ello se realizó un muestreo bianual en verano y otoño en tres localidades del Mediterráneo español: Barcelona, Burriana y Santa Pola. Los resultados indicaron una fuerte variabilidad intermuestral, con escasa segregación espacial coherente entre localidades. La predicción de la localidad de captura fue muy alta cuando se utilizaron todas las muestras en conjunto. Sin embargo, no fue posible predecir fiablemente la localidad de los peces del segundo año a partir de los datos obtenidos durante el primer año. Las comunidades parásitas del salmonete de roca parecen pues cambiar a una escala espaciotemporal mucho más pequeña de la que implícitamente se habría adoptado en una comparación entre localidades basada en muestreos únicos. Esto es precisamente lo que se hace en la mayoría de estudios sobre parásitos como marcadores poblacionales. Este problema de pseudorreplicación (por falta de replicación) puede generar inferencias erróneas, y nuestro estudio enfatiza la necesidad de realizar siempre una adecuada replicación muestral.
7. Se utilizaron 4 parásitos de larga duración (> 1 año) para discriminar stocks ecológicos de salmonete de roca en el Mediterráneo español, a partir de muestreos estacionales durante dos años consecutivos en 5 localidades españolas del Mediterráneo separadas entre sí por *ca.* 300 km (n= 1000 peces). Los resultados confirmaron una gran heterogeneidad en la parasitofauna entre las distintas muestras de una misma localidad, no atribuible a cambios estacionales congruentes. Este patrón sugiere que en

cada localidad podrían coexistir diversos microstocks de salmonete debido a la sedentariedad de esta especie. Un muestreo de 76 peces obtenidos en un mismo día y localidad por 4 embarcaciones que operaban a una distancia media de 20 km confirmó diferencias significativas en la parasitofauna a distancias  $\geq 13$  km. Además, el grado de similitud entre la estructura de la comunidad de parásitos de larga duración disminuyó al incrementarse la heterogeneidad de las “manchas” (*patches*) de roca, grava y arena en las áreas de pesca. Estos resultados pueden explicarse por la combinación de dos factores: (1) una gran sedentariedad de los salmonetes tras su reclutamiento bentónico y (2) una gran variación a pequeña escala (de cientos de metros a pocos kilómetros) de los hospedadores intermediarios de los parásitos analizados. De hecho, diversos estudios han señalado cambios cualitativos y cuantitativos significativos de las faunas de invertebrados bentónicos a escala de hectómetros en la región de estudio.

8. La comparación de parásitos de larga duración entre las muestras de las 5 localidades españolas con dos de Túnez (Sfax y Zarzis, n total= 100) mediante un análisis discriminante reveló que, a nivel de país, un alto porcentaje de peces (<98%) se asignó correctamente a España, mientras que sólo un 29% se asignó correctamente a Túnez. A nivel de localidad, ninguno de los peces de Zarzis fue correctamente asignado a esta localidad, y sólo un 38% fue correctamente asignado a Sfax. Ambos resultados inciden en la importancia de la impronta local sobre las faunas parásitas señalada en la Conclusión 7. No obstante, un análisis LOESS, junto con una regresión lineal permutacional, indicaron que, a escala de localidad (incluyendo las de España y Túnez) existía una ligera, pero significativa, disminución en la similitud parasitológica entre muestras a medida que aumentaba la distancia geográfica. La señal geográfica detectada a esta escala parece relacionada con diversos efectos de autocorrelación pura y dependencia espacial inducida.
  
9. Desde el punto de vista de la gestión pesquera del salmonete de roca, es muy importante tener en cuenta que, de acuerdo con las Conclusiones 7 y 8, la fase bentónica de dicha especie es marcadamente sedentaria, ya que esto implica la existencia potencial de diversos microstocks en el área de pesca asociada a cada puerto. Por tanto, no es evidente cómo afectará la sobreexplotación local de la especie a la dinámica pesquera a nivel regional, a menos que se obtenga información fehaciente sobre las escalas espaciotemporales a las que se produce la dispersión de las fases pelágicas (huevo, alevín) y posterior asentamiento de la fase bentónica. Si dichos procesos operan a escalas pequeñas, la depleción local del recurso podría no compensarse a través la inmigración desde otras localidades donde la explotación es menor. Los resultados de este trabajo enfatizan la gran importancia de manejar diversas escalas espaciales cuando se usan datos parasitológicos en la discriminación de stocks pesqueros.

10. Finalmente, se analizó el potencial de la comunidad parasitológica completa para trazar con éxito la localidad y estación de captura de los salmonetes de roca. Respecto a la localidad, se construyeron análisis discriminantes con los datos de 5 localidades españolas (Barcelona, Burriana, Santa Pola, Roquetas de Mar y Fuengirola), y se examinó el porcentaje de éxito de la asignación de submuestras “problema” de peces escogidos de dichas localidades. Dicho porcentaje basculó entre 40% y el 83% dependiendo de la localidad y el método de selección de las muestras problema. Sin embargo, los peces problema escogidos de otras localidades españolas (Palamós, Peníscola, Valencia y Barbate) se asignaron a alguna de las 5 principales localidades más cercanas con la que se había construido el modelo de discriminación. Además, un análisis de *‘typicalities’* basado en el mismo análisis discriminante, identificó sólo 9 de los 100 peces de Túnez analizados como pertenecientes a una localidad diferente de las españolas; el resto fueron asignados a Fuengirola. En conjunto, estos resultados indican que la fauna parasitaria del salmonete no es una herramienta fiable para trazar el origen de las capturas pesqueras debido a la alta variabilidad parasitológica entre muestras. A nivel de comunidad componente, la homogeneidad en la composición de fauna parasitaria en el Mediterráneo occidental también imposibilita su uso en conflictos pesqueros potenciales entre países vecinos.

**ROUGETS EN CAISSE**

*le juillet 1944*

De l'ail  
De l'huile d'olive  
De la farine  
De la menthe  
De la safran  
De la safran  
De la safran

*à petits poissons*

Nettoyez les rougets par les aïcles, retirez les épines des arêtes, nettoyez les dans le corps avec du huile le matin et le soir.

Faites une boîte en papier huilé disposez les rougets de rache. Arrosez d'huile d'olive, de persil, sel et poivre. Mettez les petits poissons.

Mettez dessus un couvercle garni de fin, cela évite de retourner les rougets. Laissez griller à feu doux pendant 15 minutes.

Placer la caisse sur le gril au sur les charbons rouges.

*avec un bouquet de fines herbes*

**Coucou, mama**

Montpellier est très jolie. La cuisine est superbe. Le rougets de roche sont très bonnes avec cette recette. À bientôt.

Bisous,  
Euge

